

Глава 3.

От теории к практике.

В главе 2 мы показали вам как дистилляция работает и теперь мы используем наши знания.

Прежде всего, давайте определимся с некоторыми понятиями, чтобы быть уверенными, что мы все говорим на одном языке.

3-1 Периодическая и Непрерывная Дистилляция.

Термины не требуют специального пояснения поскольку они означают именно то, что написано. Непрерывная дистилляция обычно присуща крупным промышленным производствам, будь то нефтеперерабатывающие установки или фабрики джиннов. :)

Процесс продолжается по мере подачи нефти или спиртосодержащего сырья и продукт перегонки непрерывно идет в отбор. Периодическая дистилляция характеризует производства меньшего масштаба.

Небольшие объемы перерабатывают за один раз и именно этот процесс является предметом нашего обсуждения. Промышленное производство виски является интересной помесью этих двух методов: большие объемы перерабатываются по технологии небольших периодических аппаратов. Этому есть причина и ниже мы к ней вернемся.

3-2 Флегма.

Понятие "флегма" часто используется в ошибочной или неверной интерпретации.

Флегма есть ни что иное как пар, сконденсированный внутри аппарата и стекающий обратно в направлении куба. Флегмообразование является важным компонентом большинства процессов дистилляции.

На Рис.3-1 показано образование флегмы в лабораторной реторте, пожалуй, простейшем перегонном аппарате, какой только можно себе представить.

3-3 Флегмовое Число и Величина Отбора

Флегмовое Число - это отношение количества пара, возвращенного в аппарат в виде флегмы к общему количеству полученного пара. Флегмовое число часто выражается в процентах: так, если в кубе получено 100 частей пара и 90 его частей сконденсировано и возвращено в процесс, флегмовое число равно 90%.

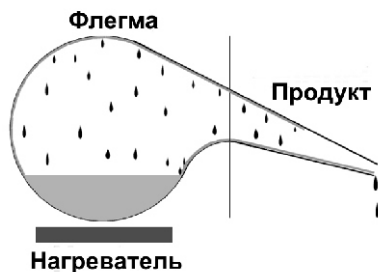


Рисунок 3-1

Работа со 100% флегмы или, что тоже самое, с флегмовым числом 100%, означает, что весь пар сконденсирован и возвращен в аппарат.

Отношение количества (пара), отобранного в виде продукта к общему количеству пара называется Величиной Отбора или “отбором” системы.

Простое правило правильного понимания этих двух терминов:

“Продукт” - выходит из аппарата,

“Флегма” - возвращается в аппарат.

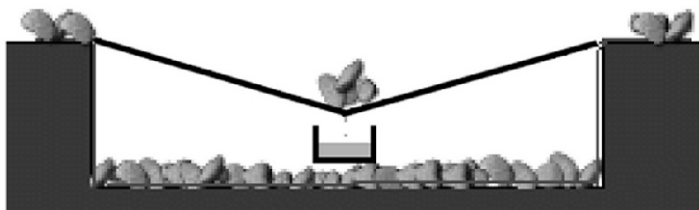
3-4 Дистилляция воды

Простейшей дистилляцией, которая всегда под рукой, является нагревание воды и конденсация пара. Продуктом будет дистиллят, содержащий только воду и больше ничего. Он не будет содержать солей и любых других нелетучих растворенных веществ.

Многие дистиллируют воду дома, используя всевозможные дистилляторы промышленного производства. На гиганских заводах целая индустрия

3 The Compleat Distiller или Наш Человек у Аппарата

производит миллионы галлонов дистиллята из морской воды для орошения полей и в качестве питьевой воды.



Как сконденсировать водяной пар, чтобы выжить в пустыне.

Рисунок 3-2 Дистиллятор для выживания.

В различных источниках часто приводится классический “дистиллятор выживания” как возможность выжить в пустыне, с помощью дистилляции загрязненной воды.

Обсудим эту простейшую и неэффективную схему и посмотрим, каким образом ее можно усовершенствовать.

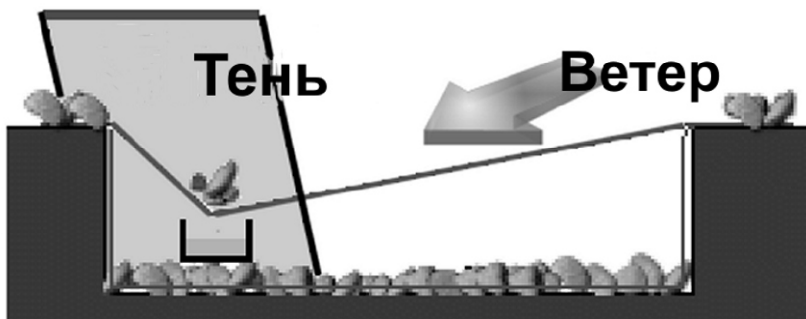
На рис.3-2 представлена схема простого дистиллятора выживания. Это просто лист прозрачного пластика, придавленный камнями по краям и натянутый над ямой. Камни положены в середину листа для создания углубления, под которое подставлен горшок или другая емкость. Грязная вода или влажный материал, например растения помещены в яму вокруг сборной емкости.

Солнечные лучи проходят сквозь прозрачный лист и нагревают камни и жидкость на дне ямы, испаряя грязную воду. Пар конденсируется на листе и стекает с низкой точки в сборную емкость. Будет удачей, набрать таким образом пару глотков дистиллированной воды за день, что недостаточно, чтобы выжить в жаркой пустыне.

Это очень низкая производительность, особенно учитывая значительную энергию солнечной радиации в пустынных областях. Чем же плоха эта конструкция?

На самом деле недостаток очень простой. Испаряется большое количество воды, но конденсатором является лист пластика, расположенный на солнце!

Охлаждение возможно лишь ветром, который может дуть, а может нет. Неудивительно, что только малое количество пара попадает в приемник и основное количество горячего пара ускользает.



Усовершенствованное перегонное устройство для выживания.

Рисунок 3-3 Усовершенствованный дистиллятор выживания.

