МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«РЯЗАНСКИЙ КОЛЛЕДЖ ЭЛЕКТРОНИКИ»

РАССМОТРЕНО

На заседании ЦК
«Нефтехимии и спецтехнологий»
«___»_____20___г
протокол № _____
Председатель комиссии
_____Л.И. Лобанова

УТВЕРЖДАЮ

Зав. отделом УМО

_____ М.А. Румянцева
«___»_____20___г

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
По выполнению практической работы
МДК 02.01 Управление технологическим процессом
тема 1.4 «Подготовка нефти к переработке и первичная переработка нефти»
Для специальности 18.02.09 Переработка нефти и газа
(базовой подготовки)

Разработчик:
Лобанова Лариса Ивановна

Преподаватель спец.дисциплин высшей квалификационной категории ОГБПОУ "РКЭ"

Рязань 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка……... 3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ…….. 4
Материальный баланс перегонки нефти и
использование дистиллятов…… 4
Классификация установок первичной перегонки нефти …… 7

РАСЧЕТ ОСНОВНОЙ АТМОСФЕРНОЙ КОЛОННЫ
НА УСТАНОВКЕ АТ ……...…….. 14
Задача…… 14

МАТЕРИАЛЬНЫЕ БАЛАНСЫ УСТАНОВКИ И КОЛОНН……. 14
Составление материального баланса установки…….. 14
Расчет материального баланса колонн К – 1 и К – 2 ……... 16

РАСЧЕТ ОСНОВНОЙ АТМОСФЕРНОЙ КОЛОННЫ К – 2…… 17
Расчет температурного режима отбора фракций…… 17
Расчет теплового баланса…….. 28
Расчет количества орошений…… 36
Расчет основных размеров колонны…… 38
Гидравлический расчет тарелок…… 43

Литература…… 51

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящие методическое пособие предназначено для студентов всех форм обучения по специальности18.02.09 Переработка нефти и газа и является практическим руководством при выполнении практических работ по дисциплине МДК 02.01 «Управление технологическим процессом» по теме 1.4 «Подготовка нефти к переработке и первичная переработка нефти», при выполнении курсовых проектов по дисциплинам ОП 08 «Процессы и аппараты», МДК 02.01.«Управление технологическим процессом» и выполнении дипломных проектов. Так же данное методическое пособие может быть использовано при изучении дисциплины ОП 08 «Технология отрасли» специальности 15.02.01Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования по (отраслям) по теме «Первичная перегонка нефти»

При выполнении практической работы студент должен знать: типы атмосферных, вакуумных схем переработки нефти, их достоинства и недостатки, продукты получаемые при первичной перегонки нефти и область их применения;

уметь: составлять схемы первичной переработки нефти, составлять материальный баланс процесса первичный переработки нефти, строить кривые истинных температур (ИТК) и линии однократного испарения (ОИ) нефти и нефтепродуктов, выбирать оптимальный вариант переработки нефти в зависимости от ее химического состава, составлять материальный баланс установки на основе кривой ИТК, определять температурный режим основной атмосферной колонны, уметь определять ее габаритные размеры.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ

Первичная прямая перегонка осуществляется на трубчатых установках: атмосферная трубчатая печь (АТ – атмосферная трубчатка), вакуумная трубчатка (ВТ), и АВТ (иногда с водяным паром).

В основу метода прямой перегонки нефти и мазута на трубчатых установках непрерывного действия положен принцип однократного испарения нефти (или мазута), нагретой до температуры 350–400 ºС с последующей дробной ректификацией смеси паров, их конденсации и охлаждения.

Полученные при первичной перегонке нефти продукты не являются товарными и направляются на облагораживание (гидроочистка, депарафинизация) или на дальнейшую переработку путем деструктивных вторичных процессов. Эти процессы обеспечивают получение ценных компонентов топлива и мономеров для нефтехимического синтеза, углубление переработки нефти, а также более широкого ассортимента продукции НПЗ.

Материальный баланс перегонки нефти и использование дистиллятов

Перегонка нефти на АВТ – многоступенчатый процесс (обессоливание, обезвоживание, отбензинивание, АТ и ВТ, стабилизация и вторичная перегонка бензина). Поэтому рассматривают общий или поступенчатый материальный баланс перегонки нефти.

Общий – под ним понимают выход [в % (масс.)] всех конечных продуктов перегонки от исходной нефти, количество которой принимают за 100 %.

Поступенчатый – за 100 % принимают выход (проц. масс.) продуктов перегонки на данной ступени (продукты могут быть промежуточные). Поступенчатый материальный баланс перегонки нефти составляется при технологических расчетах АВТ.

В зависимости от состава нефти, варианта ее переработки и особых требований к топливным и масляным фракциям состав продуктов установок первичной перегонки нефти может быть различным. Так, при переработке типовых восточных нефтей получают следующие фракции (с условными пределами выкипания по преимущественному содержанию целевых компонентов): бензиновые н.к. — 140 (180)^{0}С, керосиновые 140 (180)—240°С, дизельные 240—350^{0}С, вакуумный дистиллят (газойль) 350—490 °С (500 °С) или узкие вакуумные масляные погоны 350—400, 400—450 и 450—500^{0}С, тяжелый остаток > 500 °С — гудрон.

Выход топливных и масляных фракций зависит в первую очередь от состава нефти, т. е. от потенциального содержания целевых фракций в нефтях.

Рассмотрим общий баланс:

Нефть (I) (100 %) поступает на установку с содержанием минеральных солей от 50–300 мг/л и воды 0,5–1,0 % масс.

Углеводородный газ (II). Содержание его в нефти зависит от того, сколько растворенного газа осталось в ней после промысловой подготовки газа. В легкой нефти (ρ_4^{20} - 0,8–0,85) — 1,5–1,8 % масс. Для тяжелой — 0,3–0,8 % масс., а в нефти после стабилизации растворенный газ отсутствует. 90 % этого газа – газ из отбензинивающей колонны. Состав: C_1 -C_4 с примесью C_5 не используется на ГФУ для выделения отдельных углеводородов из-за низкого его давления и мольных количеств; используется как энергетическое топливо в печах АВТ. Если выход 1,5 % и выше газ экономически выгодно компремировать до давления 2–4 МПа и перерабатывать на ГФУ.

Сухой углеводородный газ стабилизации бензина (III) – это часть легких углеводородов С1 –С3 , оставшаяся растворенной в бензине (выход 0,1–0,2 % масс.) давление

до 1,0 МПа можно перерабатывать на ГФУ, но из-за низкого содержания часть направляют в газовую линию II и сжигают в печах.

Сжиженная головка стабилизации бензина (IV) содержит пропан и бутан с примесью пентанов (0,2–0,3 % масс.) используется для бытовых нужд (сжиженный газ) или газового моторного топлива для автомобилей (СПБТЛ или СПБТЗ).

Легкая головка бензина (V) – фракция бензина НК–85 ºС (4–6 % масс.) о.ч. не более 70 (моторный метод). Используется для производства нефтяных растворителей или как сырье для каталитической изомеризации (о.ч. 82–85).

Бензиновая фракция 85-180 ºС (VI) (10-14 % масс., о.ч.м = 45÷55); на каталитический риформинг (о.ч. до 88-92) и используется как базовый компонент автомобильных бензинов.

Керосин (X). Может быть два варианта отбора:

- Авиационный керосин 140–230 ºС (10–12 % масс.) марки ТС-1
- Керосин 140–300 ºС (14–18 % масс.)

Дизельное топливо (XI).

Атмосферный газойль (180–350 ºС), (22–26 % масс.) – если авиакеросин.

10–12 % масс. – если зимнее или арктическое дизельное топливо.

Легкая газойлевая фракция (XIV) (0,5–1,0 % масс.)

Фракция 100–250 ºС – результат частичной термодеструкции мазута при нагреве его в печи.

Легкий вакуумный газойль (XV) 240–380 ºС (3–5 % масс.) по качеству близка к летнему дизельному топливу (XI).

Вакуумный газойль (XVI) – основной дистиллят вакуумной перегонки мазута по топливному варианту (если нельзя получить масло высокого качества 350–500^{0}С (550 ºС)) 21–25 % масс. Используют как сырье для каталитического крекинга, гидрокрекинга.

Если нефть позволяет получить масла, то из вакуумной колонны выводят два потока масляного дистиллята:

350-420°С (10-14%масс.)

420-500°С (12-16%масс.)

Гудрон (XVII – остаточная часть нефти, остаток, выкипающий выше 500 ºС (10-20%масс.).

Классификация установок первичной перегонки нефти

Технологические схемы установок первичной перегонки нефти обычно выбираются для определенного варианта переработки нефти:

- топливного,
- топливно-масляного.

При неглубокой переработке нефти по топливному варианту перегонка ее осуществляется на установках АТ (атмосферных трубчатках); при глубокой переработке – на установках АВТ (атмосферно-вакуумных трубчатках) топливного варианта и при переработке по масляному варианту – на установках АВТ масляного варианта.

В зависимости от варианта переработки нефти получают различный ассортимент топливных и масляных фракций, а на установках АТ при неглубоком топливном варианте получают компоненты моторных топлив и в остатке мазут (котельное топливо).

По глубокому топливному варианту на атмосферном блоке получают бензиновые, керосиновые и дизельные фракции, а мазут подвергают дальнейшей переработке на блоках

вакуумной перегонки с выделением широкой дистиллятной фракции и гудрона с последующим их крекированием.

При топливно-масляном варианте переработки нефти и наличии на заводе установок каталитического крекинга и АВТ большой единичной мощности целесообразно использование комбинированной технологической схемы установки первичной перегонки нефти, обеспечивающей одновременное или раздельное получение из нефти наряду с топливными фракциями широкой и узких масляных фракций. Принципиальные технологические схемы таких установок приведены на рисунке 1

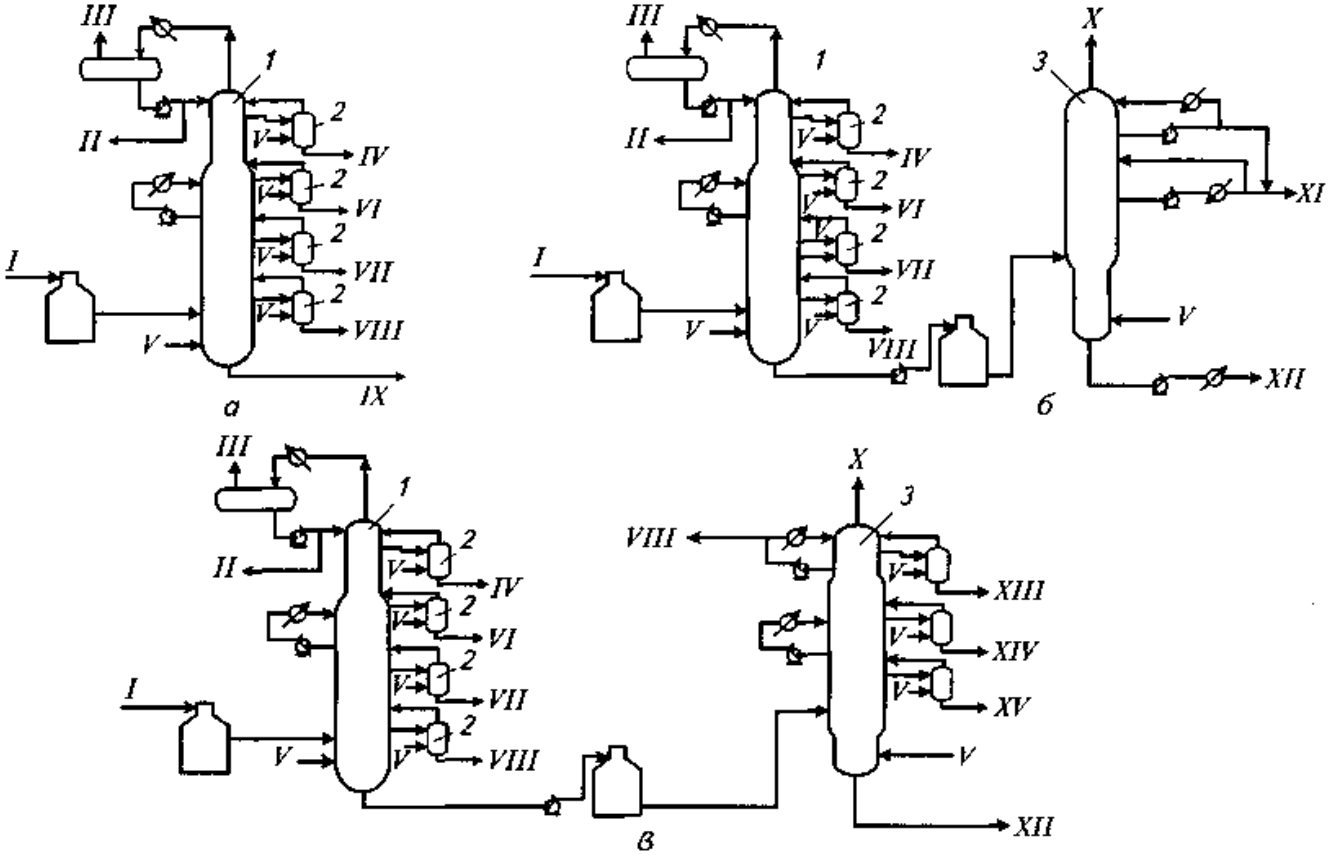


Рисунок 1. Принципиальные схемы установок первичной перегонки нефти по топливному варианту неглубокой переработки АТ (а), топливному варианту глубокой переработки АВТ (б) и топливно-масляному варианту (в):

1 — атмосферная колонна; 2—отпарная секция; 3— вакуумная колонна;

I—нефть; II—легкий бензин; III—углеводородный газ; IV—тяжелый

бензин; V—водяной пар; VI—керосин; VII—легкое дизельное топливо; VIII—тяжелое дизельное топливо; IX— мазут; X—неконденсируемые газы и водяной пар в вакуумсоздающую систему; XI— широкая масляная фракция; XII— гудрон; XIII — легкий масляный дистиллят; XIV—средний масляный дистиллят; XV— тяжелый масляный дистиллят.

По данной схеме переработка нефти осуществляется в три ступени: атмосферная перегонка с получением топливных фракций и мазута, вакуумная перегонка мазута с получением узких масляных фракций и гудрона и вакуумная перегонка смеси мазута и гудрона, или с получением широкой масляной фракции и утяжеленного остатка, используемого для производства гудрона.

Применение двух ступеней вакуумной перегонки с одновременным или раздельным получением широкой и узких масляных фракций придает установкам АВТ значительную технологическую гибкость.

Установка АВТ, комбинированная с обезвоживанием и обессоливанием нефти, с двухступенчатой вакуумной перегонкой показана на рисунке 2

Комбинированная установка первичной переработки нефти

В большинстве случаев атмосферная перегонка нефти и вакуумная перегонка мазута проводятся на одной установке АВТ, которая часто комбинируется с ЭЛОУ, а иногда и с блоком вторичной перегонки бензина. Типовые мощности отечественных установок первичной переработки нефти 2, 3, 4, 6 млн т/год.

Установка рассчитана на переработку нестабильной нефти типа ромашкинской и отбор фракций н. к. — 62, 62—140, 140—180, 180—220 (240), 220(240)-280, 280-350, 350-500°С(остаток-гудрон). Исходное сырье, поступающее на установку, содержит 100—300 мг/л солей и до 2 % (мае.) воды. Содержание низкокипящих углеводородных газов в нефти достигает 2,5 % (масс.) на нефть. На установке принята двухступенчатая схема электрообессоливания, позволяющая снизить содержание солей до 3—5 мг/л и воды до 0,1 % (масс.). Технологическая схема установки предусматривает двукратное испарение нефти. Головные фракции из первой ректификационной колонны и основной ректификационной колонны вследствие близкого фракционного состава получаемых из них продуктов объединяются и совместно направляются на стабилизацию. Бензиновая фракция н. к. — 180 °С после стабилизации направляется на вторичную перегонку для выделения фракций н. к. — 62, 62—140 и 140—180 °С. Блок защелачивания предназначается для щелочной очистки фракций н. к. — 62 (компонент автобензина) и 140— 220°С (компонент топлива ТС-1). Фракция 140—220°С промывается водой, а затем осушается в электроразделителях.

