



**ФГБОУ ВПО МГУ ТУ им. К.Г. Разумовского,  
каф. ТБП и В им. Г.Г. Агабальянца**

# **ПРОИЗВОДСТВО ДИСТИЛЛИРОВАННЫХ НАПИТКОВ**

**ДОЦ. КАФ. ТБП И В, К.Т.Н., МАКАРОВ С.Ю.**

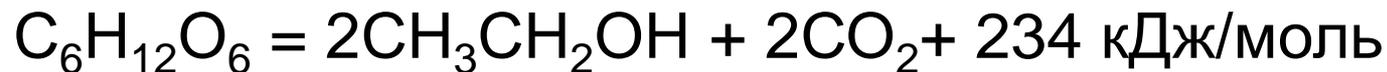
# ПРИГОТОВЛЕНИЕ БРАГИ



Аэробное дыхание (уравнение Л. Пастера):



Брожение (уравнение Ж. Гей-Люссака):

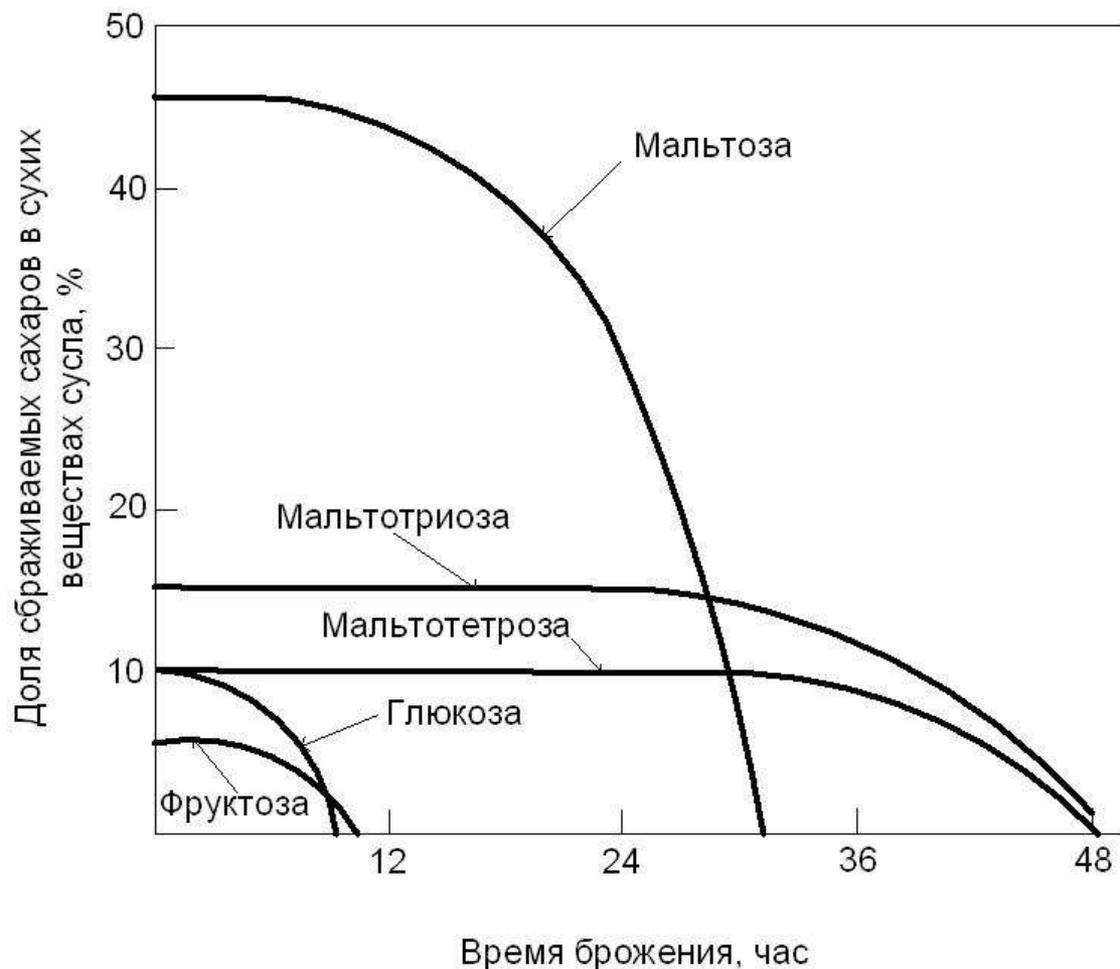


«Брожение - это жизнь без кислорода» © Л. Пастер

# ФАКТОРЫ РОСТА ДРОЖЖЕЙ

- ✓ Температура оптимальная 29-30°C. При очень высокой или очень низкой температуре жизнедеятельность дрожжей ослабляется или прекращается. Максимальная температура для развития дрожжей 38°C, минимальная - 5°C; при температуре 50°C дрожжи погибают
- ✓ Дрожжи сохраняют жизнеспособность в пределах pH среды от 2 до 8, но оптимальным является pH 4,8-5. При pH ниже 4,2 дрожжи продолжают развиваться, тогда как развитие молочнокислых и ряда других бактерий прекращается.

# ФАКТОРЫ РОСТА ДРОЖЖЕЙ



Наличие сбраживаемых веществ (13-15% сахаров, 7-9% об. спирта). В первую очередь усваивается тот источник углерода, который обеспечивает большую скорость роста дрожжей (полиауксия).

Теоретический выход спирта из 1 кг сырья:

гексозы: 0,6479 л АС

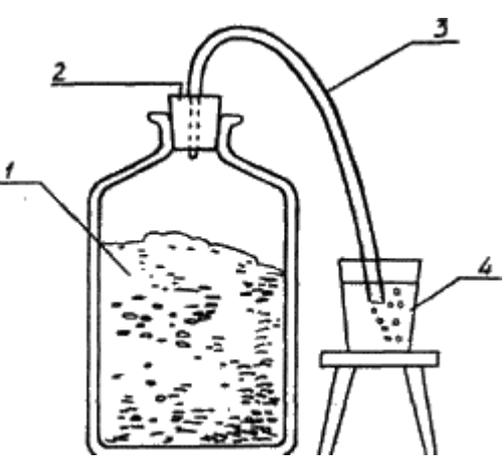
сахароза: 0,6820 л АС

крахмал: 0,7198 л АС

Практический выход 81,5-93% от теоретического

# ФАКТОРЫ РОСТА ДРОЖЖЕЙ

- ✓ Источники азота (желательно в форме солей аммония) и фосфора (ортофосфорная кислота или ее соли)
- ✓ Микроэлементы: для хорошего роста дрожжей необходимы: калий, магний, цинк, железо, медь, кальций.
- ✓ Наличие ростовых факторов (аминокислоты, органические и жирные кислоты)
- ✓ Конечная концентрация спирта (7-9% для спирта, до 18% для напитков с длительным периодом дображивания)
- ✓ Давление, перенасыщение сусла двуокисью углерода



