

А  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
И СТРОИТЕЛЬСТВУ КОКСО-ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК  
„К О К С О С Т Р О Й“

К. Ш. РОБИНЗОН

634.986  
Р. 58  
29

# ОСНОВНЫЕ НАЧАЛА ДРОБНОЙ ПЕРЕГОНКИ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО  
ИНЖЕНЕРА  
П. И. КОТЛЯРОВА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ  
ПРОФ.  
И. А. КРАСУСКОГО

39859

48  
ГОД.

ХАРЬКОВ  
1930

А

630.863 4

Р-581

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Главы.	Стран.
Введение. Что такое „дробная перегонка“ . . . . .	1
I. Правило фаз . . . . .	2
Определение фаз. Типы фаз. Кривая точек кипения смеси бензол-толуол. Определение понятия компонент. Определение переменных (вариантов). Степень свободы. Система: вода. Система: вода и соль.	
II. Однокомпонентные системы . . . . .	4
Кривые давления пара. Изменение температуры при постоянном давлении. Неустойчивое состояние	
III. Двухкомпонентные системы . . . . .	6
Пространственная модель двухкомпонентных систем. Частично смешивающиеся жидкости. Фенол и вода. Полное смешивание. Состав жидкости. Кривые температур и состава. Равновесие при дробной перегонке. Общие методы фракционирования. Последовательная дистилляция. Многократная дистилляция. Непрерывная дробная перегонка. Фракционная колонна. Дробная конденсация. Классы бинарных смесей. Максимальная точка кипения. Минимальная точка кипения.	
IV. Более сложные системы . . . . .	14
Трехкомпонентные системы. Система: эфир-алкоголь-вода. Тройные смеси с постоянной температурой кипения. Частично смешивающиеся компоненты.	
V. Газовые законы . . . . .	18
Закон Бойля. Закон Гей-Люссака. Абсолютный нуль. Уравнение совершенного газа. Молекулярный объем. Точность газовых законов. Закон Дальтона. Состав воздуха. Вычисление весового процента. Вычисление молекулярного процента.	
VI. Растворы . . . . .	21
Уравнение Клапейрона. Приближение уравнения Клапейрона. Бензол. Эмпирическое уравнение давления пара. Закон Рауля. Давление пара сахарного раствора. Пределы закона Рауля. Закон Генри. Парциальное давление аммиака над водным раствором. Химические соединения. Пределы закона Генри. Эмпирические уравнения.	
VII. Концентрированные растворы . . . . .	26
Кривые давления пара для смеси бензол-толуол. Дистилляция смеси бензол-толуол. Правило фаз имеет только качественное значение. Кривая состава пара. Расчеты дистилляции. Вычисление кривой точки кипения по формуле Клапейрона.	
VIII. Простая дистилляция . . . . .	32
Уравнение дистилляции. Уксусная кислота — вода.	
IX. Фракционирование . . . . .	35
Анализ Лунса. Термический коэффициент полезного действия. Изоляция колонны.	
X. Степень фракционирования . . . . .	38
Метод Лунса. Иллюстрация метода Лунса. Аппаратура непрерывного действия. Аппаратура периодического действия.	
XI. Периодическая дистилляция . . . . .	47
Преимущества перемежающейся перегонки. Куб. Колонна. Колонна с насадкой. Кольца Рашига. Падение давления в колоннах. Тарельча-	