Простое усовершенствование, показанное на рис.3-3, заключается в разделении зон нагрева и охлаждения. Одним из способов будет сместить камни из центра листа к краю. Затем затенить тот край, где камни. Конденсатор все еще будет горячим, но намного прохладнее, чем если бы он находился под прямым солнечным светом, который теперь падает на сторону нагревателя. Чем больше или плотнее затенение, тем холоднее будет конденсатор.

Если есть запас грязной воды (напрягите воображение, откуда его взять!) можно сделать процесс даже более эффективным путем помещения тонкого влажного слоя почвы наверх зоны “конденсатора”. Испарение этой воды поможет охлаждению листа конденсатора и получению большего количества питьевой воды внутри. Это только один из способов усовершенствования дистиллятора выживания.

Есть много других гениальных путей, и вы могли бы некоторое время поразмышлять как сделать его еще более эффективным (попробуйте лист металла, положенный под камни на чашкой). Это время не будет потрачено напрасно, поскольку закрепит принципы дистилляции в вашем мозгу. Даже очень простые системы могут быть усовершенствованы, если вы понимаете суть процесса и не боитесь экспериментировать.

3-5 Перегонные кубы (бойлеры).

Каждый работающий перегонный аппарат нуждается в кубе (котле, бойлере) и все кубы имеют одни и те же базовые требования: герметичный контейнер с возможностью нагрева содержимого и штуцер выхода пара. Кубы с успехом можно сделать из кухонных кастрюль, скороварок, домашних водонагревателей и широкого спектра других устройств.

Самые ранние (древние) перегонные аппараты, которые были просто горшками или котелками с плотно прилегающими крышками, называются Алембиками.

Алембик оборудовался носиком, который направлял пар в сторону для конденсации и сбора продукта. Это был настолько эффективный дизайн, что он используется до сих пор в многих лабораториях. Рисунок современной реторты был показан выше для иллюстрации флегмообразования. Сходства старых аламбиков и современных реторт - очевидны.



Рисунок 3-4

Размер куба не имеет принципиального значения, за исключением времени, необходимого для доведения содержимого до кипения, однако важен контроль за нагревом. Мы обсудим детали ниже. Хорошо изолированный куб является более эффективным и легким в управлении.

Размер куба не имеет принципиального значения, за исключением времени, необходимого для доведения содержимого до кипения, однако важен контроль за нагревом. Мы обсудим детали ниже. Хорошо изолированный куб является более эффективным и легким в управлении.

В общем плане кубы можно подразделить на кубы с прямым и непрямым (косвенным, вынесенным) нагревом.

3-6**Прямой нагрев.**

Прямой нагрев характеризуется наличием конфорки (плиты) или нагревательного элемента в непосредственной близости к кубу или даже внутри него. Три обычных схемы прямого нагрева это электроплита, встроенный элемент и погруженный элемент.

3-6-1 Конфорка (плита).

Конфорка является внешним прибором для нагрева кастрюли или чайника. (Мы бы включили кухонную плиту в определение конфорки). Конфорки могут быть газовые и электрические. Доступно много разных моделей, все зависит от цены, которую вы платите.



Рисунок 3-5

3-6-2 Встроенный Элемент.

Встроенный элемент вмонтирован рядом с дном куба и таким образом скрыт от взгляда. Дно куба часто делается массивным и функционирует как встроенный рассеиватель тепла. Такие элементы обычны в электротоварах, таких как кофеварки, чайники и сковородки, где они работают очень эффективно.



Рисунок 3-6

Поскольку элемент не погружен в жидкость, достаточно легко выполнить электрозащиту от перегрева на случай пустого куба.

3-6-3 Погружной Элемент.

Погружной элемент (ТЭН) вмонтирован в бойлер через его стенку и находится в прямом контакте с жидкостью. Электрические водонагреватели используют погружные элементы. Если мощность элемента превышает необходимую, требуется прямой и сложный контроль мощности, чтобы избежать слишком



Рисунок 3-7

интенсивного кипения. Термостат НЕ удовлетворяет этим требованиям. (Термостаты хорошо работают в водоподогревателях, поскольку там нет кипения).

3-6-4 **Непрямой (косвенный, вынесенный) нагрев.**

При косвенном нагреве тепло вырабатывается отдельно и передается к бойлеру способом, обеспечивающим хороший контроль. Часто сами законы физики контролируют температуру и теплопередачу (например нельзя поднять температуру выше 100С при нагреве водой. Это препятствует подгоранию и особенно удобно в случае растительных или густых бражек, которые могут разрушаться при более высоких температурах. Двумя основными инструментами косвенного нагрева являются рубашки и змеевики.

3-6-5 **“Баня” или Рубашка.**

Здесь бойлер (куб) находится внутри другой емкости, в которой находится нагретая жидкость или пар. Конструкция может включать две отдельных емкости (по типу двойного бойлера) либо емкость с кожухом или каналом, жестко смонтированным на обечайке бойлера. Рубашка может подогреваться непосредственно (как в двойном бойлере) или питаться горячей жидкостью или паром от отдельного бойлера. Греющие рубашки весьма распространены в промышленности.

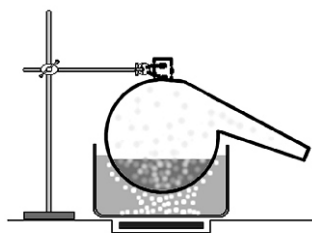


Рисунок 3-8

3-6-6 **Непрямой нагрев.**

Трубчатая спираль (змеевик) помещается внутри бойлера и находится в непосредственном контакте с жидкостью. Горячая жидкость или пар движется по змеевику, нагревая содержимое бойлера. Такая конструкция требует отдельный источник тепла и так же является распространенной в про-

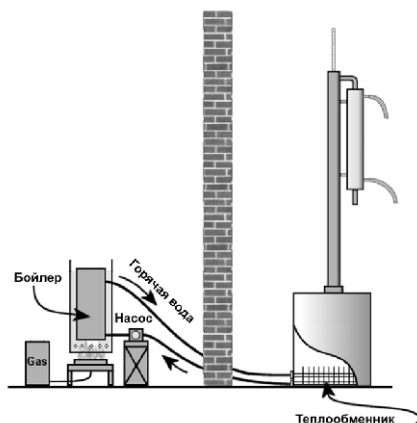


Рисунок 3-9

мышленности. Она является эквивалентом погруженного элемента, с той разницей, что теплопередача и максимальная температура содержимого бойлера поддерживается на более низком уровне.