Бродильные емкости

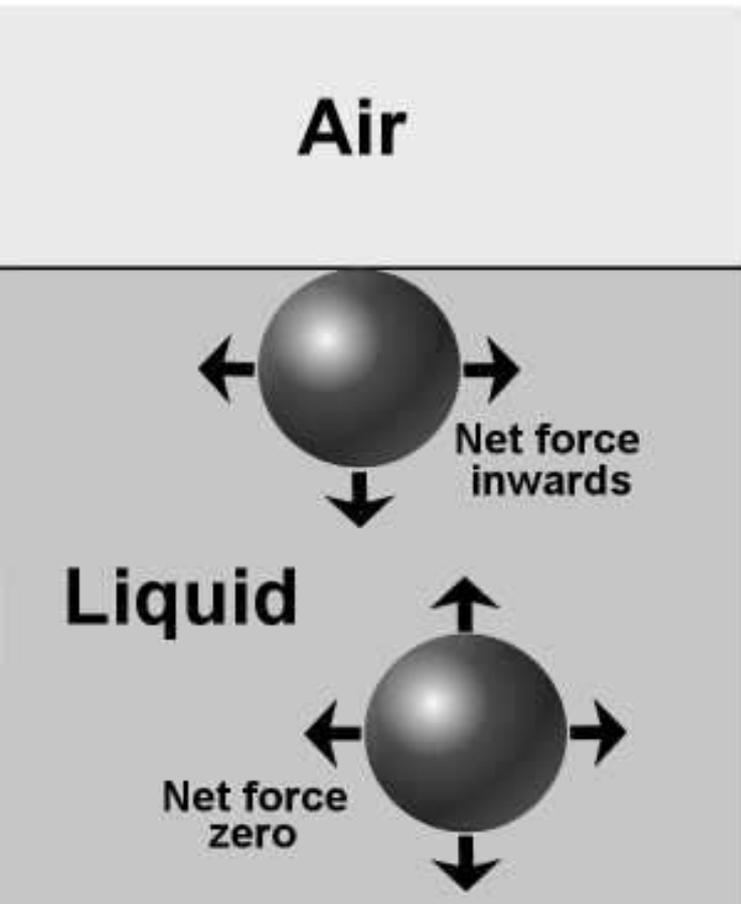
# Вспомогательное оборудование



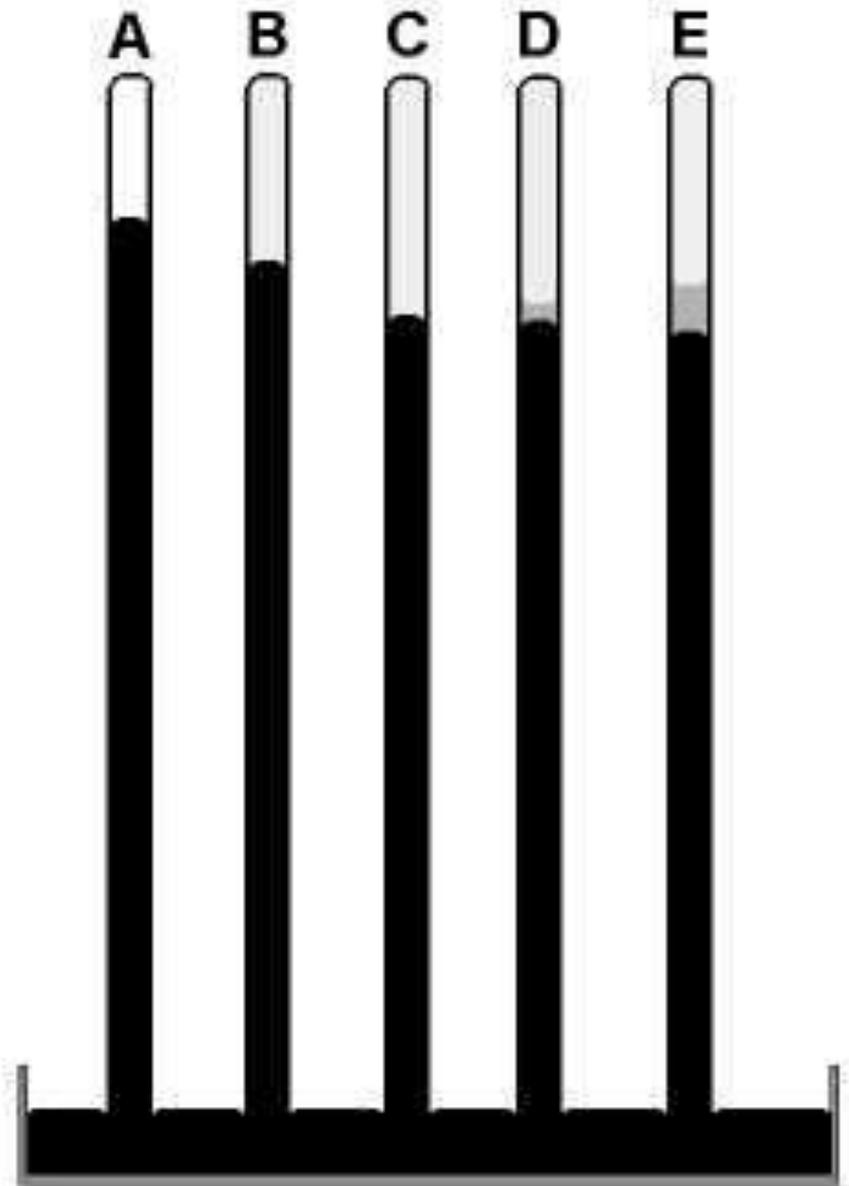
Аквариумные нагреватели с термостатом

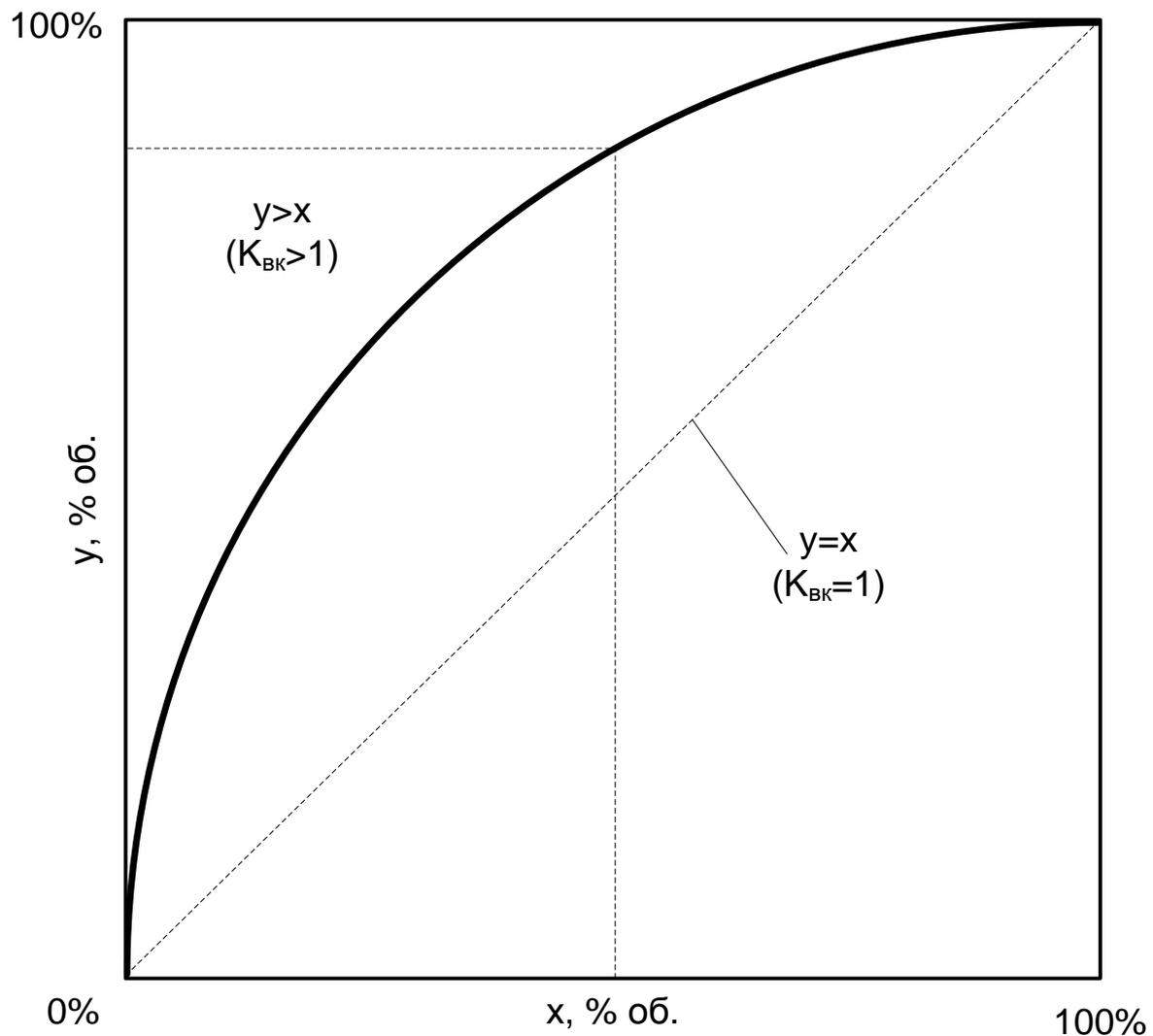
Аквариумный аэратор  
для разбраживания  
дрожжей

# ТЕОРИЯ ПЕРЕГОНКИ



**Механизм создания  
поверхностного натяжения  
жидкости и парциального  
давления**





Кривая фазового  
равновесия для  
идеальной бинарной  
смеси

Коэффициент  
испарения:

$$K_{HK} = \frac{100 - Y}{100 - X} < 1$$

# 1-ЫЙ ЗАКОН Д.И. КОНОВАЛОВА

Насыщенный пар бинарной смеси обогащается тем компонентом, прибавление которого к раствору понижает температуру кипения (увеличивает общее давление пара – т.е. добавляются молекулы с более высокой кинетической энергией, а значит - давление молекул паровой смеси на стенку становится выше).

При содержании спирта в смеси 80 мас.%, в паре спирта будет 85,6 мас.%.

Полученные пары конденсируются в холодильнике, образуя **дистиллят** (лат. distillatio – стекание каплями); неиспаренная жидкость называется **кубовым остатком**.