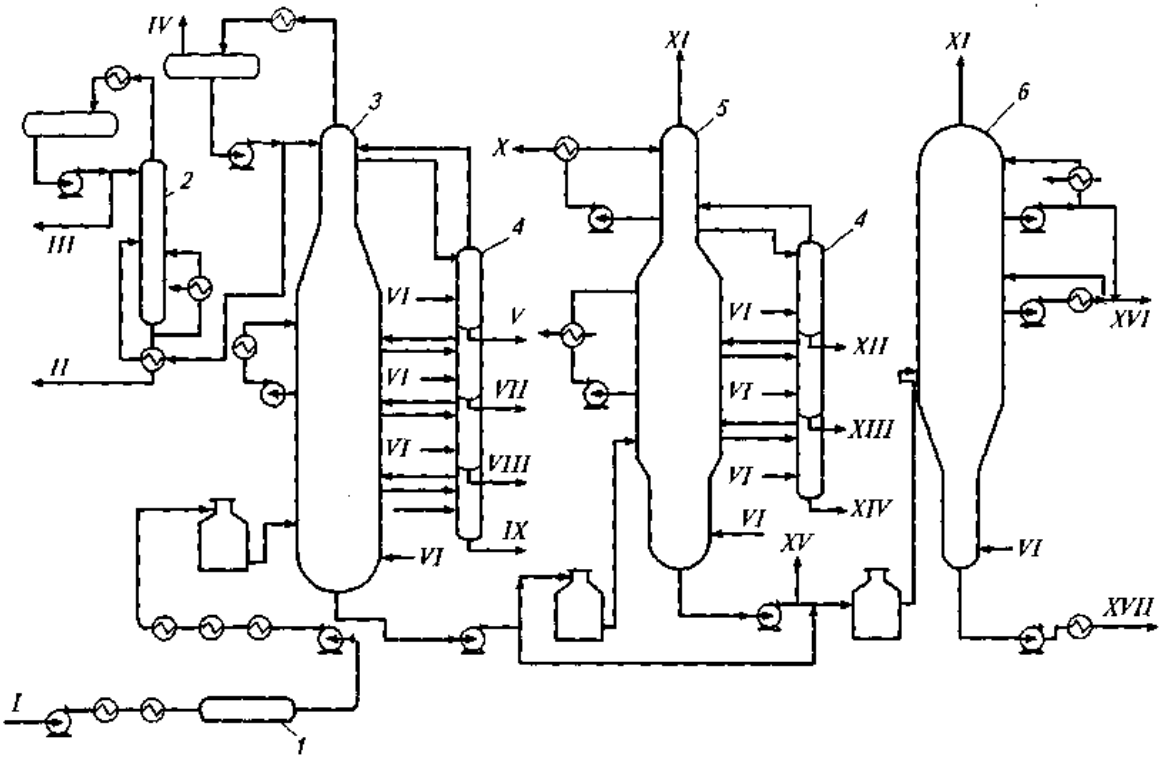


Рисунок 2. Комбинированная схема установки АВТ:

1 — электродегидратор; 2 — колонна стабилизации; 3—атмосферная колонна;

4 - отпарная секция; 5—вакуумная колонна I ступени; 6—вакуумная колонна II ступени;

1—нефть; II — легкий стабильный бензин; III—сжиженный газ; IV—углеводородный газ; V— тяжелый бензин; VI—водяной пар; VII—керосин; VIII- легкое дизельное топливо; IX—тяжелое дизельное топливо; X—легкий вакуумный газойль; XI — неконденсируемые газы и водяной пар в вакуумсоздаюшую систему; XII — легкий масляный дистиллят; XIII— средний масляный дистиллят; XIV- тяжелый масляный дистиллят; XV— гудрон (на деасфальтизацию); XVI— широкая масляная фракция; XVII—утяжеленный гудрон (асфальт).

Ниже приводится описание работы комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ с секцией вторичной перегонки бензиновой фракции.

Сырая нефть прокачивается насосами двумя потоками через теплообменники, где нагревается до 160°С за счет регенерации тепла горячих нефтепродуктов, и направляется двумя параллельными потоками в электродегидраторы 3. На прием сырьевых насосов подается щелочной раствор и деэмульгатор.В электрическом поле высокого напряжения эмульсия разрушается и вода отделяется от нефти. Электродегидраторы рассчитаны на работу при 145—160 °С и давлении 1,4— 1,6 МПа.

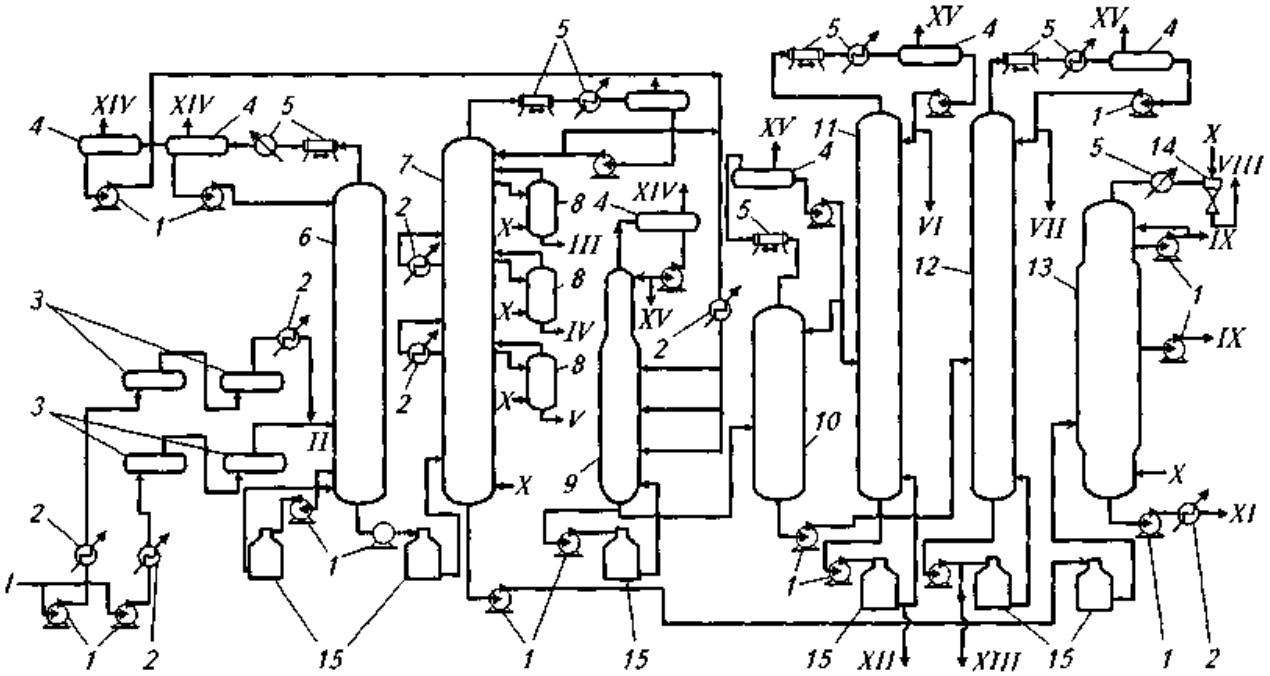


Рисунок 3. Принципиальная схема комбинированной установки ЭЛОУ-АВТ производительностью 6 млн. т/год сернистой нефти:

1 — насосы; 2 —теплообменники; 3—электродегидраторы; 4— емкости; 5— конденсаторы-холодильники; 6— первая ректификационная колонна; 7—основная ректификационная колонна; 8— отпарные колонны; 9 — фракционирующий абсорбер; 10— стабилизатор; 11, 12 — фракционирующие колонны вторичной перегонки бензина; 13— вакуумная колонна; 14 — вакуумсоздающее устройство; 15—печи;

I—сырая нефть; II—обессоленная нефть; III— V—компоненты светлых нефтепродуктов; VI, VII— узкие бензиновые фракции (н.к. — 62 °С и 85— 120 °С

соответственно); VIII — продукты разложения; IX— дистилляты вакуумной колонны; X— острый водяной пар; XI—гудрон; XII— бензольная фракция (62—85 °С); XIII — тяжелая фракция бензина (выше 120 °С); XIV— сухой газ; XV— жирный газ

Обессоленная и обезвоженная нефть двумя потоками дополнительно нагревается в теплообменниках до 210—250 °С и направляется в первую ректификационную колонну 6. С верха колонны головной погон в паровой фазе отводится в конденсаторы-холодильники воздушного охлаждения и после доохлаждения в водяном холодильнике до 30—35 °С поступает в емкость 4. Тепловой режим в колонне б поддерживается «горячей» струей, поступающей из печи 75 с температурой 340 0С.

Остаток первой ректификационной колонны 6— полуотбензиненная нефть — нагревается в печи атмосферного блока установки до 360°С и поступает в основную ректификационную колонну 7, вверху которой поддерживается давление 0,15 МПа. В этой колонне применяются верхнее острое и два циркуляционных орошения. С верха колонны выходят пары фракции 85— 180°С и водяной пар, которые направляются в конденсаторы-холодильники. Конденсат при 30—35 0С подается в емкость. Из основной ректификационной колонны 7 в виде боковых погонов через соответствующие отпарные колонны 8 выводят фракции 180-220°С (III), 220-280°С (IV) и 280-350^{0}С (V).

Фракции 85—180°С и 180—220°Сзащелачивают. Фракции 220— 280°С и 280—350^{0}С после охлаждения до 60°С направляют в резервуары. Мазут (нижний продукт основной ректификационной колонны) подается в печь 75 вакуумного блока установки, где нагревается до 410°С, и с этой температурой проходит в вакуумную колонну 13.

Получаемая в вакуумной колонне верхняя боковая фракция до 350°С подается в основную ректификационную колонну 7. Из вакуумной колонны в виде бокового погона отводится фракция 350—500^{0}С. В этой колонне обычно применяется одно промежуточное циркуляционное орошение. Гудрон с низа вакуумной колонны прокачивается через теплообменники и холодильники и при 90°С направляется в промежуточные резервуары.

На установке применяются в основном аппараты воздушного охлаждения, что способствует сокращению расхода воды.

На установке предусмотрена возможность работы без блока вакуумной перегонки. В этом случае мазут с низа ректификационной колонны 7 прокачивается через теплообменники и холодильники, где охлаждается до 90°С, и направляется в резервуарный парк.

Широкая бензиновая фракция н.к. — 180°С после нагрева до 170 °С поступает в абсорбер 9. После отделения в абсорбере сухих газов (XIV) нижний поток направляется в стабилизатор 10. В абсорбере и стабилизаторе поддерживается давление 1,2МПа. В стабилизаторе 10 нижний продукт абсорбера разделяется на два потока: верхний (до 85°С) и нижний (выше 85°С). В колонне 77 верхний поток разделяется на узкие фракции VI (н.к. — 62°С) и XII (62—85°С). Нижний поток из стабилизатора направляется в колонну 72, в которой разделяется на фракцию VII (85—120°С) и XIII (120—180°С). Тепловой режим абсорбера регулируется подачей флегмы, которая прокачивается через печь и в паровой фазе возвращается в низ абсорбера.

Установка может работать с выключенным блоком вторичной перегонки. В этом случае стабильный бензин с низа стабилизатора 10 направляется в теплообменник, откуда поток через холодильник поступает на защелачивание и далее в резервуарный парк.

Для удаления следов воды фракцию 140—250°С осушают в электроразделителях.

На 1т перерабатываемой нефти расходуется 3,5—4м^3 воды, 1,1 кг водяного пара, 27—33 кг топлива. На установке рационально используется тепловая энергия вторичных источников. За счет утилизации тепла горячих потоков производится около 35 т/ч пара

высокого давления. В начале установка была запроектирована без блока ЭЛОУ, в процессе эксплуатации она была дооборудована этим узлом. На ряде нефтеперерабатывающих заводов производительность установки в результате дооборудования дополнительными аппаратами и сооружениями превысила проектную — 6 млн т/год и достиглГ 7—8 млн т/год.

РАСЧЕТ ОСНОВНОЙ АТМОСФЕРНОЙ КОЛОННЫ НА УСТАНОВКЕ АТ

ЗАДАЧА Рассчитать основную атмосферную колонну на установке АТ производительностью 5 млн. т/г по обессоленной нефти. Установка работает по двухколонной схеме. На установке получают: сухой газ, легкий и тяжелый бензин, керосин, легкое и тяжелое дизельное топливо, мазут. Потери на установке составляют 1%. На установку поступает Гуселковская обессоленная нефть.

Температура ввода нефти в колонну 350^{0}С. Давление в основной атмосферной колонне 1,5 атм. Количество рабочих дней 333.Для отпарки легких углеводородов в колонну подается водяной пар в количестве 2,0% масс на фракцию. Параметры водяного пара: температура 350°С; давление 0,3 МПа.

МАТЕРИАЛЬНЫЕ БАЛАНСЫ УСТАНОВКИ И КОЛОНН

Составление материального баланса установки

Материальный баланс составляют, используя кривую ИТК разгонки Гуселковской нефти рисунок 4

Материальный баланс составляем в виде таблицы.

Таблица 1 - Материальный баланс процесса первичной перегонки

Статьи баланса	проц. масс.	Количество		
		т/год	т/сут	кг/час
Приход 1. Обессоленная нефть	100,00	5000000	15015	625625
Итого:	**100,00**	**5000000**	**15015**	**625625**
Расход. 1. л. Бензин (н.к.90)	6,00	300000	901	37537,5

Продолжение таблицы 1

Статьи баланса	проц. масс.	Количество		
		т/год	т/сут	кг/час
2. т. Бензин (90-180)	20,00	1000000	3003	125125
3. Керосин (180-230)	12,00	600000	1802	75075
4. Легкое ДТ (230-280)	8,00	400000	1201	50050
5. Тяжелое ДТ (280-350)	12,00	600000	1802	75075
6. Мазут	41,00	2050000	6156	256506,3
7. Потери	1,00	50000	150	6256,2
Итого:	**100,00**	**5000000**	**15015**	**625625**

Для дальнейших расчетов определяем плотности вышеперечисленных фракций p_4^{20}, согласно кривой разгонки Гуселковской нефти

$\rho_{т.б}$ = 0,760

$\rho_{кер}$ =0,820

$\rho_{л.дт}$=0,840

$\rho_{т.дт}$= 0,860

$\rho_{м}$ = 0,890

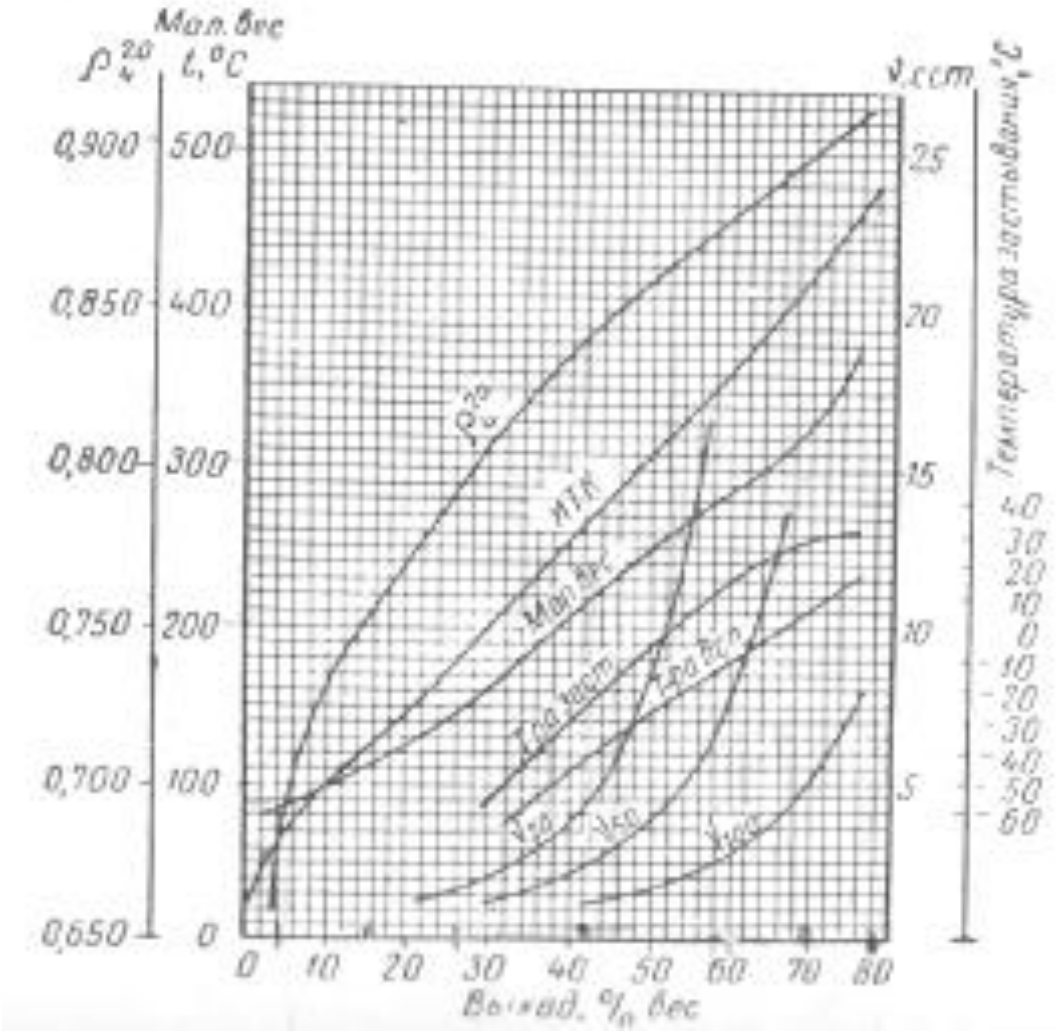


Рисунок 4 . Кривая разгонки Гуселковской нефти

Расчет материального баланса колонн К-1 и К – 2

При перегонке нефти с двукратным испарением на АТ в колонне К-1 в виде дистиллята отбирают от нефти легкий бензин - фракция н.к.-90, а с низа колонны К-1 выводят отбензиненную нефть, которую после подогрева до температуры 340 - 360°С разделяют на целевые фракции в сложной колонне К-2.