3-7 Взаимозависимость Бойлера и Конденсатора (холодильника).

Бойлер не должен производить больше пара, чем конденсатор может сконденсировать. В перегонном аппарате все полученное тепло должно быть утилизировано. Часть уйдет на потери, если система нетеплоизолирована, но давайте предположим, что у нас идеальная теплоизоляция и все тепло, полученное в кубе, должно быть утилизировано конденсатором. Это значит, что мы должны знать как привести мощность холодильника в соответствие с мощностью нагревательного элемента.

Предположим, что мощность нашего нагревательного элемента 1квт (1000ватт). Заглянув в Приложение1 или в справочник вы найдете, что 1ватт мощности выдает 0,2388 калории в секунду, 14,3 калории в минуту или 860 калорий в час.

Поскольку 1 калория повышает температуру 1 грамма воды на 1°C, 1квт тепла будет повышать температуру 1 литра воды на 14,3 C (25,7 F) в минуту.

Теперь мы можем постулировать главное правило, связывающее мощность нагревателя с параметрами “идеального” холодильника: 1квт мощности бойлера поднимает температуру охлаждающей воды, подаваемой с расходом 1л/мин, на 14°C (26°F).

До тех пор пока охлаждающая вода не закипит, температура не имеет значения. Охлаждающая вода с начальной температурой 20C будет выходить с температурой 34C. Если на входе она при 100F, то на выходе - 126F.

Если удвоить мощность нагревательного элемента, можно либо удвоить расход охлаждающей воды либо согласиться с ростом ее температуры на выходе на 28C (50F). Выбор - ваш, вопрос лишь в том, как вы хотите вести процесс.

На практике вы должны изготовить конденсатор чуть большей мощности, чем требует мощность нагревательного элемента. Если у вас небольшой конденсатор, вы должны пользоваться маломощным нагревательным элементом, в то время как большой эффективный конденсатор позволит вам иметь ввиду и более мощный нагревательный элемент.

Это главное правило применимо к простому перегонному аппарату, однако более продвинутые конструкции ограничивают типы конденсаторов и количество утилизируемого тепла. В следующем разделе рассмотрены различные типы этих конструкций и представлен ряд решений, которые необходимо принять при их разработке.

От выбора мощности бойлера так же зависит производительность по дистилляту. Проверим эти взаимоотношения.

Для испарения 1 грамма воды требуется 540 калорий тепла. Это СКРЫТАЯ ТЕПЛОТА ПАРООБРАЗОВАНИЯ (LHV) воды. Каждый ватт тепла несет в себе 14,3 кал/мин, следовательно 1квт тепла дает 14.300 кал/мин или 860.000 кал/час. Разделив эти цифры на 540 кал/гр получим, что 1квт нагревателя произведет 1600 г дистиллированной воды в час или около 30мл в минуту, поскольку плотность воды 1г/мл.

Скрытая теплота парообразования этанола 204 кал/гр, следовательно тот же 1квт нагревателя произведет $860.000/204=4216$ гр пара этанола в час или около 70гр/мин. Плотность этанола 0,791 гр/мл, что означает производительность по этанолу 5.3л/час или 89мл/мин.

При перегонке раствора вода-этанол, можно ожидать выход дистиллята в пределах 30-89мл/мин на каждый 1квт нагревателя в зависимости от смеси в бойлере и возможностях аппарата концентрировать этанол.

3-8

Конденсаторы.

Задача конденсатора - отнять тепло у пара и таким образом сконденсировать его в жидкость. Всего лишь. Или не настолько просто?

Подвести тепло к чему либо может быть простым, как чиркнуть спичкой. Удаление тепла может оказаться значительно более трудным. При обсуждении испарения, мы показали, как много требуется энергии требуется для перевода молекул из жидкой фазы в паровую и наоборот. Когда молекула пере-

ходит из пара в жидкую фазу, таже энергия выделяется и должна куда-то деваться. Это значительная энергия, особенно в случае воды, следовательно любой используемый метод должен быть весьма эффективным, если мы рассчитываем на приемлемые габариты конденсатора.

3-8-1 Факторы, Влияющие на Эффективность Конденсатора.

Поверхность Охлаждения и Разница Температур.

Теплопередача прямо пропорциональна площади поверхности, через которую передается тепло, и разнице температур охлаждающего агента и охлаждаемого вещества. Удваивая поверхность вы удваиваете теплопередачу. Удваивая перепад температур, вы удваиваете теплопередачу. Главным требованием к конструкции конденсатора является максимально возможная поверхность теплопередачи.

Тепловое Сопротивление и Толщина.

Тип материала для изготовления конденсатора является очень важным фактором.

В большинстве справочников имеются данные по “теплопроводности” материалов, но нам кажется более простым и удобным использование понятия “теплового сопротивления”. И цифры более понятны, и представление насколько сильно материал препятствует прохождению через него тепла может способствовать лучшему пониманию сути при конструировании конденсатора. Поскольку используемые материалы создают барьеры между охлаждающим агентом и конденсируемым паром, полезно знать, насколько высоки эти барьеры.

В приведенной ниже таблице, меди (которая является превосходным проводником тепла) присвоено условное тепловое сопротивление, равное 1.

В 3 раза труднее теплу пройти через бронзу, в 490 раз - через стекло и в 13.000 раз - через воздух. Воздух является великолепным теплоизолятором. В таблице приведено сравнение материалов одинаковой толщины. При уменьшении толщины вдвое теплопередача возрастает вдвое. При увеличении толщины вдвое теплопередача падает вдвое.