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДИСТИЛЛЯЦИИ

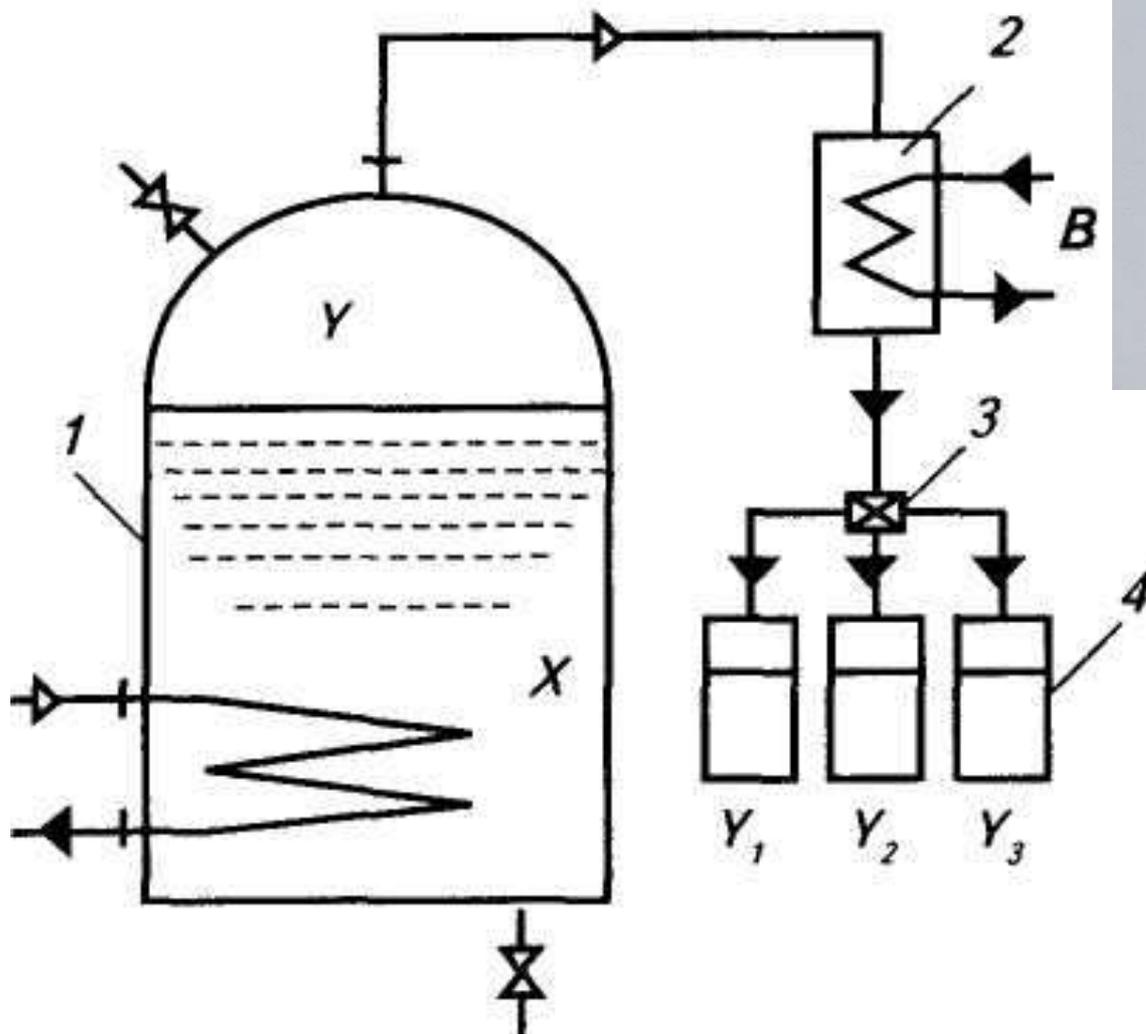
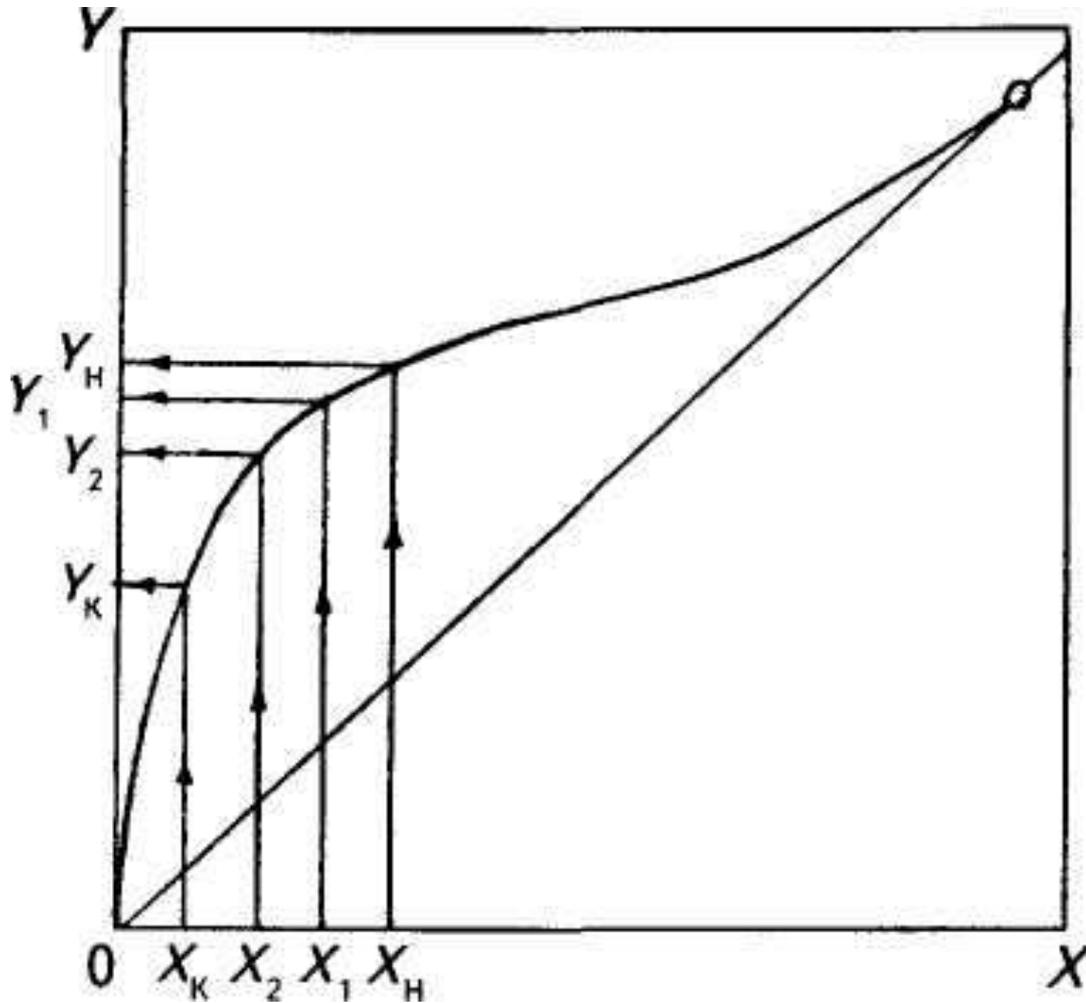


Схема установки для простой перегонки:

1 – перегонный куб; 2 – холодильник; 3 – делительный кран; 4 – сборники



Изменение концентрации ВК в кубовой жидкости и дистилляте по мере перегонки

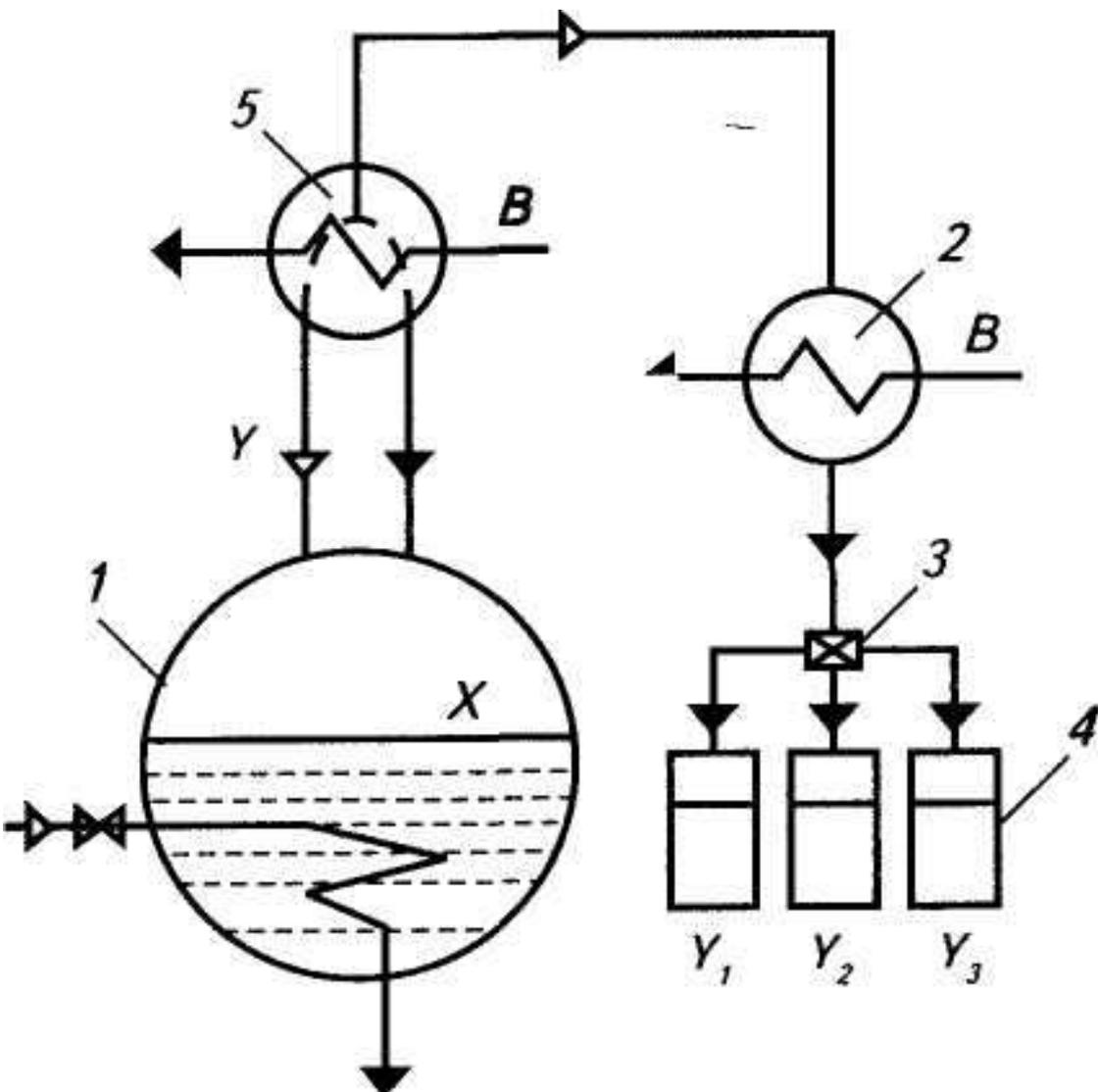


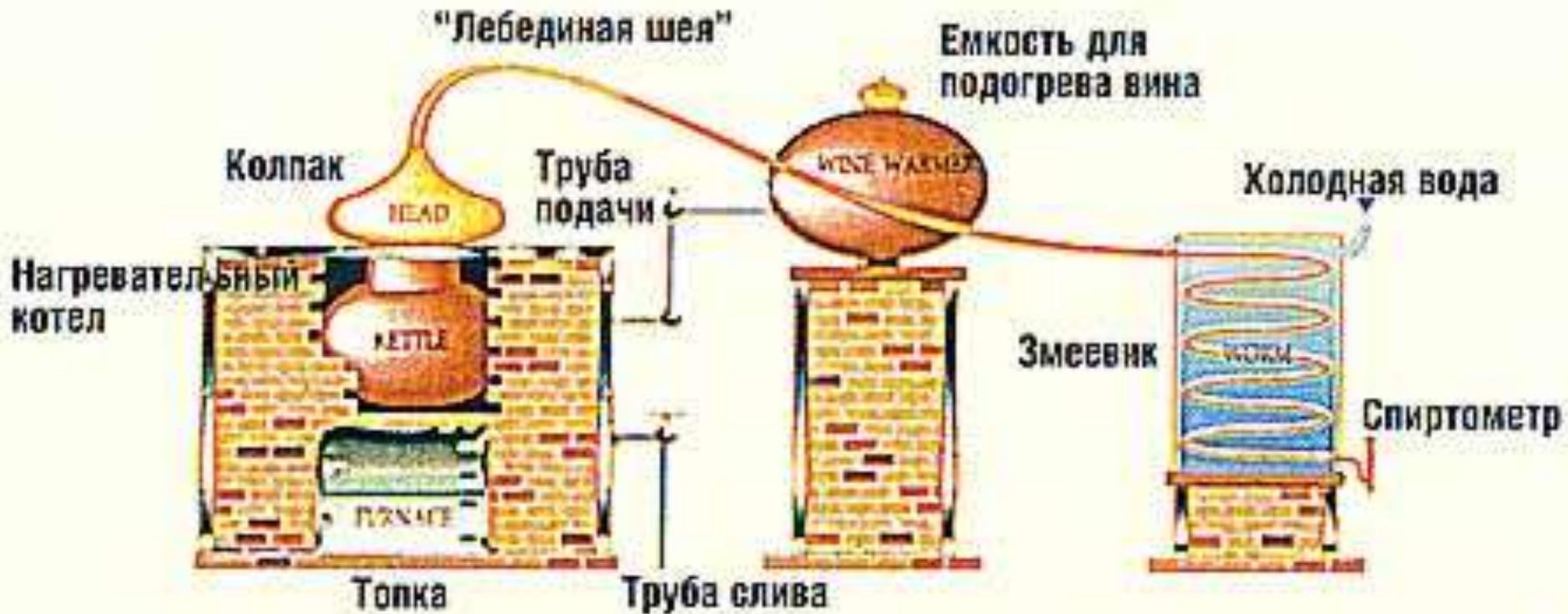
Схема установки для перегонки с дефлегмацией:

- 1 – перегонный куб; 2 – холодильник; 3 – делительный кран; 4 – сборники; 5 – дефлегматор

При концентрации спирта в исходном паре  $Y = 42\%$  мас. при частичной конденсации пара образуется  $L = 0,5$  кг флегмы с концентрацией около  $17\%$  мас. и  $D = 0,5$  дистиллята с концентрацией около  $67\%$  мас., в то время как при простой перегонке концентрация спирта в дистилляте будет  $42\%$  мас.

При перегонке с дефлегмацией отношение количества флегмы  $L$  (при температуре кипения) к количеству дистиллята  $D$  именуется флегмовым числом (или числом флегмы)  $R = L/D$ . Чем больше  $R$ , тем выше концентрация ВК в дистилляте, при этом будет больше и расход энергии на перегонку. Флегмовое выбирают по технико-экономическим соображениям в пределах  $0 < R < \infty$ . При  $R = 0$ , происходит простая перегонка – возврата флегмы нет, при  $R = \infty$  вся флегма конденсируется в дефлегматоре и возвращается в перегонный куб – разделение отсутствует.

Перегонка с дефлегмацией используется в коньячном производстве при получении коньячных спиртов с концентрацией  $65-75\%$  об. из вино - материалов с содержанием спирта  $9-11\%$  об.



Виды колпаков ("шлемов")



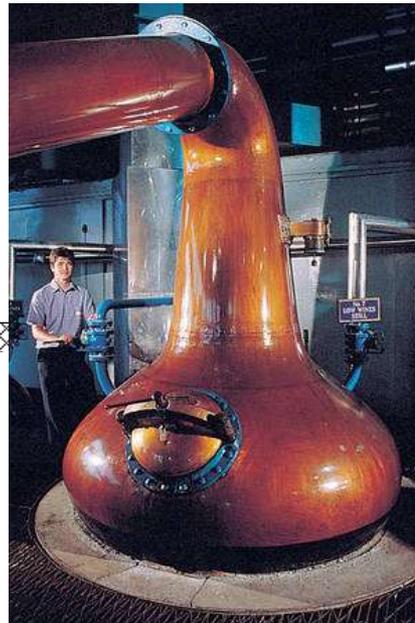
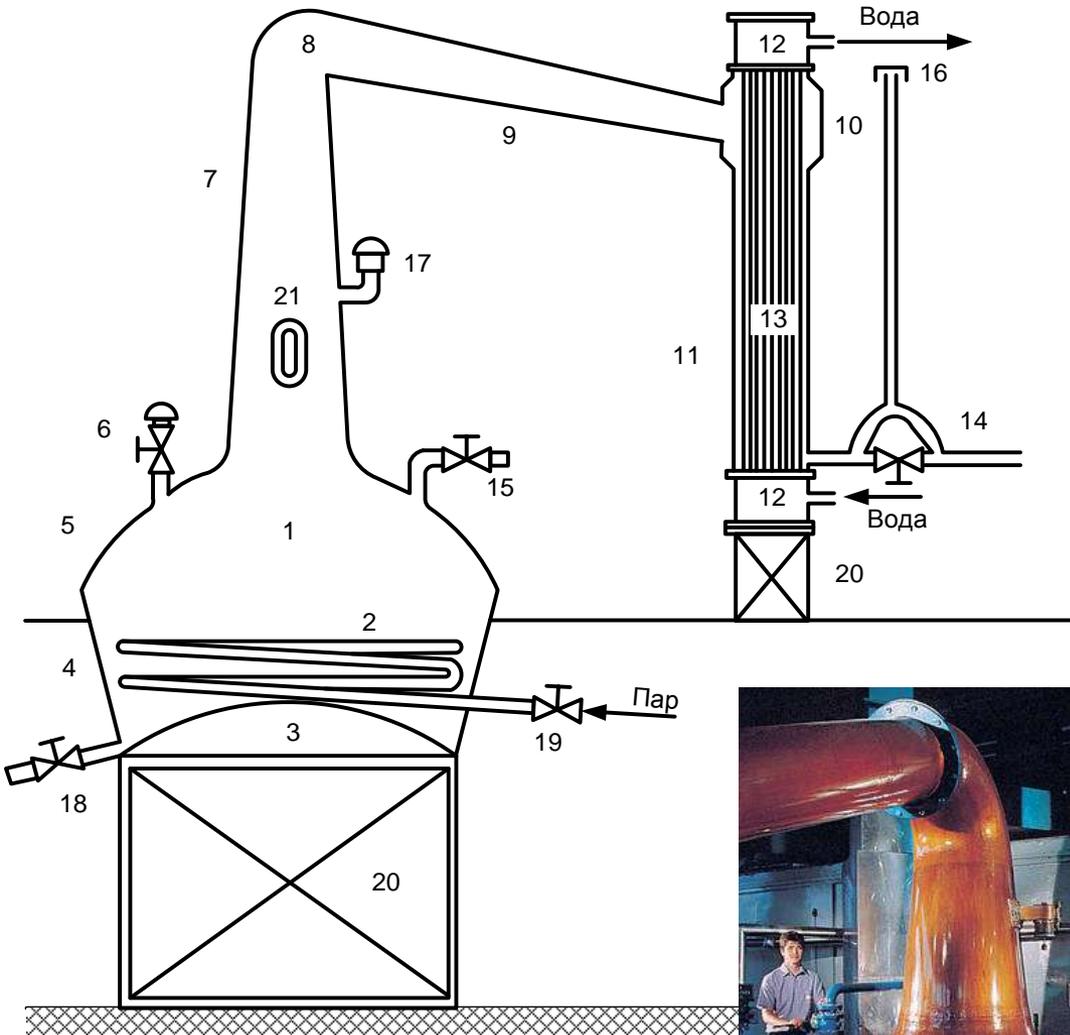
# ЗНАЧЕНИЕ МЕДИ ДЛЯ ПЕРЕГОНКИ

1. Коррозионная стойкость, технологичность при механической обработке (ковка, вытяжка).
2. Медь по теплопроводности уступает только серебру, поэтому перегонная емкость из этого металла быстро прогревается, что сокращает общую продолжительность процесса и снижает расход тепла, но и также быстро остывает, что имеет значение для быстрого регулирования температуры перегонки. В случае применения для обогрева куба открытого огня, тепло более равномерно распределяется по его поверхности, позволяет несколько снизить пригорание твердых частиц бражки.
3. Медь играет важное значение в возникновении и накоплении летучих компонентов дистиллята, так же как кислотность сусла и дрожжевые термолизаты. Медь легко образует соединения с органическими кислотами, которые, в ряде случаев, переходят в нерастворимый осадок. Наконец, соединения меди, находясь в дистилляте во время созревания напитка, также в конечном итоге выпадают в осадок.
4. Медь, по сравнению с нержавеющей сталью, химически более активна, ее ионы способны эффективно связывать соединения серы, следовые количества  $H_2S$ , ацетали, аммиак, которые имеют неприятный запах.