Материальный баланс колонны К -1 оформляем в виде таблицы.

Таблица 2 - Материальный баланс колонны К-1

Статьи баланса	проц. масс.	Количество		
		т/год	т/сут	кг/час
Приход 1. Обессоленная нефть	100,00	5000000	15015	625625
Итого:	**100,00**	**5000000**	**15015**	**625625**
Расход 1. Легкий бензин (н.к - 90)	6,00	300000	901	375375
2. Отбензиненная нефть	93,00	4650000	13964	581831,3
3. Потери	1,00	50000	150	6256,2
Итого:	**100,00**	**5000000**	**15015**	**625625**

В основной атмосферной колонне происходит отбор основных фракций

Таблица 3 - Материальный баланс колонны К-2

Статьи баланса	проц. на отбензин. нефть	проц. на загрузку колонны	Количество			
			т/год	т/сут	кг/час	кг/с
Приход 1. Отбензиненная нефть	93,00	100,00	4650000	13964	581851,3	161,6
Итого:	**93,00**	**100,00**	**4650000**	**13964**	**581851,3**	**161,6**
Расход Тяжелый бензин	20,00	21,52	1000000	3003	125125	34,78
Керосин	12,00	12,90	600000	1802	75075	20,85
Легкое ДТ	8,00	8,60	400000	1201	50050	13,90

Статьи баланса	проц. на отбензин. нефть	проц. на загрузку колонны	Количество			
			т/год	т/сут	кг/час	кг/с
Тяжелое ДТ	12,00	12,90	600000	1802	75075	20,85
Мазут	41,00	44,08	2050000	6156	256506,3	71,23
Итого:	**93,00**	**100,00**	**4650000**	**13964**	581851,3	**161,6**

РАСЧЕТ ОСНОВНОЙ АТМОСФЕРНОЙ КОЛОННЫ К-2

В этот расчет входит: расчет теплового баланса колонны К-2, расчет количества орошений, расчет основных размеров колонны.

Для расчета теплового баланса необходимо знать температурный режим колонны.

Расчет температурного отбора фракций

Для определения температурного режима ректификационной колонны

К-2 необходимо иметь кривые истинных температур кипения ИТК и однократного испарения ОИ для выходящих из колонны фракций.

Температуры потоков при ректификации сложных смесей определяют при помощи кривых ОИ: температуры отбора жидких потоков определяют по нулевому отгону на кривой ОИ, температуры паровых потоков - по

100 % -ному отгону на кривой ОИ.

Для приближенных расчетов пользуются зависимостью между кривыми ОИ и ИТК или разгонкой по ГОСТ. Эти методы определяют кривую ОИ приближенно как прямую линию.

Кривые ОИ нефтяных фракций строят по методу Обрядчикова - Смидович при атмосферном давлении.

Далее пересчитывают точки кривой ОИ на кардинальные давления углеводородов в соответствующей части колонны и строят кривую ОИ при этих давлениях.

Построение кривых ИТК и ОИ рекомендуется проводить в масштабе на миллиметровой бумаге отдельно для каждой фракции.

Перед расчетом давления необходимо иметь схему колонны с обозначением внутренних и внешних материальных потоков.

***<u>Определение температуры отбора фракции 90 -180</u>*.**

Построим кривую ИТК для фракции 90-180 . Вначале строим график в координатах t - % масс. Нулевой точке соответствует температура начала кипения - 90°С, а 100 % отбору

соответствует температура конца кипения - 180°С. Через точки проводим прямую - это кривая ИТК фракции 90-180 (рисунок 6)

Для построения кривой ОИ определяем тангенс угла наклона кривой ИТК:

$tg_{итк} = (t_{70}-t_{10})/60$,

где: t_{70} - температура отгона 70 % фракции по ИТК, °С; t_{10} - температура отгона 10 % фракции по ИТК, °С

$tg_{итк} = (153-98)/60 = 0,916$

Затем по графику Обрядчикова– Смидович рисунок 5 и по данным tg угла наклона ИТК и t =50 % (по кривой ИТК) $t_{50\%}$=135°С определяем точки соответствующие 100 % отгона по ОИ и 0 % отгона по кривой ОИ.

Полученные значения определяют положение кривой ОИ.

$t_{нач}$= 28% = 115°С

$t_{кон}$= 61% = 145°С

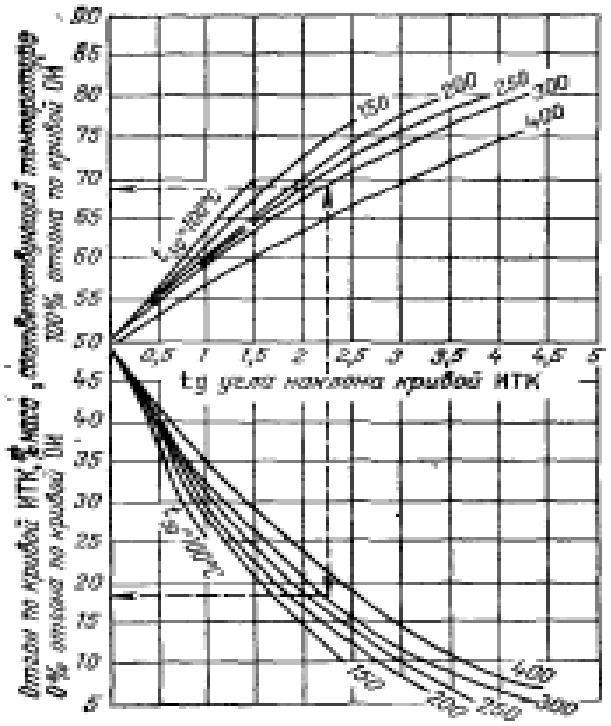


Рисунок 5 – График Обрядчикова-Смидович

Для отпарки легких фракций в низ основной колонны и в отпарные колонны подается перегретый водяной пар в количестве 2,0 % (масс.) на мазут и на боковые погоны.

Произведем расчет водяного пара, необходимого для отпарки фракций:

$G_{в.п.к.}=G_к\cdot 0,02 = 20,85\cdot 0,02=0,42$ кг/с

$G_{в.п.л.дт} = G_{л.ДТ}\cdot 0,02 = 13,90\cdot 0,02=0,28$ кг/с

$G_{в.п.т.дт} = G_{л.ДТ}\cdot 0,02 = 20,85\cdot 0,02=0,42$ кг/с

$G_{в.п.м} =G_М\cdot 0,02 = 71,23\cdot 0,02=1,42$ кг/с

Общий расход водяного пара $\sum G_{в.п}$= 2,54 кг/с

Парциальное давление углеводородных паров

$P_{у.п.} = П\cdot у$, (1)

где: П - абсолютное давление в соответствующем сечении колонны, МПа; Для данного расчета перепадом давления в колонне пренебрегаем.

У - мольная доля углеводородной части в парах.

Парциальное давление паров бензина равно:

$P_б = П\cdot (N_6 / (N_6 + N_{в.п.общ.}))$,

где: П - давление наверху колонны, атм;

N_6и $N_{в.п.общ.}$- количество молей, кмоль/ч - паров бензина и водяного пара.

Количество молей паров бензина и водяного пара

$N_6 = G_6/M$, (2)

$N_{в.п.}=G_{в.п.}/M$ (3)

где: G_6, $G_{в.п}$ - количество бензина и водяных паров соответственно , уходящих с верха колонны, кг/с;

М - молекулярная масса бензина и водяного пара соответственно.
Молекулярную массу определяем по формуле Воинова:

$$M = 60 + 0,3 \cdot t + 0,001 \cdot t^2, \qquad (4)$$

где: t - средняя температура кипения фракции 90 - 180.

$M = 60+0,3 \cdot 135 + 0,001 \cdot 135^2 = 118,7$ кг/кмоль

Количество молей бензина

$N_6 = 34,78/118,7 = 0,29$ кмоль/с

Количество молей водяного пара уходящего с верха колонны К-2

$N_{в.п.общ.} = G_{в.п.общ.}/M$

$N_{в.п.общ.} = 2,54/18 = 0,14$ кмоль/с

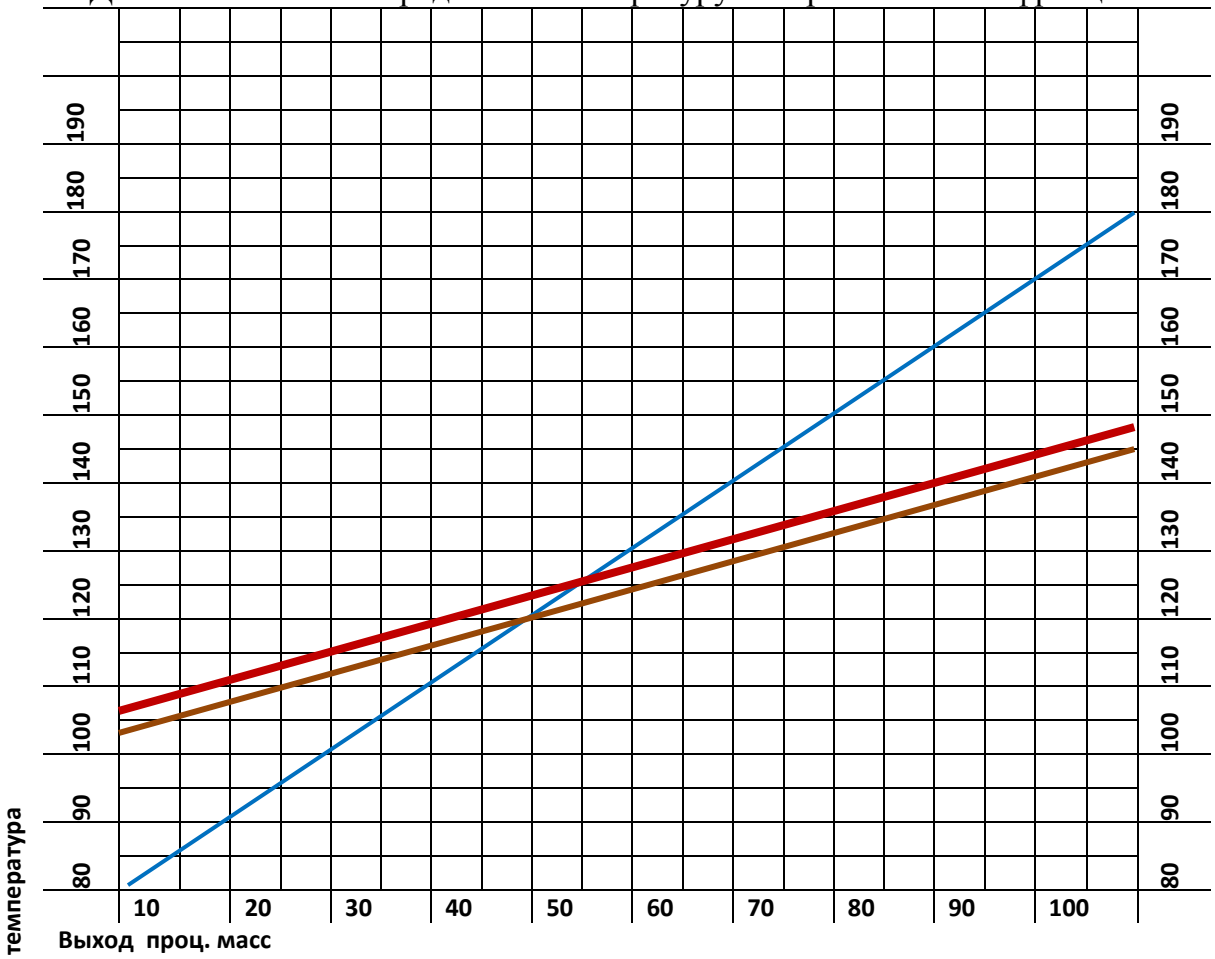
Парциальное давление паров бензина

$P_6 = 1,5 \cdot (0,29 / (0,29+0,14) = 1,01$ атм $= 1,01 \cdot 760 = 758$ мм рт. ст.

По графику Кокса рисунок 7 пересчитываем температуру точки пересечения линий ИТК и ОИ. Прямая ОИ при парциальном давлении 1,01атм. располагается параллельно прямой ОИ при атмосферном давлении.

Температура отбора фракции 90 - 180 составляет 147^0С (рисунок 6)

Далее аналогично определяем температуру отбора остальных фракций.



Кривая ИТК фракции 80-180

Кривая ОИ фракции 80-180 при атмосферном давлении

Кривая ОИ фракции 80-180 при парциальном давлении 1,01атм

Рисунок 6. Определение температуры отбора фракции 90 -180.

<u>Определение температуры отбора фракции 180 - 230.</u>

Температуру отбора фракции 180-230 определяем аналогично определению температуры отбора фракции 90 -180.

Определяем $tg_{итк}$ угла наклона
$tg_{итк}$ = (215-185)/60 = 0,5
Температура 50% отбора $t_{50\%}$ = 205°С , по графику Обрядчикова -Смидович и по кривой ИТК определяем температуру начала и конца ОИ.
$t_{нач}$ = 40 % = 200°С
$t_{кон}$= 58 % = 209°С

Молекулярная массу фракции 160-240 по формуле 4
$M = 60 + 0,3 \cdot 205 + 0,001 \cdot 205^2 = 163,5$кг/кмоль
Количество водяного пара и проходящее через данное сечение
$G_{в.п.кер.}$=2,54-0,42=2,12 кг/с

Количество молей керосина
$N_{кер} = G_{кер}/M$
$N_{кер}$ = 20,85/163,5=0,12кмоль/с

Количество молей водяного пара на отпарку керосина
$N_{в.п.кер.} = G_{в.п.кер.}/M$
$N_{в.п.кер.}$ = 2,12 /18 = 0,12кмоль/с

Парциальное давление паров в этом сечении
$P_{кер} = П\cdot(N_K/(N_6 + N_{кер} + N_{в.п.кер}))$
$P_{кер}$ =1,5·(0,12/(0,29+0,12+0,12)) = 0,340атм = 0,340·760 = 258 мм рт.ст.

Строим кривую ОИ при давлении 258 мм рт. ст.

Температура отбора фракции 180-230 составляет 165°С (рисунок 8).