Таблица 3-1 Относительное тепловое сопротивление различных материалов

Материал	Относительное тепловое сопротивление (медь =1)
Воздух	13000
Пробковое дерево	7800
Жидкий этанол	2354
Древесина (сухая, в среднем)	2000
Вода	716
Стекло	490
Пластик (фторопласт, полипропилен)	200
Нержавеющая сталь	от 16 до 27
Бронза (латунь)	3
Алюминий	1

Если бы теплопередача была единственным критерием, очевидно медь была бы лучшим материалом. Однако почему лабораторные холодильники делаются из стекла, которое имеет такое высокое тепловое сопротивление?

На то существуют три главных причины:

- стекло инертный материал, устойчивый к большинству химикатов,
- Опытные стеклодувы способны изготовить самые замысловатые конструкции,
- химики могут видеть результаты реакций, например изменение цвета.

В лаборатории эти факторы перевешивают высокое тепловое сопротивление и неэффективность.

При дистилляции этанола мы не имеем дело с агрессивными (вызывающими коррозию) материалами, у нас нет нужды в замысловатых конструкциях и нам не обязательно видеть, что происходит, поэтому мы используем такие материалы как медь и латунь.

Тепловое сопротивление материала для конденсатора очень важно, но это не все.

При конденсации на холодной поверхности, пар покрывает эту поверхность тонкой пленкой жидкости.

Сравните теплосоппротивление жидкого этанола и пробки. Как только этанол конденсируется на поверхности он образует слой теплоизоляции, который резко (радикально) снижает эффективность конденсатора!

Дорогостоящая уверенность, что конденсат стекает с охлаждающей поверхности быстро, и ни в коем случае не удерживается на ней.

Гладкие поверхности предпочтительны, поскольку они не удерживают конденсат. Если используются какие-либо ребра или гребни, они должны быть направлены в направлении потока конденсата.

Турбулентция (характер движения жидкости или пара).

Молекула пара отдаст свое тепло только после контакта с холодной поверхностью. Молекула пара, находящаяся в 3мм (1/8") от поверхности охлаждения не испытывает никакого охлаждающего эффекта.

Нормальное движение молекул пара с уверенностью предполагает, что такой контакт в конце концов произойдет, но интенсификация движения пара повысит эффективность (как в случае, если дуют на ложку с горячим супом). Все, что повышает турбулентность потока пара, повышает эффективность и даже легкое возмущение внесенное в поток пара имеет достаточный эффект. Охлаждающие лопасти части имеют мелкие изгибы и выступы с этой целью. Этот принцип применим как к жидкостям, так и к газам. Чем выше турбулентность потока охладителя тем лучше теплопередача. Неподвижная (не-

проточная) вода - относительно хороший теплоизолятор, вследствие чего гидрокостюм согревает при плавании в холодных водах.

Направление Потока.

Теплообменники обычно более эффективны если охлаждающая жидкость и охлаждаемое вещество текут в противоположных направлениях.

Простое объяснение этому в том, что большая доля поверхности теплопередачи имеет наибольшую разницу температур. Существует много моделей описания такого поведения и чем глубже взгляд, тем сложнее эти модели. Термодинамика потоков газов и жидкостей выходит за рамки этой книги, но вы можете проделать простой эксперимент, чтобы увидеть, как она работает в вашем конденсаторе.

3-8-2 Типы конденсаторов.

Плоский лист.

Дистиллятор выживания - классический пример плоско-листового конденсатора.

Лист пластика имеет значительную поверхность, но образует плохой конденсатор, поскольку плохо охлаждается и также имеет высокое теплосоппротивление. Размещение одной из сторон в тени увеличивает производительность, а создание лучшего охлаждения за счет испарения еще больше улучшает его работу. Размещение металлического листа сверху пластика над приемной емкостью значительно поднимает эффективность, поскольку металл имеет много меньшее теплосоппротивление, чем пластик и он “тампонирует” тепло. Эти незначительные модификации делают разницу между слишком малым количеством воды и достаточным для выживания.

Холодильник Либиха.

Простой холодильник Либиха широко используется в лабораториях и школах. Это просто прямая трубка, по которой пар идет сквозь водяную рубашку. Протяженность трубки из пластика, окруженной воздухом - это принцип работы холодильника Либиха, и что, интересно, можно сделать проще чем это! Очевидно, чем длиннее трубка, тем больше поверхность охлаждения и тем хо-

лоднее вода в рубашке, тем это лучше для конденсации пара. В принципе, этот холодильник может быть запущен в обратном порядке путем пропускания охлаждающего агента через центральную трубку и пара через рубашку, однако эффективность окажется невысокой.

В работе, положение холодильника может оказывать большое влияние на его эффективность. Как все мы знаем, горячий воздух поднимается и холодный воздух “тонет”. Ввод горячего пара сверху конденсатора будет толкать его против его естественного направления движения, тормозя его и давая больше времени на конденсацию. Если пар вводится снизу конденсатора, пар будет стремиться вверх быстро и потребует большей мощности охлаждения. Поэтому на рисунке лабораторной установки холодильник опущен вниз под углом и пар входит сверху.

Холодильник Грэхема.

Если вы удлините центральную трубку в холодильнике Либиха и закрутите ее в спираль, вы получите холодильник Грэхема.

“Червь” (змеевик) муншайнеров в бочке воды есть холодильник Грэхема, если считать бочку воды здоровенной водяной рубашкой. Холодильник Грэма устанавливается вертикально. Если он поставлен под углом, жидкость будет скапливаться на дне каждого витка спирали и блокировать поток пара.

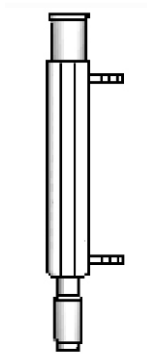


Рисунок 3-10 Холодильник Либиха

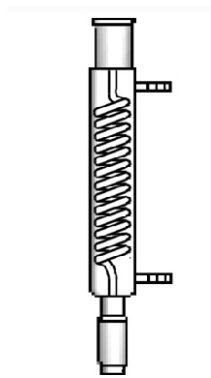


Рисунок 3-11. Холодильник Грэхема

Холодильник Вигро.