Аламбик для перегонки коньяка (шарантский)

## Общий вид перегонного аппарата для виски:



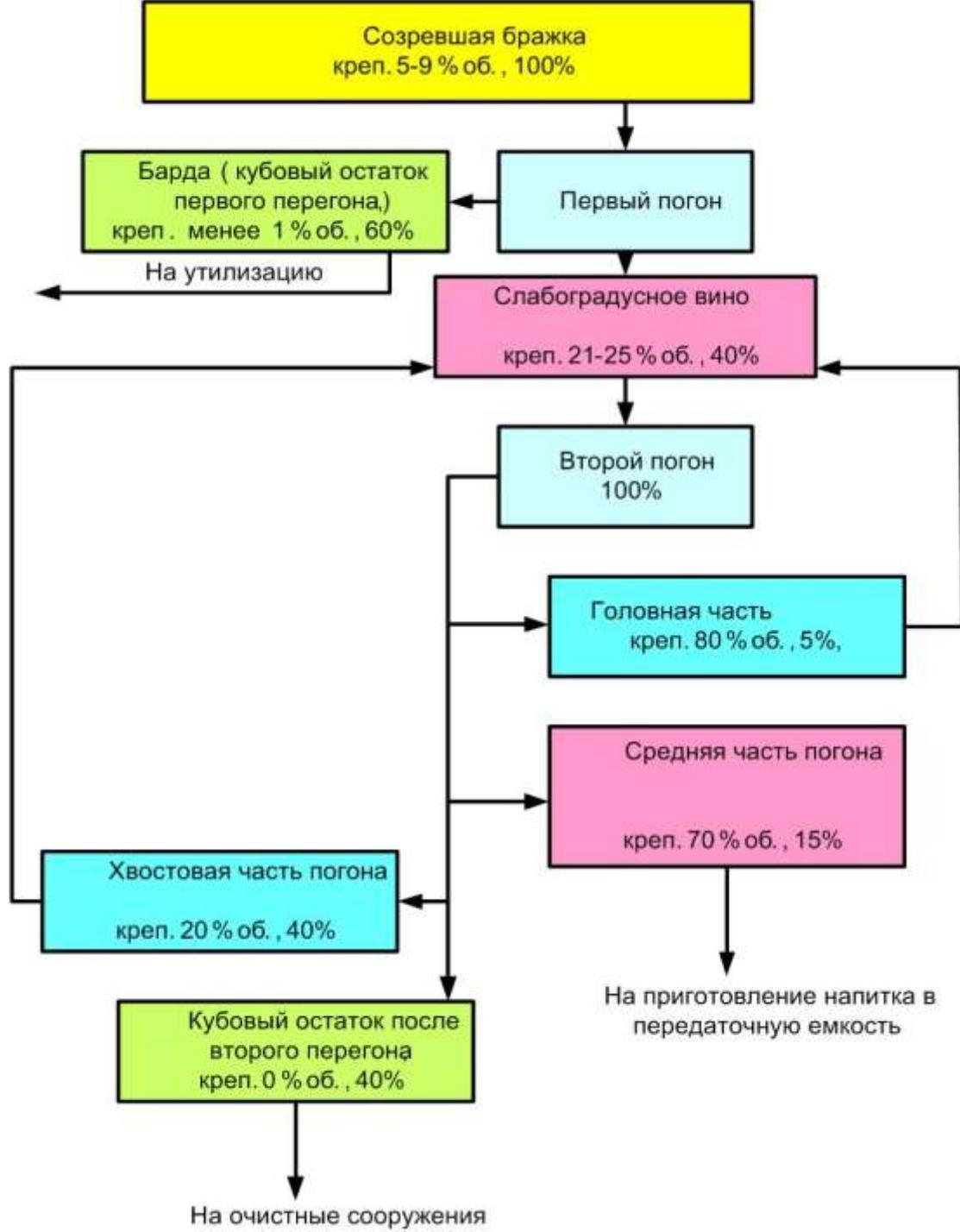
1. Куб аппарат;
2. Греющий паровой змеевик;
3. Днище;
4. Обечайка;
5. Крышка котла;
6. Связь с атмосферой;
7. Лебединая шея;
8. Оголовок;
9. Рукав;
10. Паровая камера;
11. Кожухотрубный теплообменник;
12. Водяная рубашка;
13. Трубки теплообменника;
14. Вакуум-прерыватель;
15. Линия для заливки перегоняемого материала;
16. Воздушка;
17. Предохранительный клапан;
18. Слив кубового остатка;
19. Линия греющего пара;
20. Станина;
21. Смотровое окно

**Головная часть.** Обогащена эфиральдегидными фракциями и другими легколетучими веществами, включая метанол . Составляет примерно 5% от общего объема. Имеет самую высокую крепость (первые порции примерно 90% об., последние 70-72% об., сам погон - около 80% об.).

**"Сердце" погона.** Как только дистиллят осветлится, при добавлении воды перестает мутнеть, а крепость упадет ниже 70-72% об., сердце выгонки перенаправляют через спиртовой сейф в спиртовые чаны. Объем сердца погона составляет около 15% отгона, крепость примерно 70% об.

**Хвостовая часть.** Составляют следующие 40% отгона, конечная крепость около 20% об.

**Истощенный кубовый осадок.** Составляет оставшиеся 40% отгоняемой жидкости. В российской терминологии «лютерная вода». Мутная жидкость с неприятным запахом и высоким содержанием органических кислот.





# ТИПЫ АППАРАТОВ

## Классический прямогон

Преимущества: высокая скорость перегонки, простота конструкции.  
Недостатки: низкая крепость продукта, возможный брызгоунос и переброс бражки

Рекомендуется для первого погона







## Аппараты с дефлегматорами воздушного охлаждения

Преимущества: защита от брызгоуноса, высокая крепость продукта, возможность точного отбора фракций