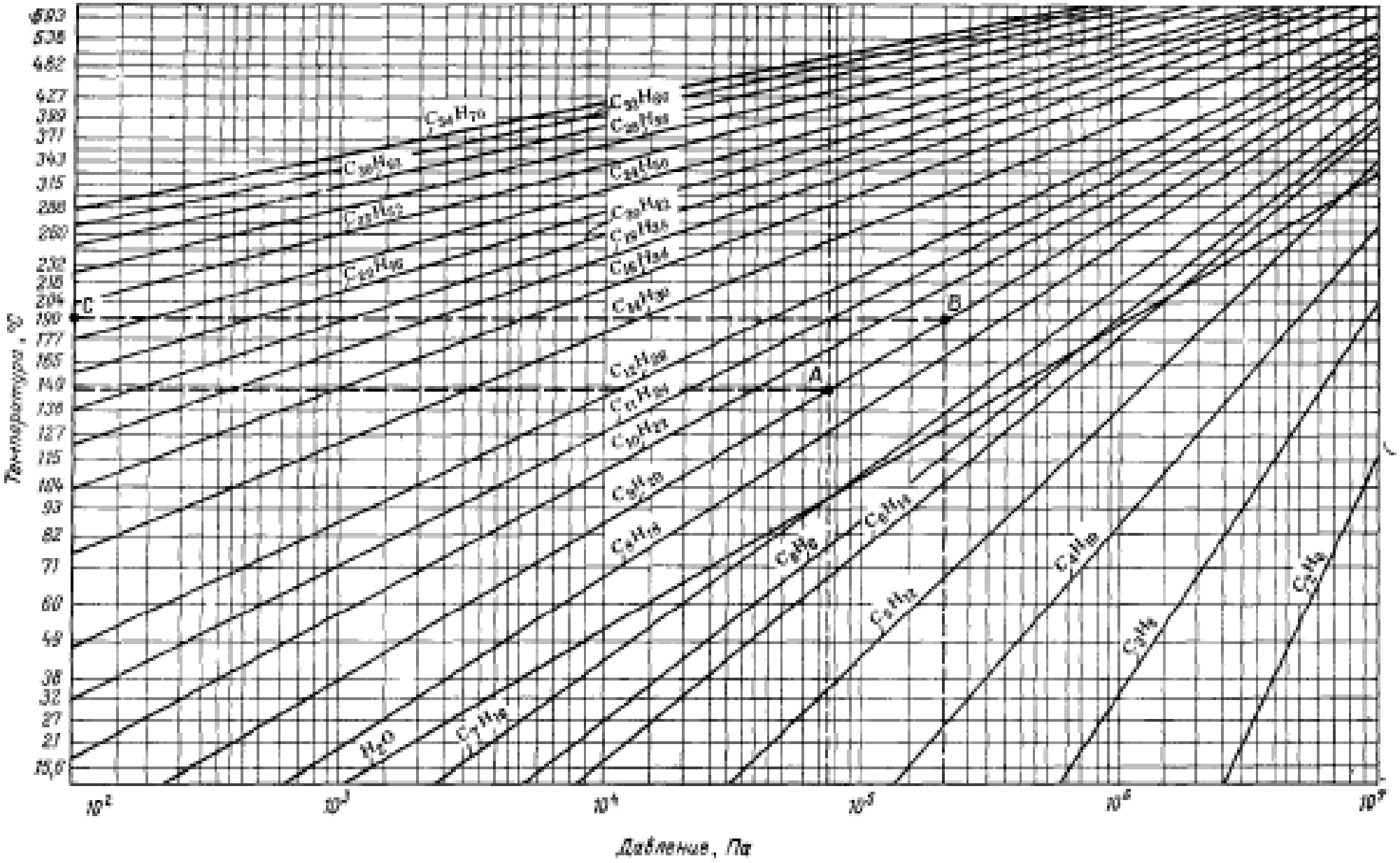
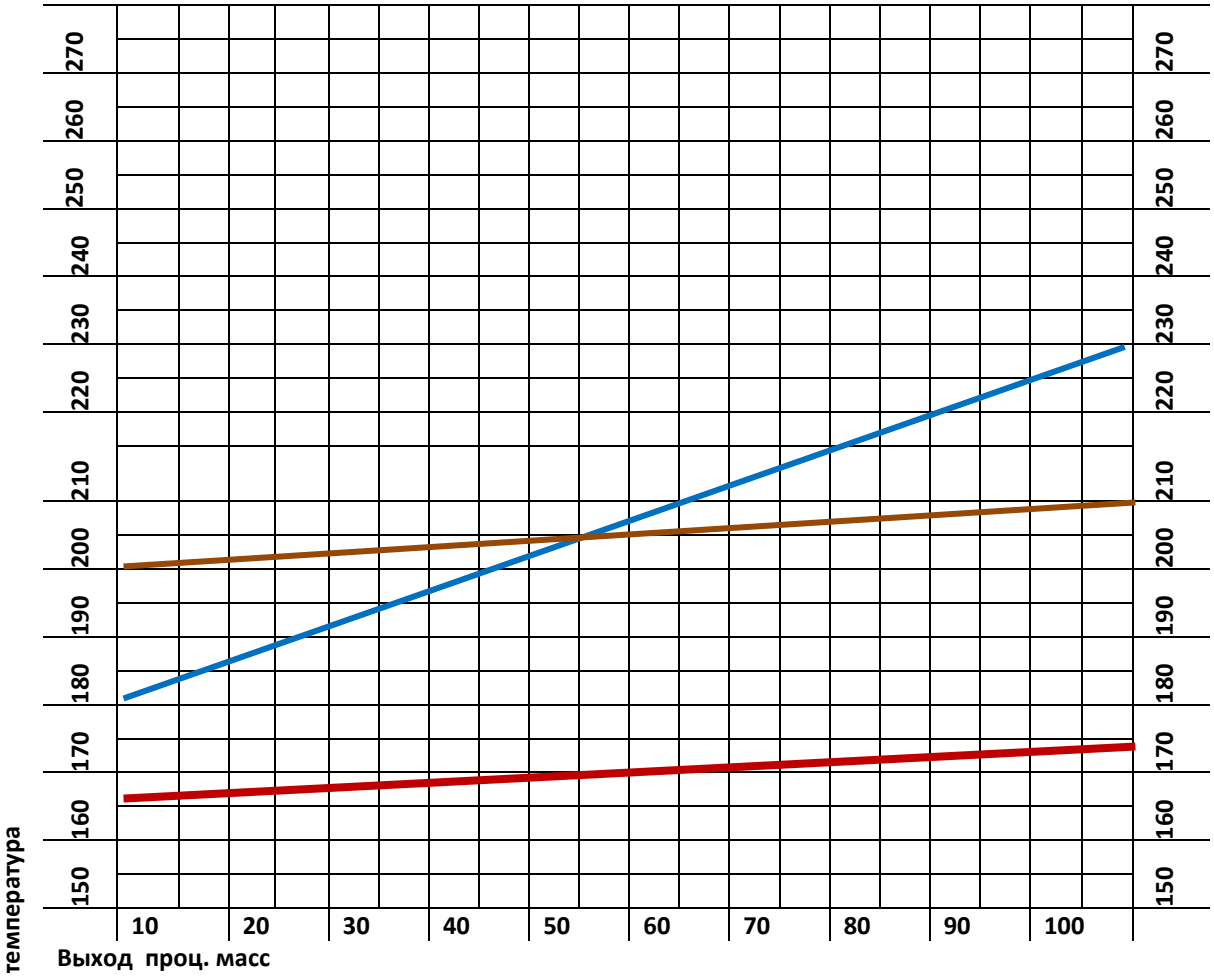


Рисунок 7. График Кокса



Кривая ИТК фракции 180-230
Кривая ОИ фракции 180-230 при атмосферном давлении
Кривая ОИ фракции 180-230 при парциальном давлении 0,34 атм

Рисунок 8. Определение температуры отбора фракции 180 -230.

<u>Определение температуры отбора фракции 230-280.</u>

Строим кривую ИТК для фракции 230-280 и определяем $tg_{итк}$ угла наклона, по полученным данным строим кривую ОИ при атмосферномдавлении

$tg_{итк}$ = (265-235)/60 = 0,5

$t_{50\%}$ = 255°C

$t_{нач}$= 40%-250°C

$t_{кон}$= 56%-258°C

Молекулярная масса легкого дизельного топлива.

$M = 60 + 0,3 \cdot 255 + 0,001 \cdot 255^2 = 201,5$ кг/кмоль

Количество водяного пара проходящего через данное сечение

$G_{в.п.л.ДТ}$= 2,54- (0,42+0,28) =1,84 кг/с

Количество молей легкого дизельного топлива

$N_{л.ДТ}= G_{л.ДТ} / M$

$N_{л.ДТ}$= 13,9/201,5=0,06кмоль/с

Количество молей водяного пара на отпарку легкого дизельного топлива

$N_{в.п.л.ДТ} = G_{в.п.л.ДТ}$/ M

$N_{в.п.л.ДТ}$= 1,84 / 18 = 0,102кмоль/с

Парциальное давление паров в данном сечении колонны

$P_{л.ДТ}$= П · ($N_{л.ДТ}$ / (N_6 + $N_{кер}$ + $N_{л.ДТ}$+ ($N_{в.п.л.ДТ}$))

$P_{л.дт}$= 1,5· (0,06/(0,06+0,102+0,29+0,12)) = 0,157атм = 0,157· 760= 120мм.рт.ст.

Температура отбора фракции 230-280 составляет 185°С. (рисунок 9)

<u>Определение температуры отбора фракции 280 - 350.</u>

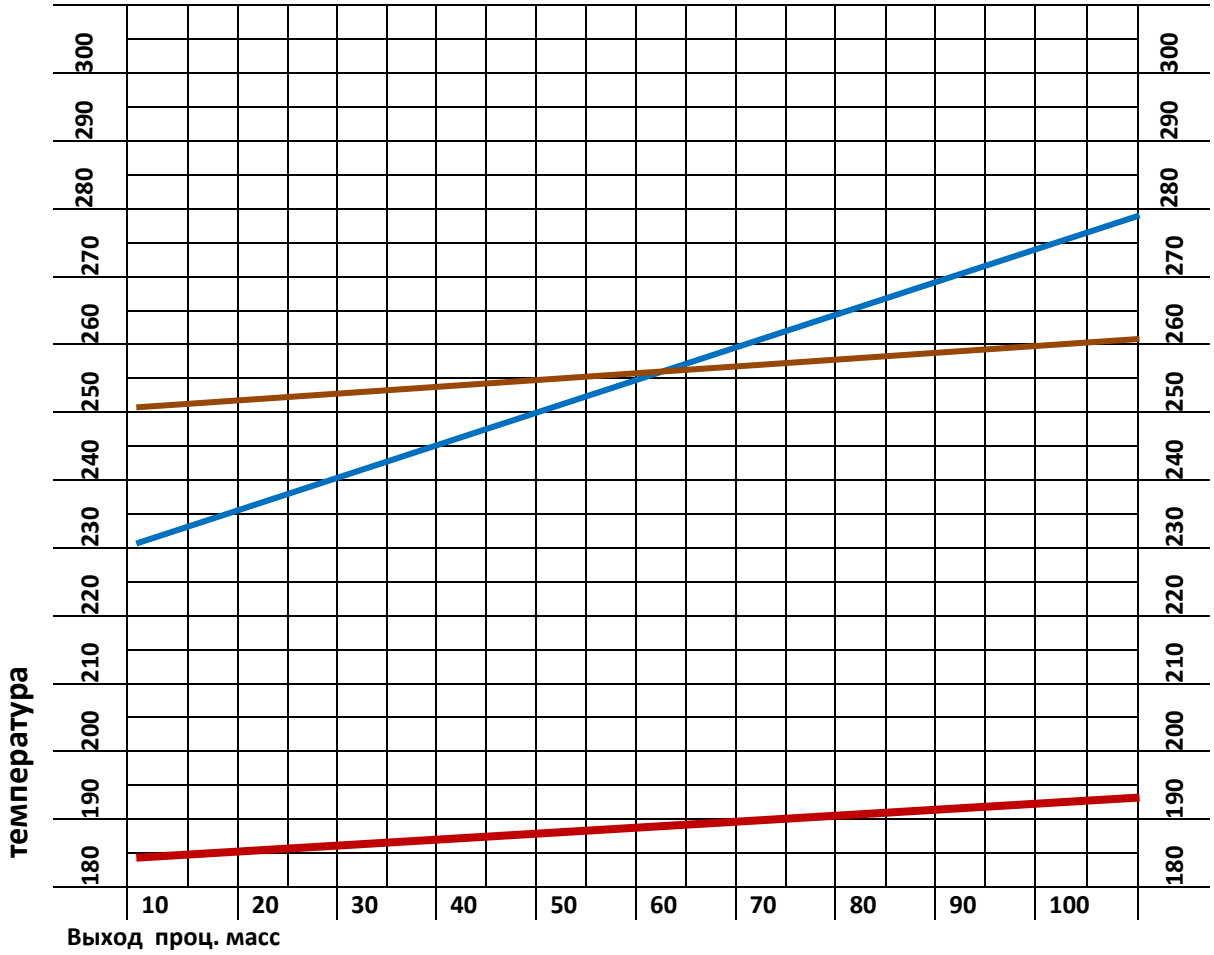
Строим кривую ИТК для фракции 280-350, определяем $tg_{итк}$ угла наклона строим кривую ОИ при атмосферном давлении.

$tg_{итк}$ = (329 - 287) / 60 = 0,5

$t_{50\%}$= 315 °С

$t_{нач}$ = 38% - 307°С

$t_{кон}$ = 58 % - 320°С



Кривая ИТК фракции 230-280

Кривая ОИ фракции 230-280 при атмосферном давлении

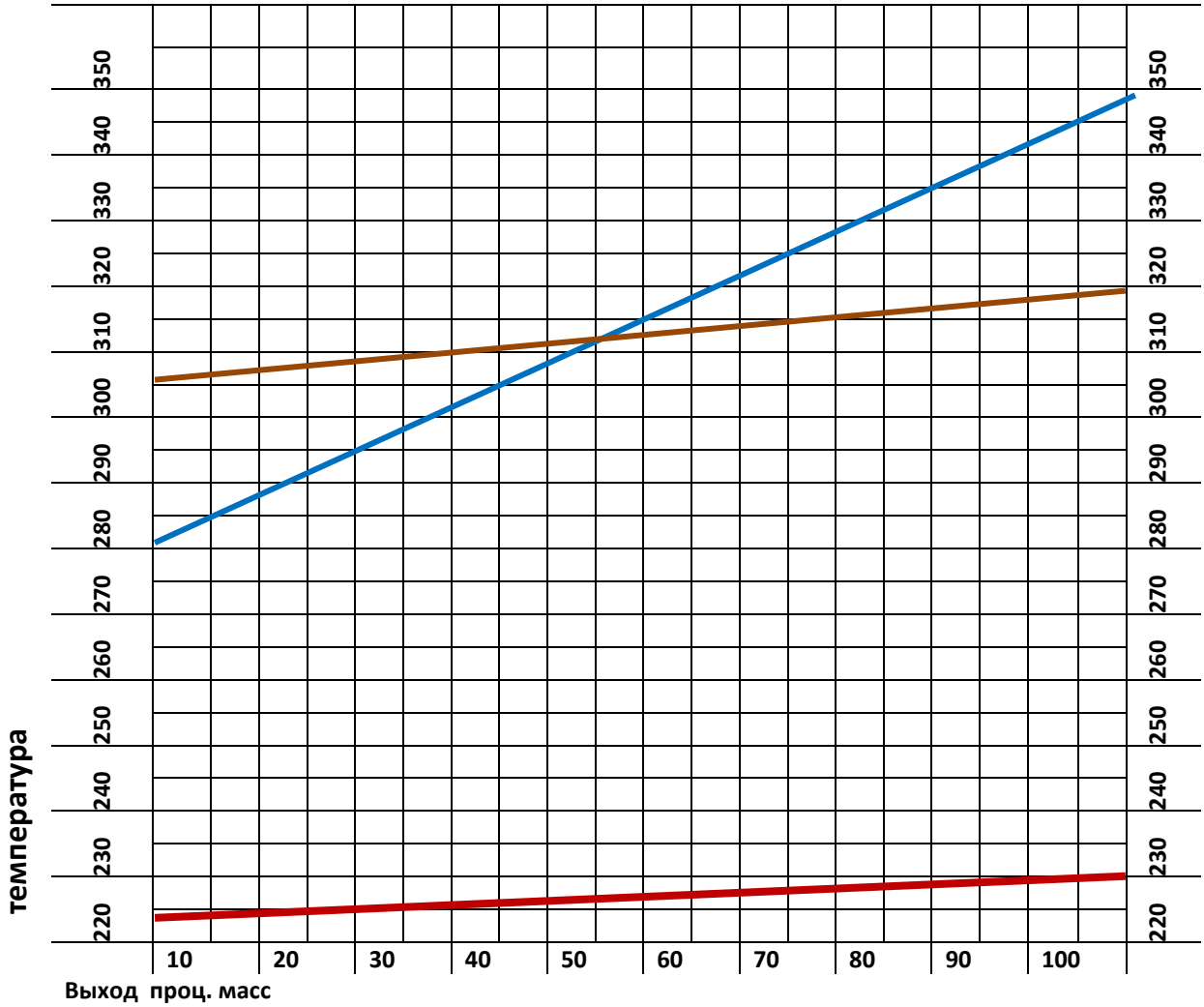
Кривая ОИ фракции 230-2800 при парциальном давлении 0,157атм.

Рисунок 9. Определение температуры отбора фракции 230 -280

Определяем молекулярную массу тяжелого дизельного топлива

$M = 60 + 0,3 \cdot 315 + 0,001 \cdot 315^2 = 253,7$кг/кмоль

Количество водяного пара на отпарку тяжелого дизельного топлива



Кривая ИТК фракции 280-350

Кривая ОИ фракции 280-350 при атмосферном давлении

Кривая ОИ фракции 280-350 при парциальном давлении 0,13 атм

Рисунок 10. Определение температуры отбора фракции 280 -350

$G_{в.п.т.ДТ}$= 1,42 кг/с

Количество молей тяжелого дизельного топлива

$N_{т.ДТ}= G_{т.ДТ}/ M$

$N_{т.ДТ}$=20,85/253,7 = 0,082кмоль/ч

Количество молей водяного пара

$N_{в.п.т.ДТ}=C_{в.п.т.ДТ} / M$

$N_{в.п.т.ДТ}$= 1,42 / 18 = 0,08кмоль/ч

Парциальное давление паров в данном сечении колоны

$P_{т.дт}= П \cdot (N_{т.дт} / (N_6 + N_{кер} + N_{л.ДТ} + N_{л.ДТ}+N_{в.п.т.ДТ}))$

$P_{т.дт}= 1,5\cdot (0,082/ (0,082+0,06+0,12+0,29+0,08)) =0,13$атм

$=0,13\cdot 760=98,6$мм.рт.ст.

Строим кривую ОИ для найденного давления и определяем температуру отбора. Температура отбора фракции 280 - 350 составляет 223°С. (рисунок 10)

Расчет теплового баланса колонны

Тепловой баланс колонны учитывает все количество тепла, вносимого в колонну и выносимого из нее. Согласно закона сохранения энергии

$\sum Q_{вх} = \sum Q_{вых}$ (14)

где: $Q_{вх}$ - суммарное количество тепла, входящего в колонну;

$Q_{вых}$- суммарное количество тепла, выходящего из колонны.