Холодильник Вигро выглядит сложно, но это просто холодильник Либиха с увеличенной поверхностью увеличенной с помощью вдавленных выступов на трубке. Существует много вариаций на эту тему. Он легко делается из стекла, но должен быть кошмаром при изготовлении в металле.

Металлическим эквивалентом холодильника Вигро в металле является "ёжик", где площадь поверхности металлической трубы увеличивается за счет размещения ребер или гребней внутри, снаружи или и там и там. Это значительно повышает эффективность холодильника.

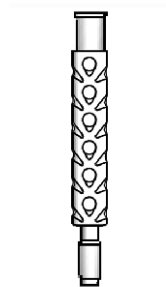


Рисунок 3-12. Холодильник Вигро

Кожухотрубный холодильник

(Firebox or Shotgun, жаротрубный холодильник, картечница).

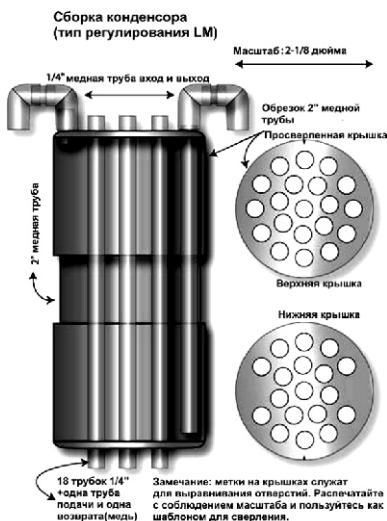


Рисунок 14. Кожухотрубный холодильник

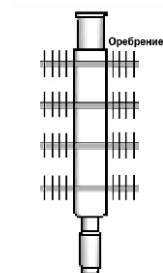


Рисунок 3-13. "Ежик" или "Дикообраз"

Выстрой в линию пучок труб одна рядом с другой и заключи их в охлаждающую рубашку. Это называется кожухотрубником (Firebox or Shotgun condenser).

Имя Firebox возникло по аналогии с такой же конструкцией, используемой в паровозах для производства пара. Иногда его называют Shotgun (дробовиком или картечницей) из-за нескольких параллельных труб.

Это отголоски народной памяти о картечницах Гатлинга, применявшихся в войнах и при подавлении мятежей.

Холодный Палец (Cold Finger), он же Вор.

Все рассмотренные до этого момента конструкции предполагали пар на одной стороне листа с охлаждающим агентом на другой его стороне, либо пар в трубе, окруженной охлаждающим агентом. “Холодный Палец” (мент, вор, взяточник) все делает наоборот, это просто труба с хладагентом, погружаемая в пар для его конденсации. Это простой и очень полезный холодильник, который можно легко как вставить сверху колонны с паром, так и удалить и почистить.

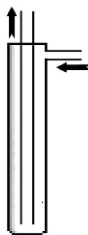


Рисунок 3-15 "Вор"

Холодильник Димрота (Reflux Coil).

Можно увеличить поверхность охлаждения Вора, если свить его в спираль по типу холодильника Грэма. Это принцип работы холодильника Димрота. Как и Вор, холодильник Димрота обычно устанавливается на верх колонны.



Рисунок 3-16. Холодильник Димрота

Вор в перчатках (The Gloved Cold Finger).

“Вор в перчатках” объединяет оба типа холодильников путем размещения рубашки или змеевика с наружной стороны колонны с паром, а внутри колонны находится либо сам

Вор, либо Димрот. Это предельно эффективная конструкция, поскольку пар охлаждается с двух сторон.

3-9 Типы аппаратов.

3-9-1 Дистиллятор

Дистиллятор - это простейший перегонный аппарат состоящий из куба (бойлера или испарителя) непосредственно подключенного к конденсатору.

И Дистиллятор Выживания, и лабораторная реторта относятся к дистилляторам.

Более сложный дистиллятор будет иметь куб (обычно с электроподогревом) с плотно прилегающей крышкой и короткой паровой трубкой, несущей пар в конденсатор. Алембик с очень длинным носом использовал воздух для охлаждения, но современные аппараты обычно используют водяное охлаждение. Такой простой и прямой дизайн делает дистиллятор привлекательным.

К недостаткам дистиллятора следует отнести недостаточную крепость продукта и недостаточно хорошее отделение этанола от сопутствующих ему примесей.

Обычно дистиллятор выдаст 35% этанол из 10% браги. В начале перегонки концентрация этанола выше, начиная с примерно 60%. Эта концентрация постоянно снижается в течение процесса по мере уменьшения содержания этанола в кубе. Мы подробно обсуждаем это явление в главе 4.

Вы можете отбросить первую часть дистиллята, содержащую наиболее летучие примеси ("голова"), и прекратить

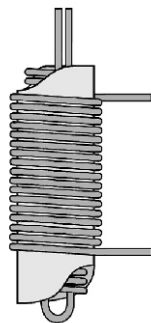


Рисунок 3-17 "Вор в перчатках"



Рисунок 3-18 Простой дистиллятор

процесс, при появлении наименее летучих примесей (“хвосты”), однако их пропорция в сердцевинной части дистиллята все равно окажется достаточно высокой.

- **Эти компоненты помогают сохранить истинный аромат виски, рома или бренди, однако более совершенный аппарат предполагает несравненно лучший контроль за этими компонентами.**

3-9-2 Традиционный вискогон.

Возможно повысить конечную концентрацию этанола путем повторной дистилляции и это именно то, что и делается на практике. Две или даже три дистилляции предшествуют получению продукта, готового к складированию и выдержке.

Традиционная технология работает без сбоев, однако она требует больших затрат времени и труда. Реконструкция аппарата может сэкономить значительную часть и того и другого с помощью использования флегмы.