Недостатки: пониженная производительность

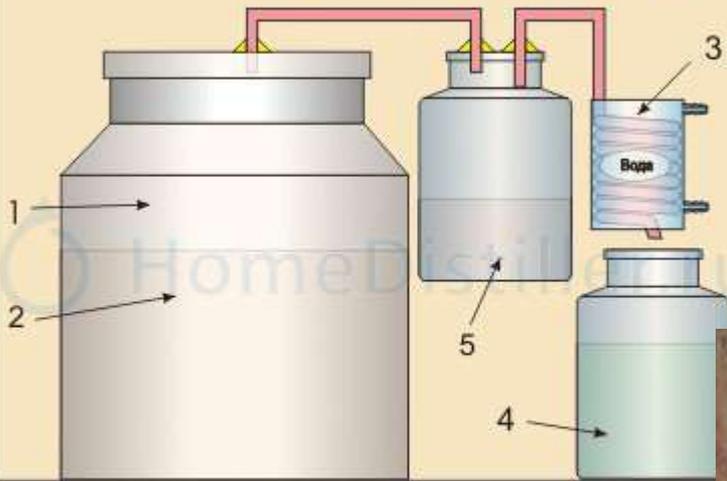


# Аппараты с сухопарниками

Укрепление продукта невелико, но хорошая защита от переброса бражки и брызгоноса

Дистиллятор с сухопарником

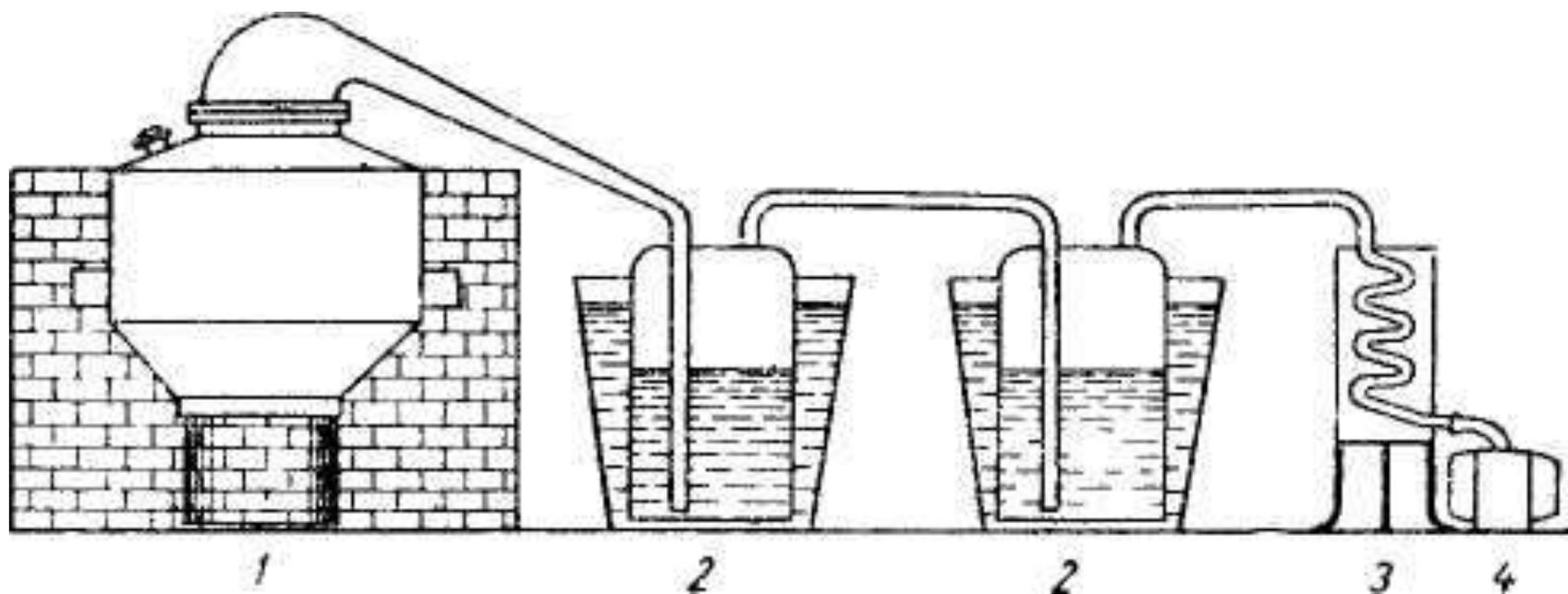
HomeDistiller.ru



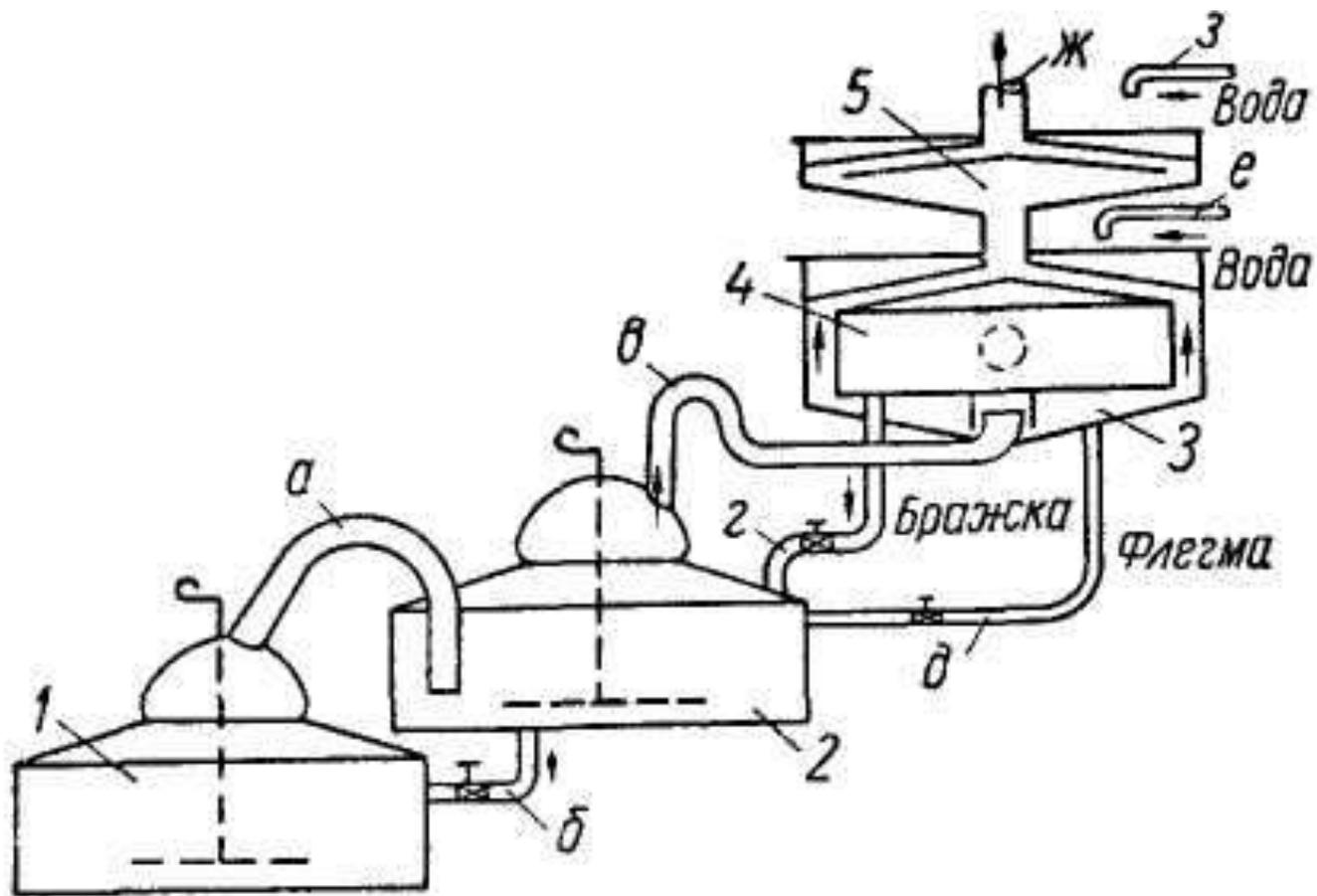
1 - перегонный куб  
2 - брага

3 - холодильник  
4 - приемная емкость  
5 - сухопарник





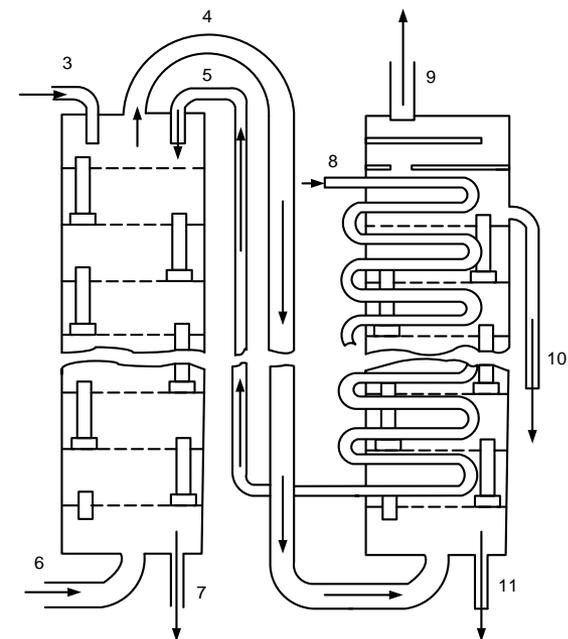
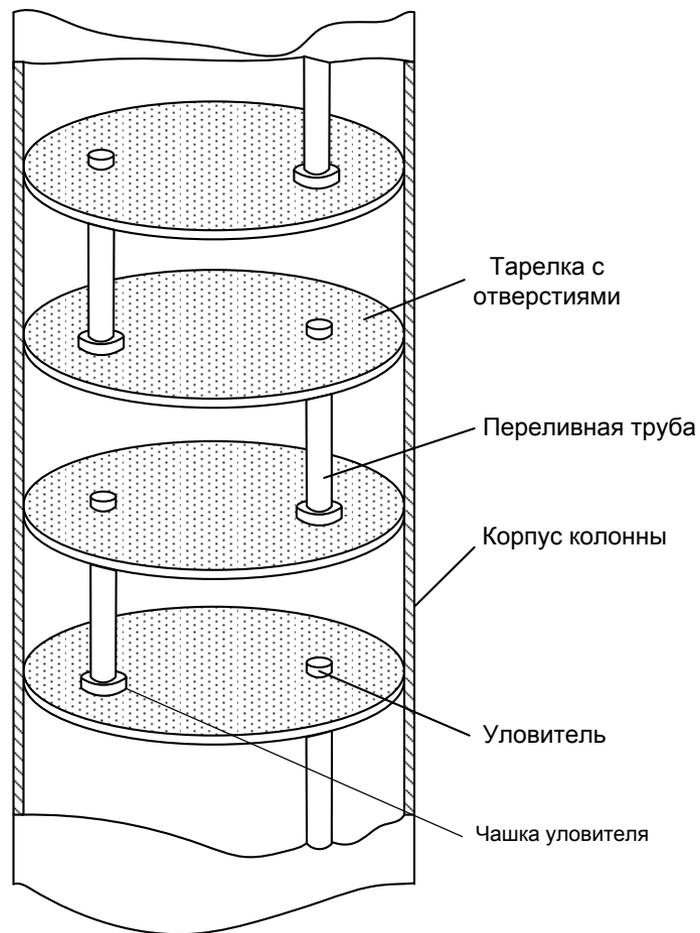
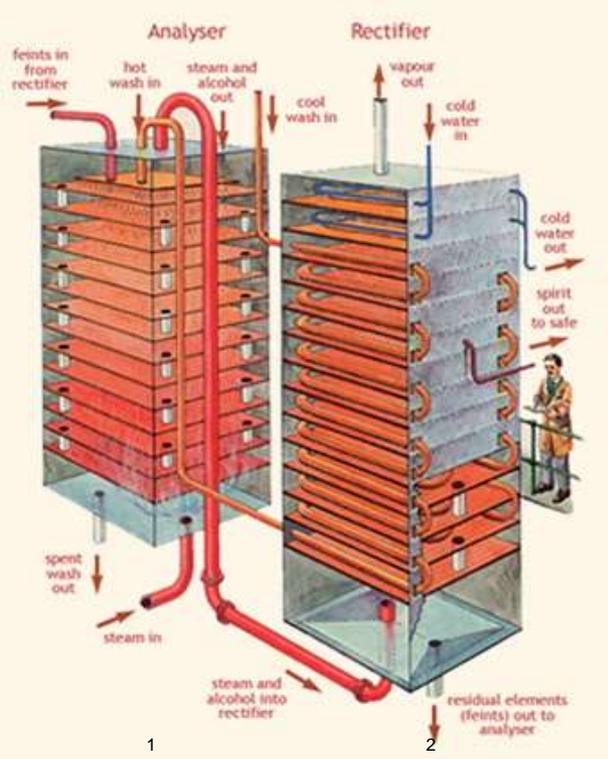
Аппарат Глаубера с тремя ректификаторами