Тепло вводится в колонну:

а) с сырьем, т.к. идет частичное испарение и доля отгона равна е, то количество тепла, вносимого в колонну будет равно:

$Q_c = I_{tвх}^{п} \cdot e + I_{tвх}^{ж} \cdot (1 - e)$, (15)

где: $I_{tвх}^{п}$ и $I_{tвх}^{ж}$ - энтальпия паровой и жидкой фазы нефти при температуре ввода в колонну, кДж/кг град

б) с водным паром, подаваемым на отпарку фракций,

$Q_{вп} = G_{вп} \cdot I_{вп}$

где: I - энтальпия водяного пара, кДж/кг

Общее количество тепла, вводимого в колонну

$Q_{вх} = Q_c + Q_{вп}$

Тепло выводится из колонны:

с парами тяжелого бензина, керосина,легкого и тяжелого дизельных топлив, мазутом, водяного пара, а так же острым и циркуляционными орошениями

$Q_{расх} = Q_{т.б.} + Q_к + O_{л.ДТ} + Q_{т.ДТ} + Q_м + Q_{о.о.} + Q_{Iцо} + Q_{IIцо}$

Количество тепла для вышеперечисленных потоков определяется по формуле:

$Q = G \cdot I$, (16)

где: I - энтальпия потоков, кДж/ кг ·град,

Температура низа колонны или отбора мазута принимается на 15- 20°С ниже температуры ввода сырья в колонну в данном случае 350-20=320 ^{0}С.

Плотности отбензинненой нефти определяем по кривой разгонки ИТК Гуселковской нефти ρ_4^{20} = 0,830.

При расчёте парожидкостного состояния отбензиненной нефти предварительно задаёмся долей отгона

$e = (w_б + w_к + w_{дт}) / 100$,

где $w_б, w_к, w_{дт}$ – процентный расход бензина, керосина и дизельных топлив в расчете на исходную нефть

e = (21,52+12,90+8,60+12,9)/100 = 0,4 4

Энтальпия отбензиненной нефти:

$I_н^{п-ж}$ = 1091,08· 0,44 + 872,89· (1-0,44) = 968,89 кДж/кг.

Тепловой баланс оформляется в виде таблицы.

Для составления таблицы теплового баланса в графу температура, вписываются температуры отбора продуктов, которые были ранее определены.

Массовый поток берется из материального баланса колонны К-2 (таблица 3).

Энтальпия нефтепродуктов определяется по таблицам 5, 6.

Расход водяного пара из ранее приведенных расчетов.

Энтальпия водяного пара по таблице 7

Расчет теплового баланса сводим в таблицу 4

Таблица 4 - Тепловой баланс колонны К-2

Статьи баланса	Температура		ρ_4^{20}	Состоя-ние	Энталь-пия	Массовый поток, кг/с	Тепловой поток, кВт
	^{0}C	К					
Приход 1 .Отбензиненная нефть	350	623	0,830	п-ж	968,89	161,6	156573
2.Водяной пар	350	623		п	3120	2,54	7925
Итого						**164,14**	**164498**
Расход 1 .Тяжелый бензин	147	420	0,760	п	627,18	34,78	21813
2.Керосин	165	438	0,820	ж	355,07	20,85	7403
3.Легкое Д.Т.	185	458	0,840	ж	390,17	13,90	5423
4.Тяжелое Д.Т.	223	496	0,860	ж	490,13	20,85	10219
5. Мазут	330	603	0,890	ж	791,53	71,23	56381
6.Водяной пар	147	420		п	2765	2,54	7023
Итого						**164,14**	**108262**

Таблица 5 - Энтальпия нефтяных жидкостей

Энтальпия нефтяных жидкостей (в кДж/кг)

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
273	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
275	4,23	4,06	3,89	3,77	3,68	3,56	3,48	3,38
277	8,42	8,08	7,83	7,58	7,37	7,16	6,95	6,77
279	12,64	12,18	11,76	11,39	11,05	10,76	10,47	10,19
281	16,87	16,24	15,70	15,20	14,74	14,36	13,98	13,61
283	21,14	20,39	19,68	19,05	18,51	17,96	17,50	17,04
285	25,41	24,49	23,66	29,90	22,23	21,27	21,02	20,49
287	29,73	28,64	27,63	26,80	20,00	25,20	24,58	23,95
289	34,04	32,78	31,69	30,69	29,77	28,93	28,14	27,43
291	38,35	36,97	35,71	34,58	33,58	32,57	31,74	30,92
293	42,66	41,16	39,77	38,48	37,35	36,30	35,30	34,42
295	47,06	45,34	43,79	42,41	41,16	39,98	38,94	37,94
297	51,46	49,57	47,90	46,35	44,97	43,71	42,54	41,47
299	55,85	53,80	52,00	50,33	48,82	47,44	46,18	45,02
301	60,25	58,03	56,10	54,30	52,88	51,20	49,82	48,58
303	64,67	62,34	60,21	58,28	56,56	54,93	53,51	52,15
305	69,12	66,65	64,35	62,30	60,46	58,74	57,23	55,73
307	73,60	70,92	68,50	66,36	64,39	62,55	60,88	59,33
309	78,08	75,24	72,68	70,38	68,29	66,36	64,56	62,94
311	82,56	79,63	76,87	74,44	72,18	70,21	68,29	66,57
313	87,09	83,90	81,06	78,50	76,16	74,02	72,01	70,20
315	91,61	88,26	85,29	82,56	80,09	77,83	75,78	73,86
317	96,17	92,65	89,51	86,67	84,07	81,73	79,55	77,52
319	100,73	97,05	93,78	90,77	88,09	85,58	83,32	81,22
321	105,30	101,49	98,01	94,92	92,07	89,47	87,13	84,90
323	109,90	105,93	102,33	99,06	96,09	93,41	90,81	88,61
325	114,51	110,36	106,60	103,20	100,15	97,34	94,71	92,32
327	119,11	114,80	110,91	107,39	104,21	101,28	98,56	96,06
329	123,80	119,28	115,26	111,58	108,27	105,21	102,41	99,81
331	128,45	123,80	119,58	115,81	112,33	109,19	106,26	103,57
333	133,14	128,28	123,97	119,99	116,44	113,17	110,11	107,34
335	137,83	132,85	128,33	124,26	120,54	117,19	114,01	111,13
337	142,52	137,37	132,72	128,49	124,64	121,17	117,90	114,93
339	147,25	141,93	137,12	132,76	128,79	125,19	121,84	118,75
341	152,02	146,50	141,56	137,03	132,97	129,25	125,77	122,58
343	156,80	151,10	145,99	141,35	137,12	133,27	129,67	126,42
345	161,57	155,71	150,43	145,66	141,31	137,33	133,64	130,28
347	166,38	160,35	154,91	150,01	145,49	141,43	137,62	134,15
349	171,20	165,00	159,43	154,33	149,72	145,49	141,60	138,03
351	176,01	169,65	163,96	158,68	153,95	149,59	145,62	141,92
353	180,91	174,30	168,52	163,12	158,18	153,78	149,68	145,84
355	185,77	179,03	173,08	167,43	162,45	157,84	153,66	149,76
357	190,63	183,72	177,60	171,83	166,72	162,03	157,68	153,70
359	195,52	188,45	182,13	176,26	170,99	166,22	161,74	157,65
361	200,46	193,18	186,65	180,70	175,30	170,36	165,80	161,61
363	205,36	197,95	191,21	185,14	179,57	174,59	169,94	165,59
365	210,35	202,68	195,78	189,58	183,93	178,78	174,00	169,58
367	215,29	207,50	200,38	194,10	188,28	183,01	178,11	173,59
369	220,27	212,27	205,07	198,58	192,64	187,23	182,21	177,60
371	225,29	217,09	209,72	203,02	196,99	191,50	186,36	181,62
373	230,32	221,94	214,41	207,58	201,43	195,69	190,50	185,69
375	235,34	226,80	219,10	212,15	205,78	200,05	194,69	189,75
377	240,36	231,66	223,83	216,67	210,22	204,32	198,87	193,82
379	245,47	236,55	228,52	221,27	214,66	208,63	203,06	197,90
381	250,54	241,41	233,25	225,84	219,14	212,94	207,25	201,96

Продолжение

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
383	255,66	246,35	237,98	230,48	233,53	217,25	111,43	206,95
385	260,84	251,33	242,75	235,09	228,01	221,61	215,66	210,24
387	265,90	256,23	247,52	239,65	232,49	215,96	219,93	214,39
389	271,05	261,17	252,34	244,30	237,02	230,40	224,20	218,54
391	276,25	266,16	257,11	248,99	241,54	234,75	228,47	222,71
393	281,40	271,18	261,97	253,64	246,06	239,15	232,74	226,89
395	286,63	276,20	266,83	258,37	250,66	243,59	237,10	231,09
397	291,86	281,23	271,68	263,06	255,23	247,98	241,41	235,29
399	297,10	286,29	276,58	267,75	259,79	252,46	245,72	239,52
401	302,33	291 36	281,48	272,52	264,40	256,94	250,08	243,76
403	307,60	296,43	286,38	277,29	269,00	261,42	254,43	248,01
405	312,92	301,53	291,28	282,02	273,61	265,90	258,83	252,27
407	318,62	306,64	296,22	286,84	278,26	270,43	263,22	256,54
409	323,51	311,75	301,20	291,61	282,90	274,95	267,62	260,83
411	328,87	316,90	306,14	296,43	287,59	279,47	272,02	265,13
413	334,23	322,05	311,12	301,24	292,28	284,03	276,45	269,44
415	339,59	327,20	316,15	306,10	296,97	288,55	280,89	273,78
417	345,24	332,68	321,17	310,95	301,66	293,41	285,37	278,13
419	350,39	337,62	326,19	315,81	306,39	297,77	289,81	282,49
421	355,84	342,86	331,22	320,71	311,08	302,37	294,29	286,86
423	358,81	348,09	336,28	325,61	315,89	307,02	298,81	291,25
425	366,72	353,37	341,39	330,55	320,67	311,62	303,33	295,64
427	372,16	358,64	346,46	335,49	325,44	316,27	307,86	300,06
429	377,65	363,92	351,61	340,43	330,26	320,96	312,38	304,48
431	383,18	369,28	356,76	345,37	335,07	325,65	316,94	308,92
433	388,70	374,55	361,87	350,35	339,88	330,34	321,50	313,35
435	392,55	379,91	367,02	355,38	344,78	335,03	326,11	317,84
437	399,80	385,23	372,21	360,36	349,64	339,76	330,67	322,32
439	405,37	390,63	377,40	365,38	354,50	344,49	335,32	326,81
441	410,98	395,99	382,51	370,41	359,35	349,26	339,93	331,32
443	416,59	401,43	387,82	375,51	364,29	353,99	344,57	335,84
445	422,07	406,83	393,02	380,54	369,19	358,73	349,22	340,38
447	427,85	412,27	398,29	385,65	374,13	363,58	353,87	344,93
449	433,50	417,76	404,40	390,59	379,07	368,40	358,56	349,49
451	439,15	423,20	408,84	395,86	384,06	373,21	363,25	354,06
453	444,85	428,69	414,12	401,01	389,00	378,03	367,98	358,65
455	450,58	434,21	419,48	406,12	394,02	382,88	372,67	363,25
457	456,32	439,74	424,79	411,31	399,04	387,78	377,44	367,87
459	462,10	445,27	430,15	416,46	404,07	392,64	382,17	372,50
461	467,79	450,79	437,98	421,65	409,09	397,54	386,94	377,14
463	473,57	456,36	440,87	426,89	414,16	402,44	391,72	381,80
465	479,39	461,97	446,27	432,08	419,22	407,38	396,53	386,47
467	485,17	467,54	451,67	437,31	424,29	412,32	401,31	391,15
469	490,99	473,19	457,12	442,59	429,52	417,26	406,12	395,85
471	496,85	478,80	462,56	447,86	434,51	422,24	410,98	400,56
473	502,71	484,41	467,96	453,14	439,61	427,26	415,79	405,28
475	508,57	489,27	473,49	458,41	444,76	432,25	420,69	410,02
477	514,47	495,63	478,97	463,73	449,91	437,19	425,55	414,77
479	520,38	501,50	484,46	469,09	455,11	442,29	430,45	419,48
481	526,24	507,19	489,91	474,34	460,19	447,25	435,28	424,26
483	532,27	512,84	495,44	479,70	465,38	452,32	440,18	429,05
485	538,21	518,62	500,96	485,06	470,61	457,30	445,12	433,85
487	544,20	524,41	506,53	490,46	475,85	462,45	450,06	438,67
489	550,19	527,70	512,06	495,90	481,08	467,52	455,04	443,50
491	556,22	535,83	517,71	501,26	486,31	472,58	459,98	448,35
493	562,25	541,73	523,32	506,70	491,59	477,77	464,96	453,21
495	568,27	547,59	528,89	512,18	496,90	483,17	469,99	458,08

Продолжение

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
497	574,30	553,41	534,62	517,62	502,18	488,07	475,05	462,96
499	580,42	559,32	540,27	523,11	507,49	493,22	479,95	467,87
501	586,49	565,22	545,92	528,59	512,73	498,41	485,06	472,78
503	592,85	571,00	551,70	534,19	518,24	503,67	490,19	477,78
505	598,71	576,82	557,43	539,72	523,60	508,86	495,26	482,72
507	604,99	582,89	563,13	545,25	529,00	514,06	500,32	487,67
509	611,27	588,87	568,86	550,82	534,36	519,29	505,43	492,64
511	617,13	594,78	574,60	556,34	539,76	524,52	510,54	497,62
513	623,25	600,76	580,37	561,95	545,21	529,80	515,65	502,62
515	629,70	606,75	586,15	567,56	550,61	535,07	520,80	507,62
517	635,98	612,78	591,97	573,17	556,09	540,39	525,95	512,65
519	642,26	618,81	597,79	578,74	561,53	545,67	531,14	517,68
521	648,54	624,84	603,61	584,44	567,02	550,98	536,29	522,74
523	654,82	630,83	609,43	589,92	572,50	556,55	541,52	527,80
525			615,33	595,87	578,03	561,79	546,71	532,88
527			621,20	601,48	583,56	567,14	551,95	537,96
529			627,06	607,17	589,08	572,50	557,18	543,07
531			633,00	612,91	594,61	577,90	562,46	548,19
533			638,95	618,64	600,18	583,35	567,69	553,32
535			644,89	624,38	605,79	588,75	571,00	558,47
537			650,84	630,16	611,36	594,19	578,24	563,62
539			656,87	635,93	616,97	599,55	583,35	568,79
541			662,81	644,68	622,62	605,12	588,87	573,98
543			668,80	647,57	628,23	610,60	594,65	579,18
545			674,83	653,39	633,88	616,09	599,55	584,39
547			680,86	659,21	639,58	621,61	604,91	589,62
549			686,89	665,07	645,27	627,14	610,31	594,86
551			692,92	670,98	650,96	632,67	615,67	600,11
553			699,03	676,84	656,66	638,19	621,11	605,38
555			705,14	682,70	662,39	643,76	626,56	610,66
557			711,25	688,69	668,13	649,37	631,96	615,97
559			717,41	694,55	673,91	654,94	637,40	621,24
561			723,52	701,83	679,64	660,55	642,88	626,58
563			729,68	706,52	785,46	666,20	648,33	631,91
565			735,83	712,51	691,24	671,81	653,81	637,27
567			742,07	718,54	697,06	677,47	659,30	642,63
569			748,22	724,48	702,88	683,12	664,82	648,00
571			754,50	730,51	708,74	688,77	670,39	653,43
573			760,74	736,58	714,60	693,67	675,92	658,79
575			766,98	742,61	720,42	700,24	681,49	664,21
577			773,26	748,68	726,37	705,85	687,01	669,64
579			779,54	754,80	732,27	711,59	692,58	675,08
581			785,82	760,87	738,18	717,45	698,19	680,54
583			792,14	766,98	744,12	723,23	703,80	686,01
585			798,47	773,14	750,02	728,88	709,45	691,49
587			804,83	779,29	756,05	734,70	715,11	696,99
589			811,19	785,44	762,00	740,60	720,72	702,50
591			817,60	791,60	767,94	746,42	726,41	708,03
593			824,00	797,84	774,06	752,33	732,15	713,61
595			830,41	803,99	780,04	758,10	737,80	719,16
597			836,77	810,27	786,07	763,97	743,53	724,72
599			843,26	816,47	792,10	769,79	749,23	730,28
601			849,75	822,75	798,17	775,77	754,96	735,90
603			856,20	828,99	804,24	781,63	760,70	741,50
605			862,48	835,27	810,36	787,54	766,48	747,12
607			869,18	541,59	816,47	793,48	772,26	752,75