Дистилляторы для производства виски - это огромные медные котлы, покрытые любовно отделанными медными аламбиками. Каждый

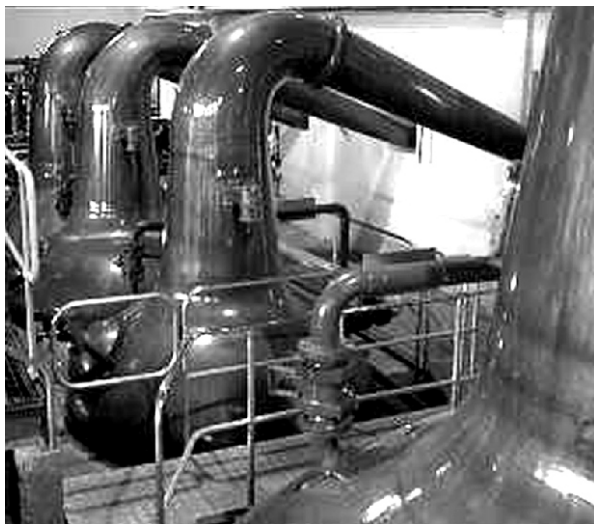


Рисунок 3-19 Традиционный вискогон

производитель имеет свой собственный уникальный дизайн аламбика, доведенный до совершенства за многие годы попыток и ошибок. Эти конструкции тщательно обслуживаются и дублируются вплоть до вмятин и неровностей.

19 The Compleat Distiller или Наш Человек у Apparata

В сложной среде аппарата даже небольшие изменения могут иметь серьезные последствия.

Традиция и красивый внешний вид не единственные причины использования меди. Некоторые пытались заменить медь на нержавейку и результат сказался на вкусовых качествах продукта. Замена отдельных частей обратно на медные восстанавливает требуемые вкусовые качества.

Купола аламбиков не теплоизолированы и намеренно предоставлены воздушному охлаждению. Пары конденсируются на внутренней поверхности, образуя жидкую флегму, которая в свою очередь переиспаряется и в результате пар оказывается крепче, а флегма - более разбавленной. Этот процесс, называемый “фракционированием” повторяется много раз в хорошем дистилляторе виски.

Поднимаясь к верхней части аламбика, пар затем по особой трубе, называемой “Лин-арм” или “Лебединой Шеей”, поступает в конденсатор. Размер и форма Лебединой Шеи влияют на величину отбора продукта и степень турбулентности под куполом аламбика, контролируя количество произведенной флегмы. Форма аламбика, высота дистиллятора и угол наклона Лебединой Шеи существенно влияют на качество продукта.

Обычно виски дистиллируется дважды, иногда трижды. Первая дистилляция проводится в огромных Бражных Apparataх, нагреваемых пламенем или паром.

Вся брага (включая зерна) - кипит, в результате чего получается сырой и грубый (с пылу с жару) продукт, называемый “слабым вином”. При кипячении бражки образуется множество компонентов, определяющих аромат и отличительные черты будущего виски. Использованная брага (барда) содержит большое количество белков и обычно идет на корм скоту.

Слабое вино поступает в Спиртовый куб (Spirit Still) - тот самый традиционный виски аламбик, который мы обсуждали выше. За грандиозность его называют Спиртодромом. Три отдельных фракции отбираются на Спиртодроме.

Так называемый “Первый выстрел” (начало “голов”), содержащий наиболее легколетучие примеси, появляется первым. Затем следует основная часть продукта процесса дистилляции, главным образом этанол и вода, и нако-

нец появляются “финты” (хвосты), которые не что иное как высшие спирты и другие низкокипящие примеси.

Небольшая порция начальных “голов” и “финты” добавляются к следующей перегонке “слабых вин” для баланса аромата. Остаток из аппарата сливается в отход.

3-9-3 Фракционный дистиллятор.

Фракционный дистиллятор является устройством для повышения конденсации и испарения флегмы.

Фракционный дистиллятор представляет собой вертикальную трубу, называемую “фракционная колонна”, заполненную насадкой между бойлером и конденсатором конечного продукта.

Важно отметить, что “фракционная колонна” является только частью всего аппарата, так как куб является его частью. Если бы эта труба была пустой и не имела насадки, она бы не была “фракционной колонной”, а просто служила бы трубой для подачи пара из одного места в другое, как таже Лебединая Шея в виски аппарате.

Применение насадки позволяет проводить процесс “фракционирования”, который мы наблюдали на медном куполе виски аппарата (аламбика). “Фракционная колонна” используется и в случае “фракционного аппарата”, который мы сейчас опишем, и в случае “комплексного аппарата”, который мы обсудим ниже.

Насадка во фракционной колонне должна иметь как можно большую поверхность и тоже время как можно большую пропускную способность, чтобы и пар и

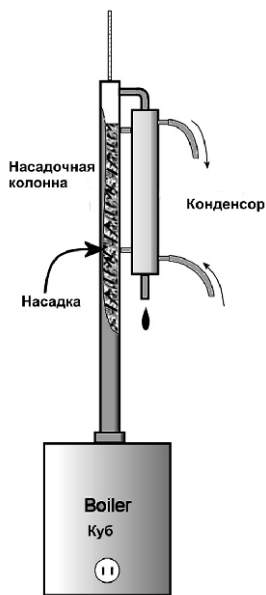


Рисунок 3-20 Фракционная колонна

жидкость могли свободно проходить через нее. За многие годы разработано много видов насадки. Мы подробно обсудим их в Главе 8.

Пар, поднимающийся по колонне конденсируется на насадке, нагревая ее. По мере того, как все больше и больше пара входит в колонну и конденсируется, выделившаяся теплота пере-испаряет наиболее летучие компоненты флегмы, повышая крепость паров в колонне и обедняя сконденсированную флегму. Новорожденный крепкий пар имеет более низкую температуру кипения, из-за большего содержания в нем легколетучих компонентов и будет сконденсирован выше в колонне, начав новый виток процесса. Обедненная жидкость имеет более высокую температуру кипения и будет стекать вниз колонны до тех пор пока не достигнет точки с большей температурой и опять испарится.

В результате многократного повторения такого процесса, наиболее летучие компоненты окажутся наверху колонны и наименее летучие стекут вниз, в куб, при этом температура наверху колонны - самая низкая, а внизу - самая высокая.