Главы.	Стран.
тые колонны. Ситчатые тарелки. Тарелки с колпачками. Переливные трубы. Коэффициент полезного действия колонн. Максимум скорости. Конденсатор. Множественные конденсаторы. Проблемы работы конденсаторов. Воздух в конденсаторах.	
XII. Конструкция периодической аппаратуры. . . . .	58
Разгонка „легкого каменноугольного масла“. Производительность. Размеры куба. Поверхность нагрева куба. Методы работы. Чистка куба. Скорость нагрева загрузки. Способ дистилляции. Фракция сероуглерода. Общее количество флегмы. Режим работы. Изоляция. Скорость теплопередачи. Влияние длины и диаметра парового змеевика на коэффициент теплопередачи в кипящей воде. Размер змеевика в кубе. Разность температур. Арматура.	
XIII. Фракционная колонна . . . . .	66
Величина колпачков. Падение давления в колонне. Контакт между паром и жидкостью. Переливная труба. Расстояние между тарелками. Число тарелок. Диаметр колонны. Высота колонны. Паровые трубы.	
XIV. Конденсатор . . . . .	71
Факторы, влияющие на конструкцию конденсатора. Теплота, удаляемая в конденсаторе. Теплота, удаляемая при охлаждении дистиллята. Неконденсирующиеся газы. Температура пара. Температура выходящего газа. Охлаждающая вода. Скорость пара. Скорость охлаждающей воды. Коэффициент теплопередачи. Коэффициент пленки со стороны воды. Удаление неконденсирующихся газов. Свойства пара. Свойства охлаждающей воды. Логарифмическая средняя разность температур. Поверхность конденсации. Поверхность охлаждения.	
XV. Арматура . . . . .	79
Клапаны с указателями. Анализаторы или переливные коробки. Местоположение регулирующих аппаратов. Специальные конструкции.	
XVI. Непрерывная дистилляция . . . . .	81
Условия для непрерывной дистилляции. Постоянная скорость питания. Непрерывное снабжение паром. Непрерывная подача воды. Результаты непрерывной дистилляции. Главные части установки непрерывного действия. Подогревание загрузки. Фракционная колонна. Конденсатор. Прямой пар. Испарительная колонна. Конструкция ректификационной колонны. Диаграмма непрерывно действующей установки. Установка для трехкомпонентной смеси. Безводные растворы. Многокомпонентные системы. Арматура. Контроль подачи загрузки. Анализаторы. Анализатор для отработанной жидкости. Преимущества и недостатки непрерывной дистилляции.	
XVII. Аммиак . . . . .	92
Источники примесей аммиака. Схема непрерывной аммиачной установки. Удаление сероводорода и углекислоты. Обработка известью. Удаление масел. Скрубберы. Удаление воды.	
XVIII. Насыщенное бензолом моечное масло . . . . .	96
Получение легкого масла. Кривая точек кипения смеси бензола и масла. Диаграмма температура-состав. Установка для обработки масла под вакуумом. Расход пара в вакуумной установке.	
XIX. Метиловый спирт . . . . .	101
Примеси древесного спирта. Постоянно кипящая смесь метилового спирта и ацетона. Метил-ацетон. Схема установки.	
XX. Винный спирт . . . . .	104
Источники получения этилового спирта. Спиртовая колонна Сырой спирт. Нейтрализация. Периодические установки. Состав фракций. Непрерывная установка.	
Приложения . . . . .	113
Указатель . . . . .	173
Опечатки . . . . .	177

## ВВЕДЕНИЕ.

### Что такое „Дробная перегонка“.

Выражением „дробная перегонка“ обозначают процесс разделения на составные части смеси из двух или более летучих веществ, проведенный возможно полно при помощи соответствующего применения тепла, заставляя смесь испаряться, конденсируя затем образующиеся пары и отбирая фракции, кипящие при разных температурах; последние снова подвергают испарению, разделяя их пары на однородные фракции, и соединяя вместе погоны, кипящие при одинаковых температурах. Это повторяют до тех пор, пока будет достигнута желаемая степень разделения.

*Цель книги.* С таким процессом приходится иногда встречаться в химических лабораториях; однако это очень кропотливая и длительная операция, которая представляет главную ценность в качестве задачи для студента, имеющей целью ознакомление его с характерными особенностями летучих веществ. Дробную перегонку возможно выполнить при помощи определенных механических приспособлений, которые значительно сокращают этот труд и время и позволяют проводить разгонку не только одинаковую с той, какая получается при этом более хлопотливом процессе, но и значительно превосходящую ее по качеству и чистоте продукта. Цель этой книги указать, как наиболее выгодно использовать указанные приспособления при решении задач дистилляции.

*Происхождение дробной перегонки.* Как вообще вся старинная промышленность, дробная перегонка является искусством, зародившимся в прошлые века, и которое, подобно всем искусствам, развивалось по мере накопления эмпирических знаний. Вероятно, его рост шел вместе с развитием дистилляции спиртных напитков, и до сих пор для обывателя понятие „перегонный куб“ ассоциируется с ромом, водкой и другими напитками, получающимися путем перегонки. Фракции, которая была крупным производителем водки, принадлежит честь развития современных фракционных аппаратов.

*Физическая химия и дробная перегонка.* Дробная перегонка прошла через те же затруднения, которыми сопровождалось зарождение и других искусств индустриального характера. Эмпирические знания способны довести промышленность до определенного уровня, на котором и останавливаются дальнейшие успехи ее. В таких случаях

на помощь искусству приходит наука, способствующая дальнейшему его усовершенствованию.