Продолжение

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
609			875,88	847,91	822,58	799,43	778,12	758,40
611			882,16	854,19	828,74	805,46	783,90	764,06
613			888,86	860,51	834,85	810,15	789,71	769,74
615			895,56	866,96	840,96	817,35	795,58	775,42
617			902,26	873,33	847,24	823,46	801,40	781,12
619			908,54	879,69	853,44	829,49	807,22	786,84
621			915,24	886,09	859,68	835,52	813,08	792,56
623			921,93	892,50	865,87	841,46	818,98	798,27
625			928,21	898,95	872,15	847,62	824,88	804,02
627			934,91	905,40	878,39	853,73	830,83	809,79
629			941,61	911,84	884,67	859,80	836,73	815,57
631			948,31	918,33	890,95	865,79	842,68	821,37
633			955,01	924,82	897,23	872,03	848,66	827,18
635			961,71	931,81	903,55	878,18	854,61	833,00
637			968,41	937,89	909,83	885,22	860,60	838,84
639			975,52	944,42	916,24	890,49	866,63	844,69
641			982,22	950,99	922,60	896,69	872,70	850,55
643			988,92	957,52	928,97	902,88	878,64	856,43
645			995,62	964,14	935,37	909,08	884,71	862,32
647			998,13	970,71	941,78	915,32	890,74	868,23
649			1010,69	977,37	948,19	921,56	896,81	874,14
651			1016,14	983,98	954,51	927,80	902,93	880,07
653			1023,25	990,64	961,08	934,08	909,00	886,02
655			1029,95	997,30	967,53	940,36	915,11	891,98
657			1036,65	1003,91	973,94	946,51	921,26	897,95
659			1043,77	1010,65	980,51	952,96	927,38	903,88
661			1050,89	1017,35	987,04	959,57	933,53	909,93
663			1058,00	1024,05	993,53	965,64	939,73	915,95
665			1063,95	1030,79	1000,02	971,97	945,88	921,98
667			1071,40	1037,57	1006,63	978,25	952,08	928,02
669			1078,52	1044,31	1013,54	984,74	958,32	933,82
671			1085,64	1051,18	1019,78	991,10	964,56	940,14
673			1092,76	1057,92	1026,39	997,55	970,79	946,22
675			1099,45	1064,70	1032,88	1003,58	977,07	952,31
677			1106,57	1071,53	1039,58	1009,44	983,31	958,42
679			1113,69	1076,01	1046,24	1016,60	989,59	964,54
681			1120,81	1085,26	1052,81	1023,17	995,91	970,68
683			1127,92	1093,55	1059,51	1029,66	1002,19	976,83
685			1135,04	1099,04	1066,21	1036,15	1008,52	982,99
687			1142,16	1105,90	1072,91	1042,68	1014,55	989,16
689			1149,28	1112,85	1079,61	1049,21	1021,20	995,35
691			1156,39	1119,76	1086,39	1055,70	1027,57	1001,55
693			1163,64	1127,25	1093,01	1063,07	1033,55	1007,76
703			1199,77	1162,26	1126,96	1096,10	1065,62	1034,04
713			1236,28	1197,63	1161,25	1129,43	1098,07	1070,65
723			1273,21	1233,39	1195,92	1163,18	1130,86	1102,64
733			1310,51	1269,52	1210,96	1197,26	1163,97	1134,92
743			1348,19	1306,07	1266,34	1231,67	1199,94	1167,57
753			1386,25	1342,96	1302,14	1266,47	1231,30	1198,30
763			1424,77	1380,22	1338,27	1301,63	1265,46	1233,89
773			1463,62	1417,86	1374,78	1337,14	1300,00	1267,55
783			1502,89	1455,92	1411,66	1372,98	1334,84	1301,55
793			1542,54	1494,31	1448,88	1409,19	1370,09	1335,88
803			1582,57	1533,08	1494,02	1445,79	1405,63	1370,55
813			1623,01	1572,27	1524,50	1482,71	1441,56	1405,55
823			1663,83	1611,83	1562,39	1520,02	1477,82	1440,93

Таблица 6 – Энтальпия нефтяных паров

Энтальпия нефтяных паров (в кДж/кг)

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
323	476,00	464,23	452,47	440,70	428,85	417,26	405,49	393,77
325	479,39	467,25	455,82	443,97	432,12	420,36	408,63	396,83
327	482,86	471,06	459,17	447,28	435,39	423,70	411,77	399,92
329	486,34	472,94	462,56	450,63	438,65	426,64	414,95	403,06
331	489,81	477,88	465,95	453,51	441,92	429,98	418,09	406,20
333	493,33	481,36	469,34	457,32	445,22	433,33	421,32	409,34
335	496,85	484,83	472,73	460,55	448,53	436,27	424,54	412,48
337	500,41	488,18	476,17	464,19	451,88	439,61	427,89	415,67
339	503,97	491,82	479,64	467,46	455,23	442,95	430,82	418,89
341	507,52	495,34	483,12	470,85	458,46	446,31	434,17	422,03
343	511,13	498,86	486,59	474,28	461,80	449,66	437,52	424,96
345	514,31	502,42	490,07	477,71	465,15	453,01	440,87	428,31
347	518,37	505,98	493,58	481,19	468,92	456,36	444,22	431,66
349	522,01	509,99	497,14	484,66	472,27	459,71	447,57	435,01
351	525,65	513,18	500,66	488,14	475,62	463,06	450,50	438,36
353	529,34	516,78	504,22	491,66	478,97	466,41	453,85	441,71
355	532,98	520,42	507,82	495,59	482,32	470,18	457,20	444,64
357	536,71	523,69	511,38	498,73	486,09	473,52	460,97	447,99
359	540,10	527,70	514,98	502,25	489,44	476,88	463,90	451,34
361	544,16	531,39	518,62	505,81	491,79	480,23	467,67	454,69
363	547,89	535,07	522,26	509,49	496,56	483,99	471,02	458,04
365	551,65	538,80	525,90	513,01	499,90	487,34	474,36	461,39
367	555,42	542,53	529,55	516,61	503,67	490,69	477,71	464,74
369	559,23	546,25	533,23	520,21	507,02	494,46	481,06	468,08
371	563,01	550,02	536,96	523,39	510,79	497,81	484,83	471,85
373	566,85	553,79	540,64	527,54	514,14	501,16	488,18	475,20
375	570,70	557,56	544,37	531,18	517,91	504,93	491,95	478,55
377	574,56	561,32	548,09	534,86	521,68	508,28	495,30	481,90
379	578,45	565,18	551,86	538,59	525,03	512,06	498,65	485,25
381	582,59	568,99	555,63	542,27	528,79	515,40	502,00	489,02
383	586,24	572,84	559,44	546,00	532,56	519,16	505,77	492,37
385	590,13	576,73	563,25	549,77	536,33	522,93	509,12	496,14
387	594,07	580,58	567,06	553,54	539,68	526,28	512,88	499,49
389	598,04	584,48	570,87	557,31	543,45	530,05	516,65	502,84
391	601,98	588,37	574,72	561,07	547,22	533,82	520,00	505,77
393	606,00	592,35	578,57	564,88	550,98	537,59	523,77	510,79
395	609,98	596,24	582,43	568,69	554,88	541,35	527,54	513,72
397	613,91	600,22	586,32	572,50	558,18	544,28	530,89	517,07
399	618,01	604,16	590,26	576,40	562,41	548,47	534,65	520,84
401	622,08	608,18	594,19	580,25	566,22	552,24	538,42	524,61
403	626,14	612,15	598,13	584,14	570,03	556,01	542,19	527,96
405	630,20	616,17	602,27	588,04	573,89	559,78	545,96	531,72
407	634,30	620,19	606,04	591,98	577,74	563,54	549,73	535,49
409	638,40	624,29	610,06	595,87	581,59	567,31	553,50	539,26
411	642,51	628,31	614,04	599,80	585,36	571,50	556,84	543,04
413	646,65	632,37	618,06	603,74	589,33	575,27	560,61	546,38
415	650,80	636,48	622,08	607,71	593,27	578,62	564,38	550,15
417	654,98	640,58	626,14	611,65	597,16	582,80	568,57	533,91
419	659,17	644,73	630,20	615,71	601,10	586,57	572,34	557,68
421	663,36	648,87	634,26	619,69	605,08	590,76	576,10	561,45
423	667,59	653,02	638,36	623,75	609,01	594,53	579,87	565,22
425	671,81	657,16	642,47	627,77	612,99	598,29	583,64	568,99
427	676,09	661,35	646,57	631,83	617,01	602,48	588,25	572,75
429	680,36	665,58	650,71	635,89	621,03	606,25	591,60	576,52

Продолжение

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
431	684,63	669,80	654,86	639,99	625,05	610,01	595,36	580,29
433	688,90	674,03	659,04	644,10	629,07	614,20	599,13	584,48
435	693,21	678,26	663,23	648,20	633,13	617,97	603,32	588,24
437	697,56	682,53	667,42	652,34	637,15	622,16	607,09	592,01
439	701,92	686,80	671,65	656,49	641,29	626,35	611,27	596,20
441	707,15	691,12	675,83	660,68	645,35	630,11	615,04	599,97
443	710,58	695,43	680,10	664,86	649,50	634,30	618,81	603,74
445	715,02	699,74	684,37	669,05	653,60	638,49	623,00	607,92
447	719,42	704,05	688,65	673,24	657,75	642,67	627,18	611,17
449	723,86	708,45	692,92	677,47	661,89	646,87	630,53	615,46
451	728,29	712,80	697,23	681,70	666,08	652,72	634,72	619,23
453	732,73	717,20	701,54	685,92	670,27	654,81	639,32	623,42
455	737,21	721,60	705,90	690,24	674,45	659,00	643,09	627,60
457	741,69	725,99	710,25	694,51	678,68	663,19	647,28	631,79
459	746,17	730,43	714,60	698,82	682,91	667,25	651,47	635,56
461	750,69	734,87	718,96	703,13	687,18	671,44	655,65	639,74
463	755,15	739,35	723,35	707,44	691,41	675,62	659,84	643,93
465	759,78	743,83	727,79	711,80	695,68	679,81	663,61	647,70
467	764,34	748,31	732,19	716,15	700,00	684,04	667,80	651,89
469	768,91	752,83	736,67	720,51	704,30	688,27	671,98	656,07
471	773,51	757,35	741,10	724,90	708,62	692,54	676,17	660,26
473	778,12	761,91	745,58	729,30	712,93	696,81	680,35	664,45
475	782,76	766,44	750,06	733,37	717,28	701,04	684,54	668,21
477	787,37	771,04	754,54	738,18	721,64	705,39	688,73	672,40
479	792,02	775,61	759,07	742,61	726,03	709,71	692,92	676,59
481	796,71	780,21	763,55	747,05	730,43	714,02	697,52	680,77
483	801,40	784,86	768,15	751,53	734,83	718,41	701,71	684,96
485	806,13	789,46	772,72	756,05	739,26	722,68	705,89	689,15
487	810,82	794,11	777,28	760,53	743,70	727,08	710,08	693,33
489	815,55	798,80	781,88	765,05	748,14	731,43	714,69	697,52
491	820,32	803,45	786,49	769,62	752,62	735,83	718,87	702,13
493	825,09	808,18	791,14	774,18	757,10	740,35	723,06	706,73
495	829,87	812,87	795,74	778,70	761,58	744,66	727,67	710,50
497	834,68	817,60	800,43	783,31	766,10	749,10	731,85	714,69
499	839,45	822,33	805,08	787,91	770,50	753,58	736,46	719,29
501	844,31	827,10	809,73	792,52	775,14	758,02	740,65	723,48
503	849,17	831,88	814,46	797,13	779,62	762,50	744,83	726,83
505	854,02	836,65	819,19	801,77	786,37	767,02	749,44	732,27
507	858,88	841,46	823,92	806,46	788,88	771,50	754,04	736,46
509	863,78	846,28	828,65	811,11	793,44	776,02	758,23	740,65
511	868,68	851,09	833,42	815,80	798,09	780,59	762,84	745,25
513	873,62	855,95	838,20	820,53	802,69	785,15	767,44	749,86
515	878,56	860,85	842,97	825,22	807,34	789,71	772,05	754,04
517	883,62	863,57	848,04	830,24	812,45	794,61	776,82	759,03
519	888,48	870,60	852,60	834,72	816,68	798,88	780,84	762,84
521	893,46	875,50	857,46	839,45	821,37	803,49	785,44	767,44
523	898,44	880,44	862,31	844,27	826,06	808,14	790,05	772,05
525	903,47	884,96	867,17	849,04	830,79	812,78	794,65	776,23
527	908,49	890,32	872,06	853,86	835,52	817,43	799,26	780,84
529	913,56	895,30	876,97	858,67	840,25	822,09	803,87	785,44
531	918,63	900,29	881,87	563,49	845,02	826,77	808,47	790,05
533	923,69	905,31	886,81	868,34	850,21	831,50	813,08	794,66
535	928,80	910,34	891,75	873,24	854,57	836,19	817,68	799,26
537	933,91	915,36	896,69	878,10	859,38	840,92	822,29	803,45
539	938,68	920,43	901,42	883,0	864,16	850,42	831,50	813,08

Продолжение

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
541	945,63	926,87	908,16	889,44	870,73	851,97	833,26	814,54
543	949,36	930,52	911,63	892,84	873,91	855,20	836,10	817,68
545	954,51	935,67	916,66	897,78	879,14	859,97	841,13	822,29
547	959,70	940,77	921,68	902,76	883,62	864,78	845,73	826,89
549	964,89	945,92	926,71	907,70	888,52	869,60	850,45	831,50
551	970,12	951,03	931,77	912,68	893,42	874,41	855,24	836,10
553	975,36	956,22	936,88	917,70	896,44	879,27	860,01	840,71
555	980,63	961,37	941,99	922,73	903,39	884,13	864,78	845,32
557	985,48	966,56	947,05	927,75	908,24	889,02	869,52	850,34
559	991,83	971,80	952,20	932,78	913,23	893,88	874,37	854,95
561	996,46	976,99	957,35	937,84	918,21	898,82	879,23	859,55
563	1001,76	982,22	962,50	942,95	923,19	903,72	884,04	864,57
565	1007,14	987,50	967,24	948,02	928,21	908,45	888,73	869,18
567	1012,45	992,73	972,85	953,12	933,24	913,60	893,76	874,20
569	1017,81	998,05	977,58	958,23	938,26	918,54	898,66	878,81
571	1023,21	1003,33	983,27	963,38	943,33	923,52	903,55	883,83
573	1028,61	1008,64	988,50	968,53	948,39	928,51	908,45	888,44
575	1034,01	1013,96	993,74	973,72	953,50	933,53	913,35	893,46
577	1039,42	1019,32	999,01	978,87	958,61	938,56	918,29	898,07
579	1044,86	1024,68	1004,29	984,11	963,72	943,58	923,27	903,09
581	1050,34	1030,03	1009,56	989,30	968,82	948,64	928,21	907,70
583	1055,78	1035,44	1014,88	994,53	973,97	953,67	933,20	912,72
585	1061,31	1040,84	1020,20	999,77	979,12	958,78	938,18	917,77
587	1066,79	1046,28	1025,56	1005,04	984,32	963,84	943,20	922,77
589	1072,32	1051,72	1030,92	1010,69	989,51	968,95	948,23	927,80
591	1077,85	1057,17	1036,28	1015,63	994,70	974,10	953,25	932,40
593	1084,05	1063,24	1041,68	1021,49	1000,52	979,80	958,06	938,26
595	1088,99	1068,14	1047,04	1026,19	1005,17	984,36	963,38	942,45
597	1094,56	1073,62	1052,48	1031,54	1010,40	989,40	968,45	947,47
599	1100,58	1079,15	1057,88	1036,86	1015,68	994,70	973,56	952,50
601	1105,78	1086,00	1063,32	1042,22	1020,95	999,89	978,66	957,52
603	1111,39	1092,29	1068,81	1047,62	1026,39	1005,12	983,77	962,54
605	1117,04	1095,77	1074,25	1053,02	1031,54	1010,32	988,92	967,57
607	1122,65	1101,34	1079,78	1058,42	1036,86	1015,55	994,07	972,59
609	1128,38	1106,95	1085,26	1063,82	1042,18	1020,83	999,22	977,62
611	1134,08	1112,56	1090,79	1069,27	1047,54	1026,10	1004,41	982,64
613	1139,77	1118,17	1096,31	1074,71	1052,90	1031,08	1009,61	987,67
615	1145,51	1123,82	1101,88	1080,15	1058,30	1036,65	1014,84	993,11
617	1151,24	1129,47	1107,45	1085,68	1063,70	1041,96	1020,03	998,13
619	1156,98	1135,17	1113,65	1091,16	1069,10	1047,29	1025,26	1003,58
621	1162,76	1140,82	1118,63	1096,23	1074,54	1052,65	1030,54	1008,60
623	1168,54	1146,51	1124,24	1102,22	1079,94	1057,96	1035,81	1014,88
625	1174,44	1152,33	1129,93	1107,83	1085,51	1063,45	1041,17	1018,98
627	1180,17	1157,52	1135,50	1113,31	1090,87	1068,72	1046,36	1024,13
629	1185,99	1163,72	1141,15	1118,88	1096,35	1073,71	1051,68	1030,16
631	1191,86	1169,46	1146,80	1124,45	1101,88	1079,52	1057,00	1034,56
633	1197,72	1175,24	1152,50	1130,06	1107,37	1084,97	1062,36	1039,83
635	1203,58	1181,01	1158,24	1135,67	1112,89	1090,41	1067,68	1045,07
637	1209,48	1186,83	1163,93	1141,32	1118,46	1095,85	1073,08	1050,34
639	1214,59	1196,17	1172,01	1149,24	1127,50	1100,71	1082,29	1055,66
641	1220,62	1200,61	1174,73	1151,91	1128,88	1106,15	1083,17	1060,31
643	1227,28	1204,38	1181,18	1158,28	1135,17	1112,31	1089,24	1066,29
645	1233,22	1210,24	1186,96	1163,97	1140,78	1117,83	1094,68	1071,61
647	1239,21	1216,10	1192,74	1169,67	1146,39	1123,36	1100,08	1076,97
649	1245,20	1222,00	1198,56	1175,40	1152,04	1128,89	1105,57	1082,33