Аппарат Писториуса

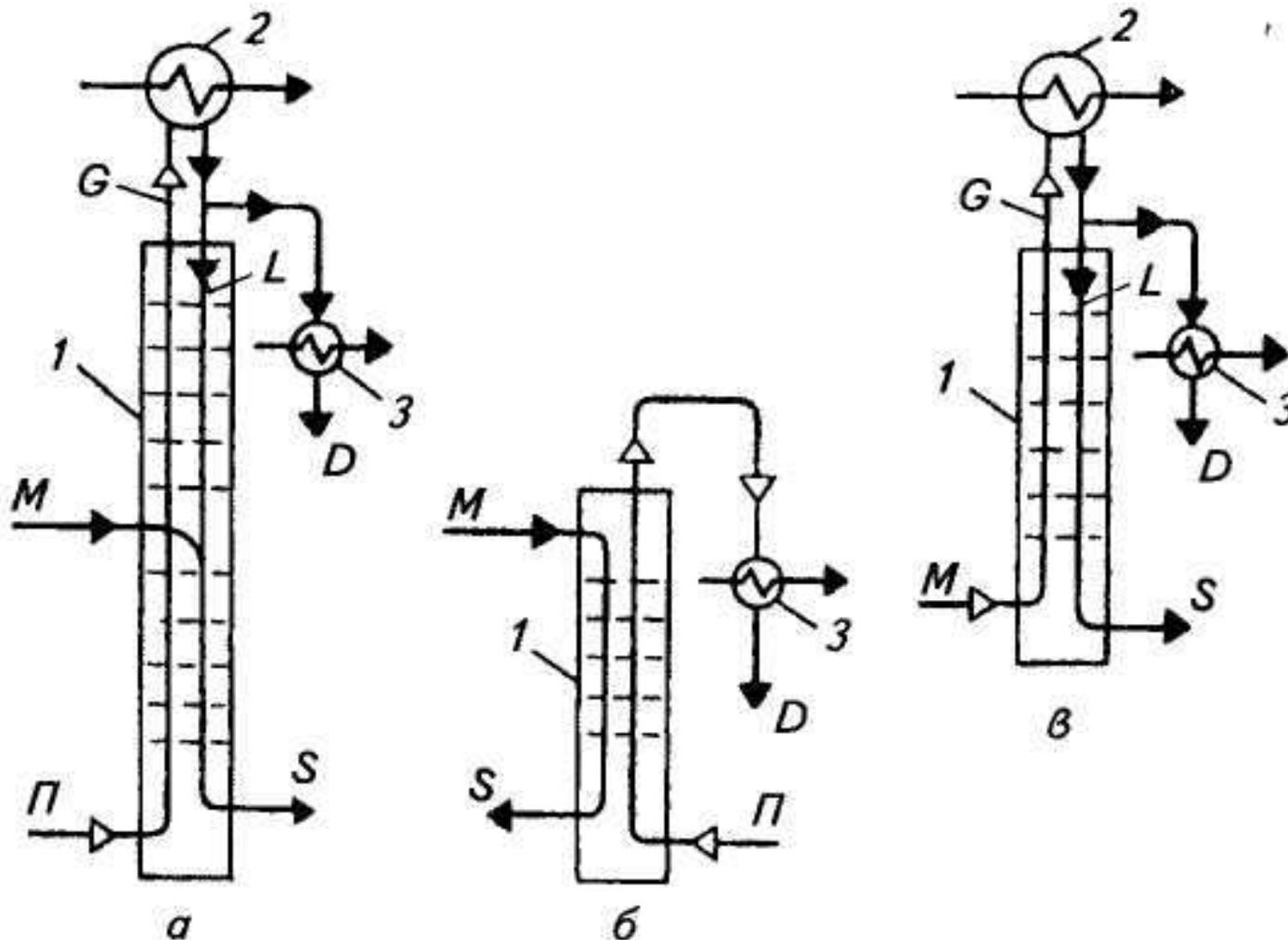


# РЕКТИФИКАЦИЯ



### Устройство аппарата Коффи:

1- колонна Анализатор (Analyser); 2 - колонна Ректификатор (Rectifier); 3 - возврат хвостовых фракций из колонны Ректификатора; 4 - водно-спиртовые пары; 5 - подогретая в колонне Ректификаторе бражка; 6 - греющий водяной пар; 7 - кубовый остаток; 8 - исходная бражка на подогрев в колонне Ректификаторе (брагоподогреватель); 9 - выход паров головной фракции; 10 - готовый продукт (дистиллят); 11 - хвостовые фракции



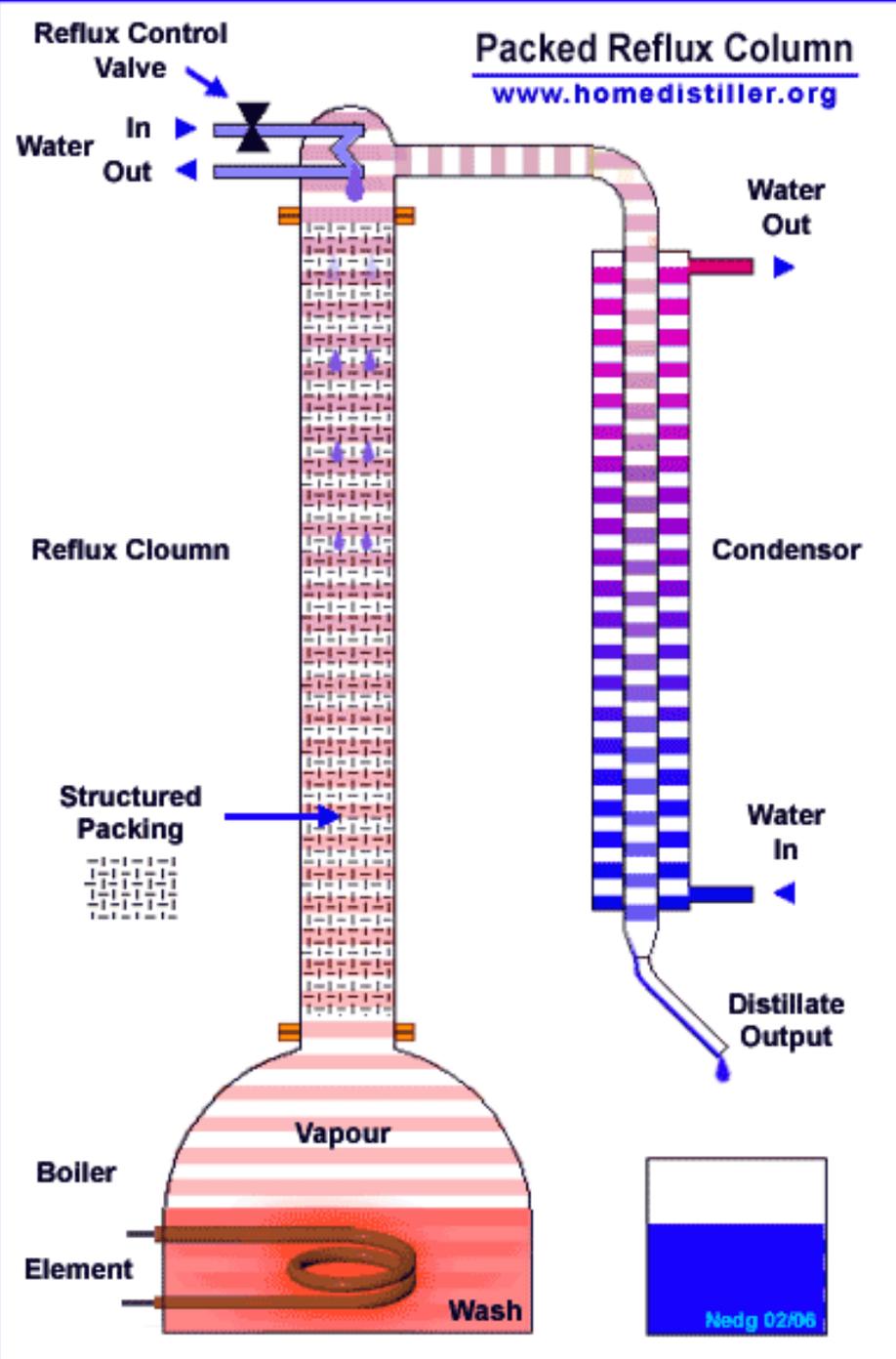
Типы ректификационных колонн.