Чем выше колонна, тем больше циклов “конденсация-испарение” и тем лучше разделение компонентов.

Внутри одного метра(чуть больше “ярда”) колонны происходят сотни, если не тысячи циклов “испарение-конденсация”. Это эквивалентно дюжинам перегонок на дистилляторе. В результате получается продукт с высоким содержанием летучих веществ, крепостью аж до 90%. Главным недостатком фракционной колонны является скорость пара, которая должна быть достаточно низкой, чтобы процесс “фракционирования” работал эффективно.

Для фракционного аппарата, соответствие мощности бойлера и пропускной способности фракционной колонны является определяющим. Эти факторы тоже обсуждаются в Главе 8.

3-9-4 “Комплексный аппарат” или ректификационная колонна (Compound Still).

Фракционный аппарат выдает хороший продукт, который, однако, содержит смесь летучих компонентов. Он работает лучше, чем дистиллятор, если его не “загнать”. Наилучший продукт получается при наименьшей величине отбора. “Комплексный” Аппарат позволяет достичь почти идеальное разделение

каждого из летучих компонентов в порядке роста температуры кипения. “Комплексный Аппарат” имеет конденсатор “флегмы” на веру фракционной колонны, который возвращает большую часть конденсата обратно в колонну.

Эта конструкция является естественным развитием простого фракционного дистиллятора, с добавкой еще одной детали наверху Фракционной Колонны, вот почему мы и называем это “комплекс” (compound).

Процесс конденсации и испарения в насадке - точно такой же, за исключением верха колонны. В “комплексном” аппарате обогащенный пар вверх конденсируется и возвращается, в отличие от банального отбора.

Когда эта охлажденная флегма пере-испаряется в самых верхних зонах колонны, пар обогащается опять. Этот пар потом снова конденсируется и возвращается в следующий цикл очистки. С каждым разом продукт все больше приближается к максимально возможной степени разделения.

С течением процесса, наиболее летучие компоненты окажутся вверху колонны и наименее летучие - внизу, при установившемся состоянии “равновесия”.

Верхняя часть колонны будет иметь постоянную температуру, равную точке кипения самого легкокипящего компонента, сконцентрированного здесь, и превратится в “резервную зону” (“резервуар”, “зону подпитки”). Ниже этой зоны температура растет в направлении куба по мере того как восстанавливается (re-asserts itself) нормальный обмен (тепло-массообмен) между паром и флегмой, конденсирующейся в насадке. В результате рабочая высота колонны уменьшается, поскольку требуется дополнительное место наверху колонны для такого “резервуара”.

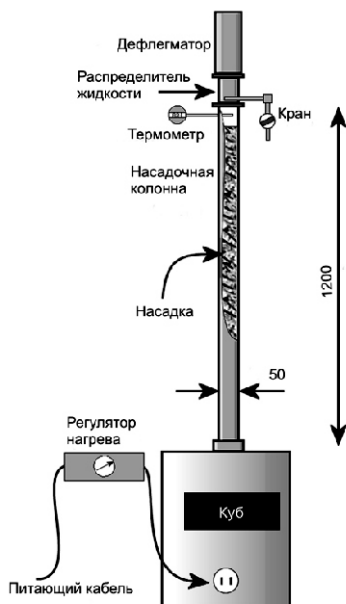


Рисунок 3-21 Ректификационная (компаундная) колонна

Когда вы начинаете отбирать какое-то количество конденсата, вместо возврата его в колонну, равновесие нарушается. Если отбор происходит очень медленно, колонна может подкорректировать себя и установить новое равновесие по мере движения нижних фракций к верху колонны. Если отбирать слишком быстро равновесие теряется и весь аппарат начинает работать в режиме простого фракционного дистиллятора.

Можно представить себе колонну в виде канатоходца несущего мешок с картошкой. Если бы вы внезапно отняли у него этот мешок с картошкой, он бы потерял равновесие. Возьмите у него одну картофелину за другой и вы значительно не нарушите его равновесие. Берите картофелины с постоянной скоростью и он приспособится к такому процессу, устанавливая новое равновесие. “Комплексная” колонна работает именно таким образом. Если отбирается небольшое количество (скажем 10%), пар внизу колонны движется медленно, сохраняя равновесие по мере движения. Если вы пожадничали и взяли много и быстро, “лихорадка” наверху нарушает равновесие и происходит загрязнение продукта.

Комплексный аппарат вводит новый основной фактор в процесс дистилляции: КОНТРОЛЬ.

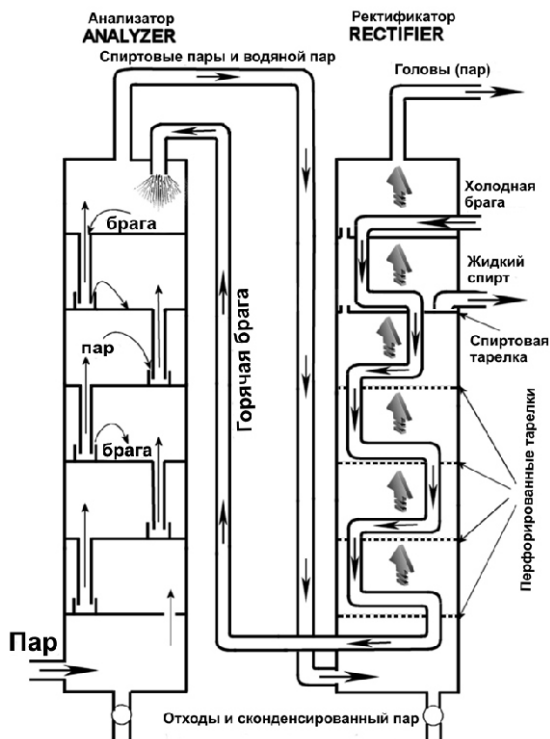
Комплексный аппарат позволяет взять смесь летучих жидкостей, разделить их и отобрать составляющие одно за другим в порядке их летучести. Самые легкие фракции, такие как этилацетат изолируются (концентрируются) в первую очередь, что означает, что вы можете отобрать их целиком. После отбора самых легких фракций вы затем можете отбирать чистейший этанол, какой только возможно получить путем дистилляции: азеотропную смесь 96% этанола и 4% воды¹.