Продолжение

T, K	Относительная плотность при 288 K							
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
651	1251,18	1227,90	1204,37	1181,14	1157,65	1134,16	1111,01	1087,98
653	1257,21	1233,85	1210,24	1186,87	1163,30	1140,02	1116,49	1093,09
655	1263,24	1239,79	1216,10	1192,65	1169,00	1145,59	1121,98	1098,49
657	1269,31	1245,78	1221,96	1198,43	1174,69	1151,20	1127,50	1103,89
659	1275,38	1251,77	1227,40	1204,25	1180,38	1156,81	1133,03	1109,33
661	1281,45	1256,92	1233,72	1210,03	1186,12	1162,42	1138,56	1114,78
663	1287,57	1263,74	1239,67	1215,89	1191,86	1168,08	1144,13	1120,22
665	1293,68	1269,77	1245,57	1221,71	1197,59	1173,56	1149,65	1125,29
667	1299,79	1275,80	1251,52	1227,57	1203,37	1179,00	1155,26	1131,19
669	1305,95	1281,87	1257,46	1233,42	1209,15	1185,07	1160,83	1136,72
671	1312,10	1287,94	1263,45	1239,33	1214,93	1190,81	1166,44	1142,20
673	1318,30	1294,01	1269,48	1245,24	1220,75	1196,50	1172,97	1147,77
675	1324,50	1300,13	1275,47	1251,14	1226,57	1202,24	1178,58	1153,17
677	1330,70	1306,24	1281,50	1257,50	1232,39	1207,98	1183,23	1158,86
679	1336,93	1312,39	1287,52	1263,03	1238,25	1213,75	1189,05	1164,43
681	1339,78	1318,51	1293,60	1268,98	1244,41	1219,53	1194,70	1170,00
683	1349,41	1324,70	1299,67	1274,96	1250,01	1225,31	1200,40	1175,61
685	1355,69	1330,86	1305,74	1280,95	1255,87	1231,09	1206,09	1181,22
687	1361,97	1337,05	1311,81	1286,94	1261,82	1236,91	1211,83	1186,83
689	1368,71	1343,25	1318,00	1292,63	1267,72	1242,73	1217,56	1192,48
691	1374,61	1349,45	1324,08	1299,00	1273,67	1248,59	1223,30	1198,14
693	1381,77	1356,56	1331,03	1305,36	1280,37	1255,20	1229,79	1204,54
695	1387,30	1362,01	1336,38	1311,14	1285,60	1260,31	1234,86	1209,48
697	1393,66	1368,25	1342,54	1317,21	1291,59	1266,21	1240,67	1215,22
699	1400,02	1371,55	1348,74	1323,28	1297,57	1271,70	1246,45	1220,91
701	1406,43	1380,85	1354,93	1329,39	1303,60	1278,02	1252,27	1226,65
703	1412,84	1387,17	1461,17	1335,55	1309,63	1283,97	1258,13	1232,35
705	1419,07	1393,49	1367,40	1341,66	1315,66	1289,91	1263,95	1238,12
707	1425,73	1399,69	1373,65	1374,82	1321,73	1295,65	1269,86	1243,90
709	1432,18	1406,22	1379,93	1354,01	1327,80	1301,84	1275,72	1249,68
711	1438,67	1412,58	1386,21	1360,17	1333,87	1307,83	1281,62	1255,50
713	1445,16	1418,99	1392,49	1366,36	1339,98	1313,86	1287,53	1261,27
715	1451,65	1425,40	1398,81	1372,60	1346,10	1319,89	1293,43	1267,09
717	1457,84	1421,47	1405,09	1378,71	1351,92	1325,54	1298,74	1272,37
719	1467,71	1438,25	1411,45	1385,04	1358,37	1331,82	1305,32	1278,77
721	1471,32	1444,70	1417,82	1391,32	1364,52	1338,02	1311,31	1284,68
723	1477,86	1451,19	1424,22	1397,60	1370,72	1344,05	1317,29	1290,54
728	1492,43	1467,43	1436,03	1409,19	1386,21	1357,82	1330,06	1303,56
733	1510,93	1483,80	1456,30	1429,20	1401,82	1372,89	1345,60	1318,51
738	1527,72	1500,21	1472,50	1445,16	1417,53	1390,14	1404,42	1335,09
743	1544,39	1516,79	1488,74	1461,19	1433,31	1405,68	1377,37	1350,12
748	1561,30	1533,42	1505,15	1477,31	1449,18	1421,29	1393,20	1365,23
753	1578,26	1550,10	1521,61	1493,51	1465,13	1436,99	1408,69	1380,43
758	1595,34	1566,95	1538,19	1509,84	1481,21	1452,82	1424,22	1395,71
763	1612,55	1583,91	1554,85	1526,26	1496,91	1468,69	1439,84	1411,12
768	1629,80	1600,91	1571,60	1542,75	1513,53	1484,68	1455,58	1426,44
773	1647,21	1618,03	1588,47	1559,37	1529,94	1500,76	1471,41	1442,14
778	1664,67	1635,24	1605,54	1576,04	1546,35	1516,46	1487,28	1457,76
783	1682,26	1652,57	1622,43	1592,83	1567,45	1533,16	1503,27	1473,50
788	1699,92	1669,95	1639,59	1609,66	1579,47	1549,54	1519,35	1489,20
793	1717,68	1687,45	1656,80	1626,66	1595,71	1565,95	1535,55	1505,20
798	1735,54	1705,07	1674,13	1643,65	1612,97	1582,48	1551,80	1521,19
803	1753,52	1722,78	1691,55	1660,90	1629,88	1599,11	1568,12	1537,27
813	1782,11	1753,85	1722,49	1695,49	1663,92	1632,60	1592,74	1569,71
823	1826,37	1794,50	1762,22	1730,44	1698,33	1666,47	1637,79	1602,46

Таблица 7 - Энтальпия и теплоемкость водяного пара

Давление, 10^5 Па	Температура кипения, °С	Энтальпия, кДж/кг					Средняя теплоемкость, кДж/(кг·К)				
		насыщенного пара	при 100 °С	при 200 °С	при 300 °С	при 400 °С	до 100 °С	до 200 °С	до 300 °С	до 400 °С	до 500 °С
0,05	32,55	2562	2690,0	2881,8	3078,8	3282,4	1,9060	1,9148	1,9693	2,0363	2,1033
0,10	45,45	2588	2689,9	2881,4	3078,7	3282,4	1,9190	1,9149	1,9734	2,0364	2,1033
0,20	59,67	2610	2688,7	2881,0	3078,6	3282,3	1,9831	1,9232	1,9776	2,0364	2,1033
0,30	68,68	2626	2687,4	2880,6	3078,3	3282,2	1,9625	1,9315	1,9777	2,0365	2,1033
0,40	75,42	2638	2686,2	2880,2	3078,3	3282,0	1,9734	1,9399	1,9818	2,0366	2,1033
0,50	80,86	2643	2684,9	2879,3	3077,9	3282,0	2,0153	1,9441	1,9860	2,0405	2,1033
0,60	85,45	2654	2683,2	2878,9	3077,6	3282,0	2,0320	1,9567	1,9861	2,0447	2,1033
0,70	89,45	2661	2682,4	2878,5	3077,5	3281,6	2,0321	1,9609	1,9902	2,0405	2,1075
0,80	92,99	2666	2681,1	2878,1	3077,1	3281,5	2,0900	1,9693	1,9903	2,0447	2,1075
0,90	96,18	2671	2679,5	2877,2	3076,7	3281,2	2,0901	1,9776	1,9944	2,0448	2,1075
1,00	99,09	2676	—	2876,9	3076,6	3281,1	2,0905	1,9860	1,9986	2,0449	2,1075
1,50	110,79	2694	—	2874,3	3075,0	3280,3	—	2,0112	2,0070	2,0531	2,1117
2,00	119,62	2708	—	2871,8	3074,2	3279,5	—	2,0237	2,0237	2,0531	2,1159
2,50	126,79	2718	—	2869,3	3072,5	3278,6	—	2,0656	2,0321	2,0614	2.1201
3,00	132,88	2726	—	2866,7	3071,2	3278,2	—	2,1033	2,0447	2,0698	2,1201
4,00	142,92	2739	—	2862,6	3068,7	3276,5	—	2,1494	2,0614	2,0782	2,1243
5,00	151,11	2749	—	2856,3	3066,2	3274,9	—	2,1788	2,1369	2,0866	2,1285
6,00	158,08	2758	—	2851,7	3063,7	3273,2	—	2,2332	2,1201	2,0950	2,1369
7,00	164,17	2765	—	2847,1	3060,7	3271,9	—	2,2877	2,1369	2,1117	2,1369
8,00	169,61	2770	—	2841,6	3058,2	3270,2	—	2,3464	2,1662	2,1201	2,1452
9,00	174,53	2775	—	2835,7	3055,7	3268,6	—	2,3841	2,1997	2,1285	2,1536
10,00	179,04	2779	—	2829,9	3052,8	3266,9	—	2,4218	2,2290	2,1410	2,1578

Расчет количества орошений

Из теплового баланса видно, что $Q_{прих}$ больше чем $Q_{расх}$, это тепло, которое необходимо отвести при помощи орошений.

$\Delta Q = Q_{прих} - Q_{расх}$

Для установки, производительностью 4 млн т/год и более, принимаем распределение орошений, согласно практическим данным

$Q_{о.о.} = 60$ %

$Q_{1\ цо} = 25\%$

$Q_{2\ цо} = 15\%$

Для установок производительностью до 4 млн.т/год, распределение орошений следующее

$Q_{о.о.} = 40$ %

$Q_{Iцо} = 30\%$

$Q_{IIцо} = 30\%$

Определяем количество тепла, которое должны снять орошения

$\Delta Q = 164498-108262 = 56236$ кВт

Распределяем количество снятого тепла между орошениями в соответствии сих долей

$Q_{о.о.} = 56236 \cdot 0{,}6 = 33742$ кВт

$Q_{1цо} = 56236 \cdot 0{,}25 = 14059$ кВт

$Q_{2цо} = 56236 \cdot 0{,}15 = 8435$ кВт

<u>Количество острого орошения</u>

Количество острого орошения, кг/с,

$G = Q_{о.о.} / (I_{tв.к.}^{п} - I_{to.o.}^{ж})$ (17)

где: $I_{tв.к.}^{п}$- энтальпия паров при температуре верха колонны;

$I_{to.o.}^{ж}$- энтальпия жидкой фракции при температуре ввода острого орошения в колонну.

Температура ввода острого орошения в колонну 40°С.$I_{40}^{ж} = 80{,}56$ кДж/кг·град

$G_{о.о.} = 33742/(627{,}18-80{,}56) = 61{,}73$ кг/с

Количества I и II циркуляционных орошений находятся по приведенной выше формуле. Энтальпии будут браться соответственно при температурах вывода фракций и ввода циркуляционных орошений.

<u>Количество I циркуляционного орошения</u>

В качестве его выводится керосиновая фракция и вводится она же, температура ввода I Ц.О -60^{0}С

$G_{1цо} = Q_{Iцо} / (I^{ж}_{165} - I_{60}^{ж})$

$I_{60}^{ж} = 118{,}49$ кДж/кг* град

$G_{1цо} = 14059 / (355{,}07-118{,}49) = 59{,}44$ кг/с

<u>Количество II циркуляционного орошения</u>

В качестве II Ц.О , выводится легкое дизельное топливо, и оно же вводится при температуре 100 С

$G_{2цо}= Q_{2цо} / (I_{185}^{ж}– I_{100}^{ж})$

$I_{100}^{ж}$ = 200,43кДж/кг·град
$G_{2цо}$= 8434 / (390,17-200,43) =44,46 кг/с

Определение основных размеров колонны

В качестве основных размеров колонны необходимо определить диаметр и высоту основной атмосферной колонны.

<u>Диаметр колонны</u>

Диаметр колонны, м

$$d= 1,128 \cdot \sqrt{\frac{V_{сек}}{U_{доп}}} \qquad (18)$$

где: $V_{сек}$- секундный объём паров в сечении колонны, м/с
$U_{доп}$ - допустимая линейная скорость движения паров , м/с

Ссекундный объём паров в сечении колонны, $м^3/с$

$$V_{сек} = \frac{22,4\ (t+273)}{П \cdot 273} \cdot \sum \frac{G_i}{N_i} \qquad (19)$$

где:G_i/M_i- количество молей нефтепродуктов, которые проходят через данное сечение колонны. Так как расчет атмосферных колонн ведется по самому нагруженному сечению колонны, а это зонаэвопарации, то через него проходят пары бензина, керосина, легкого и тяжелого дизельного топлива и водяные пары которые вводились на отпарку мазута .

t - температура системы ,°С
П- давление системы, атм

$\sum G_i / M_i$= 0,29+0,12+0,06+0,082+0,08=0,632кмоль/кг

Ссекундный объём паров в сечении колонны

$$V_{сек} = \frac{22,4 \cdot (350+273) \cdot 0,632}{1,5 \cdot 273} = 21,54\ м^3/с$$

Допустимая линейная скорость движения паров , м/с

$$U_д = \frac{0,305}{3600} \cdot К \cdot \sqrt{\frac{(\rho_ж - \rho_п)}{\rho_п}} \qquad (20)$$

где: $\rho_ж$ и $\rho_п$ - соответственно абсолютные плотности жидкости и пара, $кг/м^3$.

К- коэффициент, зависящий от расстояния между тарелками. Для атмосферных колонн он определяется по графику рисунок 11

К = 550

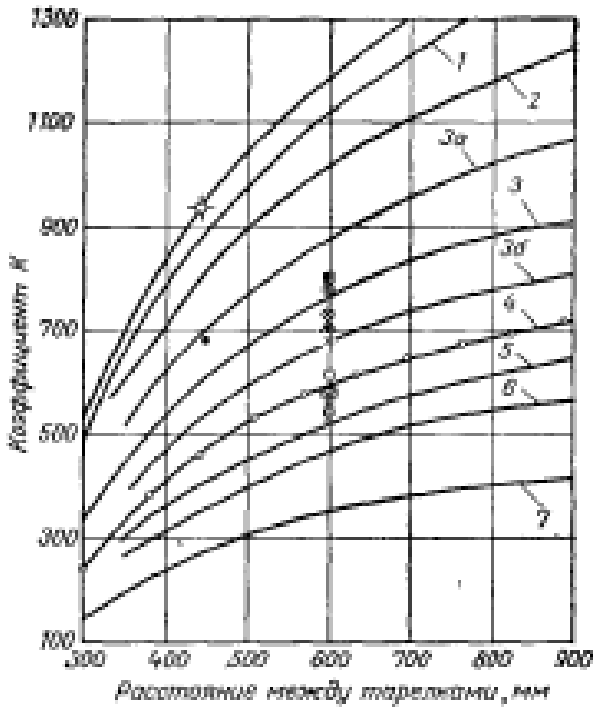


Рисунок 11 – Значение коэффициента К в зависимости от расстояния между тарелками и условий работы.

Для атмосферных колонн кривая 3

Плотность паровой фазы, кг/м^3

$\rho_п = (G_6 + G_K + G_{л.ДТ} + G_{т.ДТ} + G_{в.п.}) / V_{сек}$

где: G_6, $G_{к.}$, $C_{л.дт}$, $G_{т.ДТ}$ — количество паровой фазы в зоне эвопарации бензина, керосина, легкого и тяжелого дизельного топлива соответственно, кг/с $G_{B.n}$. - количество водяных паров в зоне эвопарации

$\rho_п$ = (34,78+20,85+13,90+20,85+1,42)/21,54=4,26 кг/м^3

Плотность жидкой фазы при температуре системы

$p_4^{350} = p_4^{20} - \alpha(t-20)$ (21)

где: α- температурная поправка плотности по таблице 8

Таблица 8 – Температурные поправки нефтей и нефтепродуктов

Пределы плотности	**Температурные поправки на 1°С**	**Пределы плотности**	**Температурные поправки на 1°С**
0,70-0,71	0,000897	0,85-0,86	0,000699
0,71-0,72	0,000884	0,86-0,87	0,000689
0,72-0,73	0,000870	0,87-0,88	0,000673
0,73-0,74	0,000857	0,88-0,89	0,000660
0,74-0,75	0,000844	0,89-0,90	0,000647
0,75-0,76	0,000831	0,90-0,91	0,000633
0,76-0,77	0,000818	0,91-0,92	0,000620
0,77-0,78	0,000805	0,92-0,93	0,000607
0,78-0,79	0,000792	0,93-0,94	0,000594
0,79-0,80	0,000778	0,94-0,95	0,000581
0,80-0,81	0,000765	0,95-0,96	0,000567
0,81-0,82	0,000752	0,96-0,97	0,000554
0,82-0,83	0,000738	0,97-0,98	0,000541
0,83-0,84	0,000725	0,98-0,99	0,000528
0,84-0,85	0,000712	0,99-1,00	0,000515

ρ_4^{350}= 0,830 - 0,000725(350 -20) = 0,591

$\rho_{абс}^{ж} = \rho_4^{350} \cdot 1000 = 0,591 \cdot 1000 = 591$ кг/м^3

Допустимая линейная скорость движения паров

$$U_д = \frac{0,305}{3600} \cdot 550 \cdot \sqrt{\frac{591-4,26}{4,26}} = 0,54 \text{ м/с}$$

В атмосферных колоннах допустимая скорость движения паров должна лежать в пределах 0,46 -0,84 м/с. Полученная скорость укладывается в эти пределы.

$$d = 1,128 \cdot \sqrt{\frac{21,54}{0,54}} = 7,12 \text{ м}$$

Стандартный ряд диаметров 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,4; 7,0; 8,0; 9,0
Согласно стандартного ряда диаметров принимаем диаметр колонны 8,0 м.