1 – колонна; 2 – дефлегматор; 3 – конденсатор;

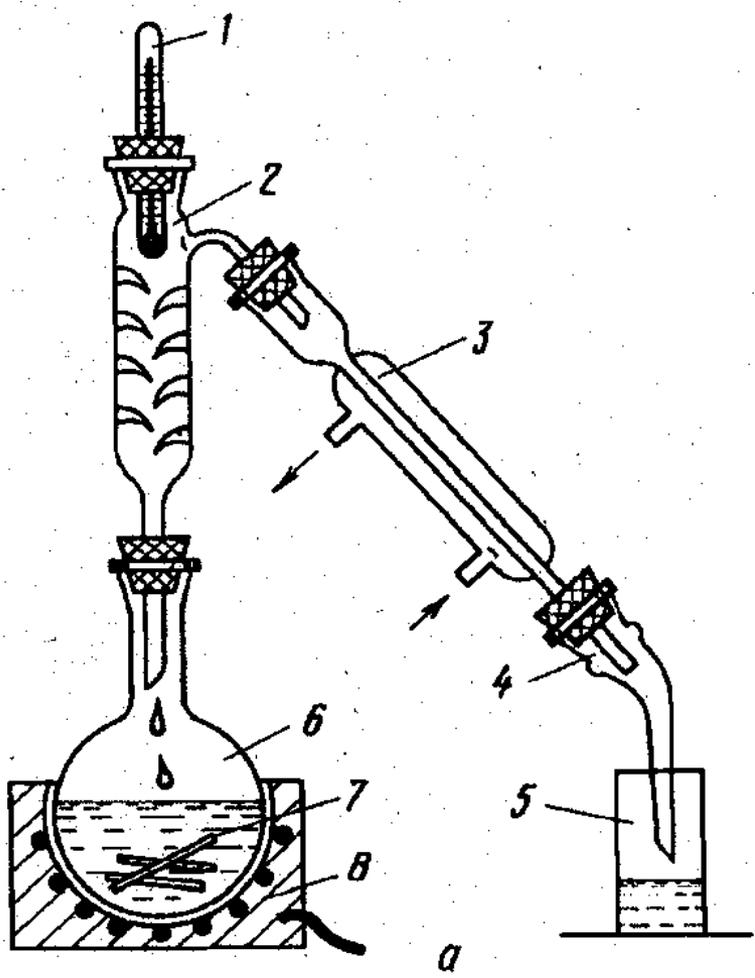
а – полная; б- неполная отгонная; в – неполная концентрационная,

М- бражка; П – пар; G –спиртовой пар; L – сконденсированная

флегма; S – барда; D - дистиллят

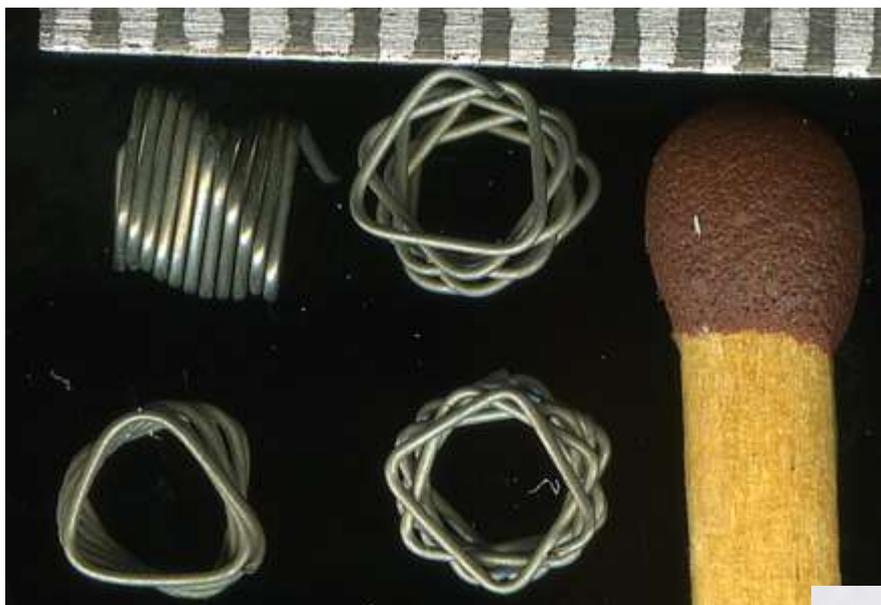


Периодически действующая ректификационная установка (аламбик)



## Фракции спирта при периодической ректификации спирта-сырца

Название фракции	Начало отбора	В % к исходной навалке	Использование
Эфиро-альдегидная фракция	-	0,3-0,5	На реализацию
Первый погон			
III головной (начальный) сорт первого погона	Осветление дистиллята	1,5% (зерно), 2-2,5% (меласса), крепость 97%	На реализацию
II головной (начальный) сорт первого погона	Проба с серной кислотой показывает тот же результат, что и исходный спирт-сырец	4-8%	Повторная перегонка со следующей навалкой
Ректификация спирта			
I сорт ректифицированный	Крепость 96,5%, выдерживает пробу с серной кислотой, остаток в кубе примерно 8% от исходного	77%	На реализацию
Последний погон			
II хвостовой (концевой) сорт последнего погона	Снижение крепости дистиллята до 85%	1,2%	Повторная перегонка со следующей навалкой
III хвостовой (концевой) сорт последнего погона	Снижение крепости дистиллята до 80%	4,3%	На извлечение си-вушного масла
Окончание перегонки	Крепость спирта в смотровом фонаре менее 2% об.	-	-



Общий вид спирально-призматической насадки

Вид насадки после матирующего травления «Царской водкой»



# СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ НАСАДОЧНЫХ ТЕЛ



Кольца Рашига



Кольца Палля



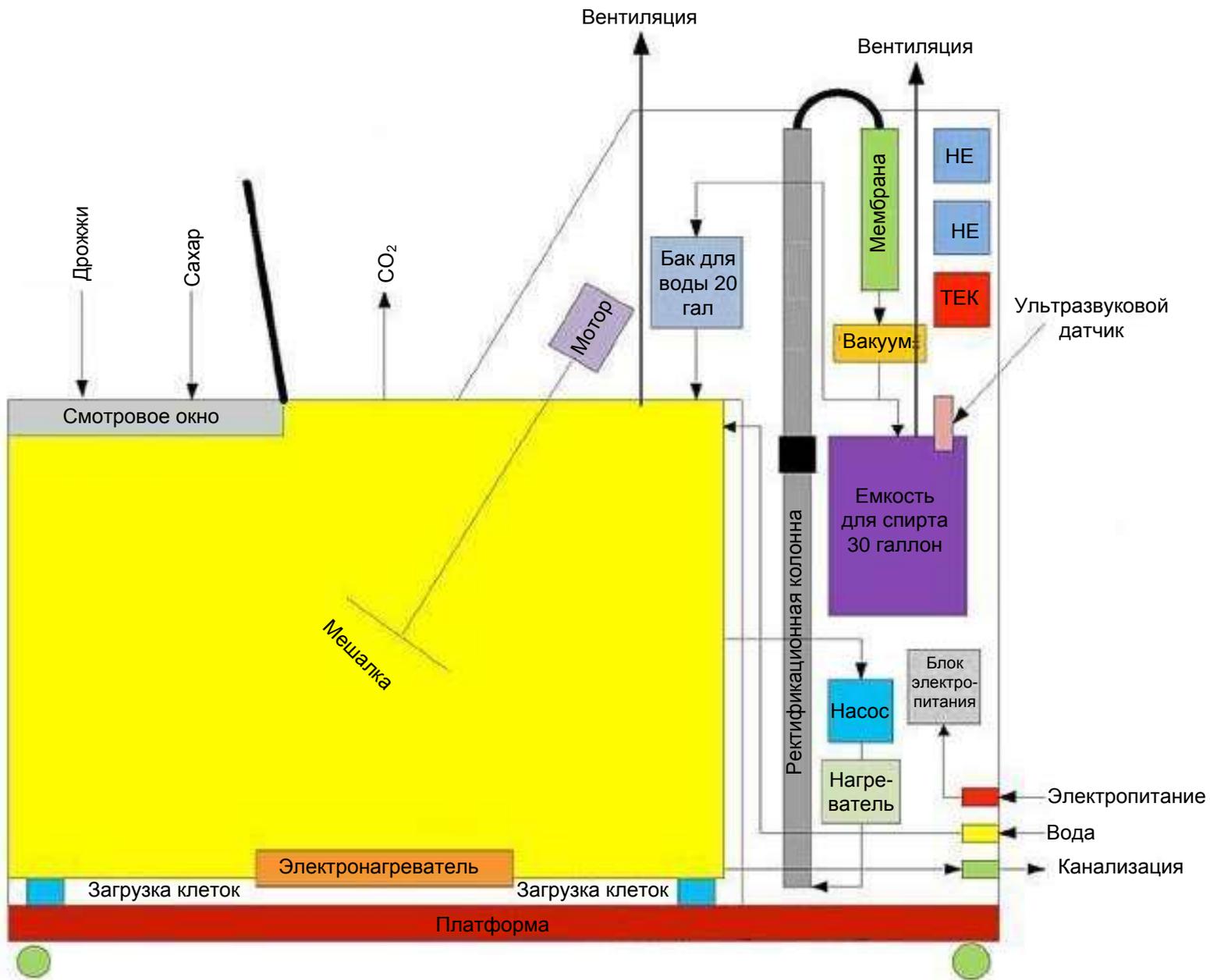
Спирально-  
призматическая насадка



Ну-Пак



IMTP®



**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**