3-9-5 Аппарат Коффи.

В 1831 году Джозеф Коффи запатентовал конструкцию аппарата, который произвел революцию в производстве виски и спиртов. Аппарат Коффи, известный так же как патент-аппарат, был первым аппаратом непрерывного действия, успешно примененный в промышленности. Патент-аппарат объединяет два периодических процесса в один единственный процесс.

¹ *Опять же, нет предела совершенству. Продвинутые любители получают двойной азеотроп 97,17.*

“Анализатор” (левая колонна) выполняет функции бражного аппарата (колонны). Пар подается снизу анализатора и подогретая бражка - сверху. Они встречаются на целой серии перфорированных тарелок, где пар конденсируется, а брага закипает. Спирт и водяные пары поднимаются к верху колонны. Использованная брага стекает вниз и удаляется.



THE COFFEY "PATENT" STILL

Патентованная непрерывная колонна Коффи.

Рисунок 3-22 Аппарат Коффи

“Ректификатор” заменяет спиртовую колонну (спиртовой аппарат, алембик). Пар входит в ректификатор снизу и поднимается вверх, проходя через камеры, где размещена длинная спираль, по которой брага подается в анализатор. Пар конденсируется на спирали, нагревая брагу, и образуется значительное количество флегмы, взаимодействующей с восходящим паром.

Здесь происходит намного больше циклов испарения-конденсации, чем в традиционном перегонном аппарате. После запуска аппарат работает непрерывно.

Благодаря способности ректификатора экстрагировать (удалять) большое количество примесей, дистиллят имеет более слабый запах и аромат, чем традиционный виски, и требует меньше времени на созревание (старение). Увеличение числа ректификации (флегмового числа) служит удалению еще большего количества примесей, с получением продукта без запаха, используемого для производства водки и джина.

3-9-6 Непрерывный Фракционный Аппарат.

Принцип “утилизации” в верхней части Комплексного Аппарата применяется по всей высоте в Непрерывном Фракционном Аппарате. Аппарат Коффи был первым шагом в этом направлении.

Замена колонны “ректификатора” на насадочную колонну с конденсатором флегмы наверху приводит к созданию современного Непрерывного Фракционного Аппарата, более известного как Фракционная Колонна, которая используется во многих отраслях промышленности, таких как нефтепереработка и промышленное производство алкоголя.

В ВЫСОКОЙ колонне в условиях равновесия, каждая фракция (компонент смеси) будет концентрироваться на уровне, соответствующем температуре ее кипения. Температура выше этой точки оказывается ниже

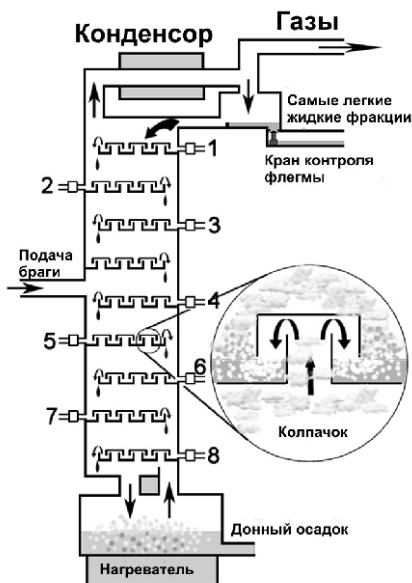


Рисунок 3-23. Непрерывный фракционный аппарат.

той, при которой данная фракция может существовать в виде пара, в то время как более высокая температура ниже этой точки делает затруднительным для данной фракции оставаться в виде жидкости.

Вообразите это как горячий “фонтан” вещества, поднимающийся на доступную ему высоту, как смесь жидкости и пара. Верх этого “фонтана” работает так же как “резервуар”, который мы сделали наверху комплексного аппарата путем размещения там конденсатора флегмы, и постоянно рециркулирующее вещество наверху “фонтана” оказывается сильно обогащено тем компонентом, который достиг предела высоты, на которую он может подняться. Колонна непрерывного аппарата имеет много таких “фонтанов” внутри, каждый из которых представляет определенную фракцию.

Конечно, это не отдельные “фонтаны”, а смеси. В реальности ни одна из фракций не является абсолютно чистой, поскольку более летучие компоненты проходят через всю колонну по пути наверх.

Однако, путем отбора фракций с верхних точек их индивидуальных “фонтанов”, мы можем быть уверены, что получим наивысшие концентрации, какие только возможны.

Подача сырья в середину колонны повышает качество разделения. Верхняя половина колонны имеет дело только с самыми легкими и наиболее летучими веществами, тогда как нижняя половина - только с наиболее тяжелыми и малолетучими. Более легкие вещества не должны теперь проходить через все зоны, где присутствуют более тяжелые компоненты, таким образом, отбираются более чистые фракции.

Эти зоны обычно называются в соответствии с названием главного компонента, например пропанол, лигроин и так далее.

Промышленное производство обычно более заинтересовано в количественных показателях, чем в абсолютной чистоте продукта, следовательно для них легкое загрязнение фракций не является проблемой.

Когда же требуется абсолютная чистота, небольшие количества могут быть очищены на другом оборудовании.

Если вы подумали, что это все может хорошо работать на маленьком аппарате, вспомните слово, которое мы подчеркнули вначале: “ВЫСОКАЯ”.

Внутри маленькой метровой колонны просто нет места для создания динамического равновесия, описанного выше. Промышленная колонна может быть высотой с 20-этажный дом! Самое лучшее, что мы можем сделать, так это использовать небольшой компаунд-аппарат и отбирать фракции одна за другой сверху. Имейте в виду, что это не является недостатком, поскольку фракция, которая достигает верха колонны, является в самом деле чистой!

Для заметок