Наукой, поднявшей дробную перегонку от степени искусства до уровня научного знания, является физическая химия. С ее помощью изучение задач фракционировки становится относительно простым делом, в виду чего физическая химия и положена в основу предмета, разбираемого в этой книге.

## ГЛАВА I.

### ПРАВИЛО ФАЗ.

Существует закон термодинамики, известный под именем правила фаз, на основании которого можно точно предсказать условия, при каких могут существовать все равновесные системы. Этот закон вначале был формулирован Гиббсом и с тех пор был применен к большому числу равновесных систем. Правило настолько просто и применение его дает такую возможность проникновения в сущность условий, при которых система может находиться в равновесии, что изучение дробной перегонки в освещении этого закона имеет очень большие преимущества.

**Определение фаз.** Все системы рассматриваются, как состоящие из одной или нескольких частей, каждая из которых отделяется от других определенными физическими границами. Например, в системе, состоящей из льда, воды и водяного пара, имеется резкая физическая граница между льдом и водою, резкая граница между льдом и водяным паром, а также между жидкостью и паром. О такой системе говорят, что она состоит из трех частей или фаз. Лед может быть раздроблен на множество мелких кусков, разделенных друг от друга жидкостью, тем не менее будет существовать только одна твердая фаза. С другой стороны, если очень медленно охладить кусок железа, содержащего 0,85 процентов углерода, отполировать его поверхность, протравить и исследовать под микроскопом, то поверхность металла окажется состоящей из параллельных темных и светлых линий. Светлые линии представляют соединение железа с углеродом, так называемый цементит, а темные — чистое железо. Поэтому говорят, что этот гомогенный для невооруженного глаза металл, состоит из двух твердых фаз.

**Типы фаз.** Однако фаза, будучи физически гомогенной, может состоять из многих разнородных веществ. Водный раствор смеси соли и сахара представляет только одну фазу, хотя здесь имеются три различных вещества. Но если к воде прибавить избыток соли и сахара, чтоб раствор уже не мог растворить его, и часть соли и сахара осталась бы не растворенной, то система имела бы четыре фазы: твердая соль, твердый сахар, раствор и водяной пар над рас-

твором. Точно также существующий в системе пар всегда рассматривается как одна фаза, так как никакие физические средства не дают возможности различить в нем отдельных компонентов.

**Правило фаз имеет только качественное значение.** Очевидно, что число фаз в системе не зависит от относительных количеств соответствующих фаз, и потому, при рассмотрении условий равновесия, правило фаз не затрагивает количественных отношений между фазами.

**Определение понятия компонент.** Система может состоять из одного или нескольких чистых компонентов, и максимальное число фаз, могущих существовать в равновесной системе, зависит от числа компонентов. Поэтому важно установить, что такое компонент. Компонентами системы называют малейшие количества химически чистых веществ, из которых возможно построить полную систему. Например, система лед, вода и водяной пар состоит из одного компонента чистого вещества  $H_2O$ , хотя можно построить систему из двух элементов: водорода и кислорода. Точно также система — твердая соль, твердый сахар, насыщенный раствор и пар состоит из трех компонентов: соль, сахар и вода.

**Определение переменных (вариантов).** Условия, при которых система может находиться в равновесии по отношению к различным ее фазам, подвергаются известным изменениям. Система может находиться при разных температурах; может варьировать давление в системе; может изменяться концентрация растворов и паров; возможны изменения удельного веса и показателя преломления раствора. Однако не все эти изменения могут быть произведены независимо одно от другого, и обычно различают независимые и зависимые варианты или переменные, причем число возможных для данной системы независимых переменных называется степенью свободы ее.

Согласно определению, варианты системы представляют некоторые физические характеристики или условия всей системы или отдельной фазы, независимые от числа фаз, а степень свободы — это число переменных (вариантов), которое можно изменить, не вызывая исчезновения старой фазы или появления новой.

**Степень свободы.** В настоящей книге в качестве переменных мы ограничимся температурой, давлением и концентрацией компонентов; степень же свободы, которую может иметь данная система, представляет то число переменных, которые должны быть произвольно фиксированы, чтобы система стала вполне определенной,

Если обозначить через  $C$  число компонентов системы, через  $V$  — степеней свободы или переменных и через  $P$  — число фаз, то для правила фаз получается следующее соотношение:

$$P + V = C + 2.$$

**Система: Вода.** В системе лед, жидкая вода и водяной пар имеем три фазы и один компонент. Поэтому здесь не может быть степеней