<u>Высота колонны</u>
Общая высота колонны, м
$H = \sum h_i$
h_1 - высота от верхнего днища до первой ректификационной тарелки, ее принимаем конструктивно, м
$h_1 = d/2$
$h_1 = 8/2 = 4,0$м
h_2 — высота тарельчатой части колонны, м
$h_2 = a \cdot (n - 1)$,
где: n - число тарелок , в данной колонне n = 42
a - расстояние между тарелками, м , a = 0,5 м

$h_2 = 0,5 \cdot (42 - 1) = 20,5$м
h_3 - высота зоны эвапорации, м. Ее берут из расчета расстояния между четырьмя тарелками
$h_3 = a \cdot 3$
$h_3 = 0,5 \cdot 3 = 1,5$м
h_4 - высота от уровня жидкости внизу колонны до последней тарелки, м
h_4 = 2 м - принимаем из практических данных

h_5- высота низа колонны. Рассчитывается исходя из 5 -10 минутного запаса продукта внизу колонны, необходимого для нормальной работы насоса
$h_5 = V_м / F$,
где: $V_М$ - объём мазута внизу колонны, $м^3$

$V_М = (G_М \cdot 10) / (\rho_м \cdot 60)$,
где: $\rho_м = \rho_4^{345}$ - плотность мазута внизу колонны при температуре 345°С. По формуле 21

$\rho_4^{330} = 0,890 - 0,000647 \cdot (330 - 20) = 0,689$
$p_{абс}^{ж} = \rho_4^{330} \cdot 1000 = 0,689 \cdot 1000 = 689$ кг/$м^3$
$V_М = (71,23 \cdot 3600 \cdot 10) / (651 \cdot 60) = 62,02 м^3$

F- площадь поперечного сечения колонны, $м^2$

$F = \pi \cdot d^2/2 = 0{,}785\ d^2$ (22)

$F = 0{,}785 \cdot 8{,}0^2 = 50{,}24 м^2$
$h_5 = 62{,}02/50{,}24 = 1{,}23$ м

h_6- высота юбки колонны. Принимают равной 2-4 метров. Принимаем 4 м.

Общая высота колонны
H = 4,0+20,5+1,5+2,0+1,23+4,0 =33,23м

Принимаем высоту колонны 33,23 метра.

Гидравлический расчет тарелок

Принимаем тарелки s-образные. Параметры S - образных тарелок приведены в таблице 9

Таблица 9 - Параметры тарелок с S-образными элементами

$d_т$, мм	$L_{сл}$**, мм	$S_{раб}$, мм	$S_{св}$**, %	Число паровых патрубков	Масса***, кг
1000*	700	74,4	10,7	5	—
1600	2200/1160	53,0/78,5	8,2/11,2	6/8	354
2000	2840/1470	57,0/74,8	8,6/11,2	8/10	484
3000	4050/2240	66,0/75,3	10,0/11,4	14/15	920
4000	5850/2900	65,8/78,9	10,0/11,9	18/21	1432
5000	6400	74,5	11,2	26	2633
6000	8200	73,0	11,0	30	3457
7000	9600	75,1	11,4	36	4418
8000	11200	73,0	11,3	40	5396

Условия нормальной работы тарелки и размеры сливного стакана
Рабочая площадь тарелки, по которой поднимаются пары

$$S_1 = \frac{G'_п}{3600 \cdot U_{доп}} \quad (23)$$

где $G'_п$- объёмный расход паров, $м^3/ч$
$U_{доп}$ – допустимая линейная скорость паров, м/с, по формуле20
$U_{доп} = 0{,}58$ м/с

$S_1 = 21{,}54/0{,}54 = 39{,}89\ м^2$

Допустимая скорость жидкости, м/с

$$U_{доп} = 0{,}008 \cdot К_с \cdot \sqrt{Н_т \cdot (\rho_ж - \rho_п)} \quad (24)$$

где $H_т$ – расстояние междутарелками, м

K_c – коэффициент учитывающий склонность системы к пенообразованию.

Коэффициент Кс для различных систем равен:
Без вспенивания 1,0
С умеренным вспениванием (в масляных абсорберах) 0,85
Со значительным вспениванием (в гликолевых колоннах) 0,73
С интенсивным вспениванием (в колоннах с применением метилэтилкетона) 0,60
Система не склонна к вспениванию, коэффициент Кс = 1,0

$U_{доп}$=0,008· $1 \cdot \sqrt{0{,}5 \cdot (676 - 4{,}26)} = 0{,}14$ м/с.

$U_{доп}$ не должна превышать 21 см/с или 0,21 м/с, 0,14< 0,21, условие выполняется.

Тогда минимальная площадь одного сливного стакана,$м^2$

$$S_2=\frac{G'_ж}{3600 \cdot U_{доп}} \qquad (25)$$

где $G'_ж$ - нагрузка по жидкости в расчетном сечении, $м^3$/ч. Нагрузка по жидкости составит $G'_ж$ =$G_м/\rho_м$; $G'_ж$= 71,23/676 = 0,105 $м^3$/с = 379 $м^3$/ч

ρ_4^{350}= 0,890 -0,000647·(350 -20) = 0,676
$p_{абс}^{ж} = \rho_4^{330} \cdot 1000 = 0{,}676 \cdot 1000 = 676$ кг/$м^3$

S_2=0,105/0,14=0,75$м^2$

Минимальная площадь, занятая сливом должна составлять
$M=2S_2$,
M = 2·0,75= 1,5 $м^2$
минимальная общая площадь тарелки, $м^2$
$S=S_1 + M$
S=39,89+1,5=41,39 $м^2$

Минимально допустимый диаметр тарелки, м
$D_т = 1{,}128 \cdot \sqrt{S}$
$D_т$=1,128·$\sqrt{41{,}39}$ =7,256 м.

Принимаем диаметр тарелки 8 м, что соответствует диаметру колонны.

<u>Диапазон стабильной работы</u>
Расход жидкости на 1 м сливной планки
$П= 0{,}705 \cdot D_т$ (26)
П = 0,705·8,0 =5,64 м

Расход жидкости на единицу длины сливной перегородки, $м^3$/(м·ч)
$G_{с.п}$ =$G'_ж$/П
$G_{с.п.}$=379/5,64 = 67,2$м^3$/(м·ч)

Для нормальной работы тарелки расход жидкости на единицу длины сливной перегородки не должен превышать 65 $м^3/(м·ч)$, но если выполняются другие условия для нормальной работы тарелки, то расход жидкости на единицу длины сливной перегородки, $м^3/(м·ч)$ может быть немного больше.

По нормали таблица 8 число паровых патрубков N=40, тогда
$G_{с.п.}/N=67,2/40=1,68$

Минимальная скорость пара в паровых патрубках, м/с, по формуле 11
где $К_{мин}=410$,

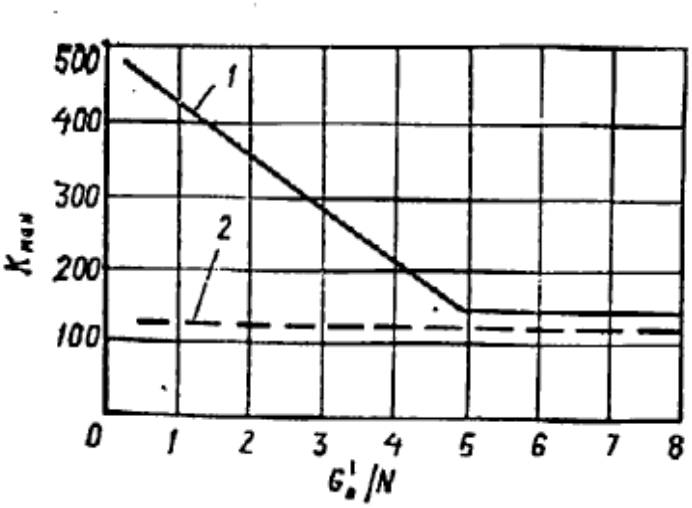


Рисунок 12. График для определения $К_{мин}$ для тарелок с S-образными элементами:
I — при вступлении в работу;
2 — при снижении нагрузки по пару

$$U_{мин}=\frac{0,305}{3600}\cdot 410\cdot\sqrt{\frac{676-4,26}{4,26}}=0,41\ м/с$$

Допустимая скорость паров $U_{доп}$ больше минимальной $U_{мин}$ т.е 0,54>0,41, условие выполняется

Гидравлическое сопротивление тарелки

Для выбранных S- образных тарелок диаметром 8 м, сечение паровых патрубков согласно нормали таблица 8 составляет 11,3, b= 0,113

$$S_c^1=\frac{\pi\cdot D_т}{N}\cdot b \qquad (27)$$

где N – число потоков на тарелке, N=1

$S_c^1=3,14\cdot 8\cdot 0,113=2,84м^2$.

Скорость в паровых патрубках, м/с

$$U_0=\frac{G_п'}{3600\cdot S_c^1} \qquad (28)$$

$U_0=21,54/2,84=7,58$ м/с.

Потеря напора при преодолении местного сопротивления на сухой тарелке

$$\Delta P_c=10^3\cdot\zeta\cdot\frac{u^2\cdot\rho_п}{2\cdot g\cdot\rho_ж} \qquad (29)$$

где u – скорость паров в наиболее узком сечении, м/с, для тарелок с S- образными элементами это скорость в паровых патрубках,
u – 8,01 м/с(по формуле 19)
ζ- сумма коэффициентов местных сопротивлений тарелки, для тарелок с S-образными элементами ζ= 4,1

$$\Delta P_c=10^3\cdot 4,1\cdot\frac{7,58^2\cdot 4,26}{2\cdot 9,81\cdot 676}=86,63мм.ст.жидк.$$

Высота подпора жидкости над сливной перегородкой, м

$\Delta h = 0{,}0028 + K\cdot(\frac{G'}{П})^{2/3}$ (30)

где G' - объём перетекающей по тарелке жидкости, $м^3/ч$

К – коэффициент, определяется графически рисунок 15

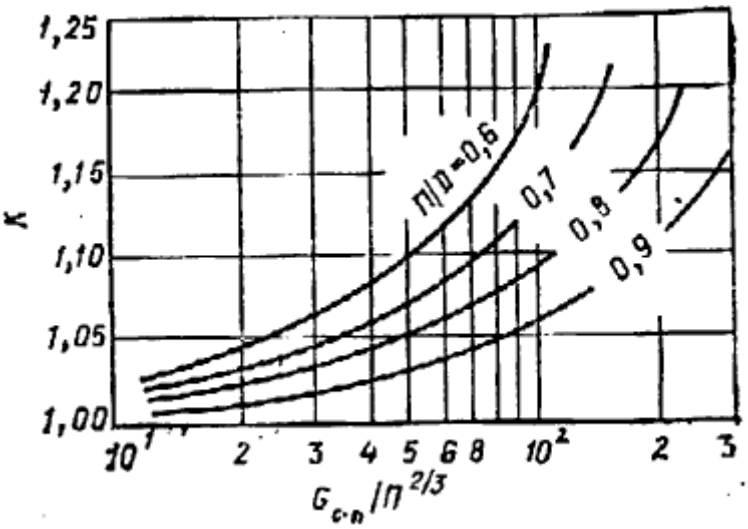


Рисунок 13. График для определения высоты подпора жидкости над сливом

Для его определения вначале определим параметры

$G_{с.п.} / П^{2/3} = 67{,}2/5{,}64^{2/3} = 21{,}2$

$П/D = 5{,}64/8 = 0{,}705$

В соответствии с графиком(рисунок 13) К = 1,03

$\Delta h = 0{,}0028 + 1{,}03\cdot\sqrt[3]{(67{,}2/5{,}64)^2} = 5{,}37$ мм.ст.жидк

Сопротивление слоя жидкости, мм.ст. жидк.

$\Delta P_ж = (h_{погр} + \Delta h + 0{,}02(u_0\cdot\sqrt{\rho_п})^{2,4}$ (31)

где $h_{погр}$-высота статического затвора, для атмосферной колонны

$h_{погр}$= 15-30 мм, принимаем $h_{погр}$=27мм

$\Delta P_ж = 27 + 5{,}34 + 0{,}2\cdot(7{,}58\cdot\sqrt{4{,}26})^{2,4} = 33{,}14$мм.ст.

Гидравлическое сопротивление, мм.ст. жидк

$\Delta P = \Delta P_ж + \Delta P_с$ (32)

$\Delta P = 33{,}14 + 86{,}63 = 119{,}77$мм.ст.жидк.

<u>Проверяем работу сливного устройства</u>

$\Delta h_ж = 200\cdot(\frac{G_{с.п}}{3600*a})^2$ (33)

где а –коэффициент, определяемый по нормали а = 0,06 м.

$\Delta h_ж = 200\ (67{,}2/\ (3600\cdot 0{,}06)^2) = 19{,}34$мм.ст.

Сопротивление перетоку жидкости должно быть меньше 25 мм.

19,34 < 25мм. Условие выполняется.

По нормам высота сливной перегородки $h_п$=80 мм.

Эквивалентный уровень светлой жидкости в переливном устройстве, мм.ст. жидк.

$h' = h_п + \Delta h + \Delta P + \Delta h_ж$ (34)

для S-образных тарелок градиентом уровня жидкости можно пренебречь
$h' = 80+5,37+119,77+19,34=224,48$мм.ст.жидк.

Высота слоя вспененной жидкости, мм
$H'=K_п \cdot h'$ (35)
где $K_п$ – коэффициент запаса высоты переливного устройства. Для жидкостей слабопенящихся$K_п$ =1,25-1,5принимаем $K_п$=1,50

$H' = 224,48 \cdot 1,5 = 336,72$мм

Высота вспененной жидкости в стакане не должна подниматься выше уровня сливной перегородки, т.е. должно соблюдаться неравенство
$H' < H_т + h_п$
336,72<500+80 мм
Условие выполняется, тарелка работает нормально, следовательно, расход жидкости на единицу длины сливной перегородки 67,2м^3/(м·ч) считается допустимым.

Вывод:
Основная атмосферная колонна имеет диаметр 8,00 м, высота колонны33,23 метра.
Температуры отбора фракций: 90-180-147°С; 180-230- 165 °С;
230-280- 185 °С; 280-350-223 °С.
Температура низа колонны 330°С, температура ввода сырья в
колонну – 350 °С.
Для отпарки легких углеводородных фракций в колонну подаётся водяной пар с температурой 350^{0}С и давлением 0,3 МПа, в количестве 2,0 % на отпариваемую фракцию.
В колонне работают три орошения – острое и два циркуляционных.
Расход орошений: острого – 61,73 кг/с; 1^{ого}циркуляционного – 59,44 кг/с;
2ого циркуляционного – 44,46 кг/с.
Тарелки из S- образных элементов. Количество тарелок 42. .Гидравлический расчет показал, что тарелки работают в устойчивом режиме.
Колонна работает в устойчивом режиме и справляется со своей нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Москва Химия 1971;
2. Багиров И. Т. Современные установки первичной переработки нефти. Москва.Химия 1974;
3. Глаголева О.Ф., Капустин В.М. Технология переработки нефти. Часть первая. Первичная переработка нефти. Москва Химия-КолосС. 2005;
4. Коротков П.И. Первичная переработка нефти на высокопроизво-дительных атмосферно-вакуумных установках. Москва. Химия 1975;
5. Кузнецов А.Н., Кагерманов СЛ., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Л.: Химия, 1974;
6. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Москва, Химия, 2001;.
7. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазо-переработки. М.: Химия, 1987.
8. РудинМ.Г., ДрабкинА.Е. Краткий справочник нефтепереработки. М.: Химия, 1980
9. Сарданашвили А.Г., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа, М., Химия, 1973
10. Скобло А. И., Трегубова И. А., Молоканов Ю. К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: Химия, 1982;
11. Справочник нефтепереработчика Под ред. Ластовкина Г.А., Радченко Е.Д., Рудина М.Г. Л.: Химия, 986.
12. Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки /Справочник. М.: Химия, 1975;
13. Танатаров М.А. Технологические расчеты установок переработки нефти Москва. Химия. 1987;
14. Танатаров М.А., Кондратьев И.И. и др. Проектирование установок первичной переработки нефти. Москва. Химия 1975;