

Брагоректификационные установки (БРУ)

Принципы построения схем брагоректификационных установок

При получении ректифицированного спирта непосредственно из бражки чаще всего стремятся предварительно освободить летучую часть бражки от экстрактивных веществ, твердых частиц и большей части воды за счет установки так называемой **бражной колонны А** (рис. III-6).

Брагоректификационные установки обычно имеют три основных колонны и одну—три дополнительных, устанавливаемых по мере необходимости.

Бражная колонна **А** служит для отделения летучей части бражки от нелетучей. Освобожденная от летучей части бражка выводится из нижней части колонны в виде **барды**. С бардой отводятся экстрактивные вещества, взвешенные частицы, большая часть воды и значительное

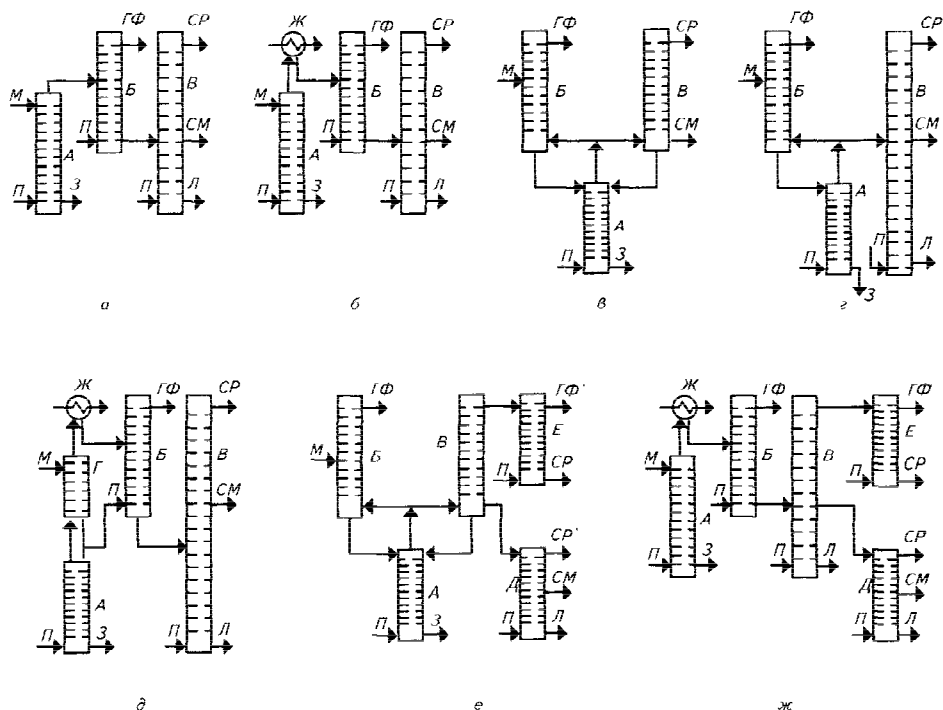


Рис. III-6. Принципы построения схем брагоректификационных установок. Колонны: **А** — бражная, **Б** — эшорационная, **В** — спиртовая, **Г** — брагоэшорационная, **Д** — сивушная, **Е** — окончательной очистки, **Ж** — для извлечения спирта из ГФ; **И** — конденсатор

количество других хвостовых примесей. Летучая часть бражки, содержащая этиловый спирт, воду и сопутствующие летучие примеси, в виде пара (рис. III-6, *а*) или **бражного дистиллята** (рис. III-6, *б*) поступает на питание элюрационной колонны *Б*. Далее процесс очистки спирта идет, как это было рассмотрено выше (см. рис. III-4 и III-5).

По своему составу выходящий из бражной колонны спиртоводный пар и бражный дистиллят отличаются от спирта-сырца только по концентрации. Если концентрация спирта-сырца не менее 88 % об., то спиртоводный пар и бражный дистиллят имеют концентрацию 25–55 % об. Состав примесей спирта в основном тот же.

В зависимости от способа включения бражной колонны в схему различают брагоректификационные установки **прямого, непрямого (косвенного) и полупрямого действия**.

Принципиальная особенность **установок прямого действия** состоит в питании спиртовой колонны спиртоводным паром, выходящим непосредственно из бражной колонны (рис. III-6, *в*). В установках прямого действия теплота греющего пара используется двукратно. Свежий греющий пар вводится только в нижнюю часть бражной колонны *А*, а элюрационная колонна *Б* и спиртовая *В* обогриваются спиртоводным паром, выходящим из верхней части бражной колонны. Бражная колонна питается бражкой, освобожденной от головных примесей (элюрированной), и флегмой, поступающей из спиртовой колонны. Таким образом, в бражной колонне происходит совместное извлечение спирта из бражки и флегмы. Концентрация сухих веществ в барде при этом понижается за счет разбавления ее лютерной водой, получающейся после извлечения спирта из флегмы.

На рис. III-6, *г* представлена несколько видоизмененная схема установки прямого действия, в которой предусмотрено отдельное выделение спирта из бражки и флегмы. В связи с этим требуется дополнительный ввод греющего пара в нижнюю (отгонную) часть спиртовой колонны.

Принципиальной особенностью **установок непрямого (косвенного) действия** (см. рис. III-6, *б*) является предварительное извлечение из бражки спирта и сопутствующих ему примесей, в результате чего получается спирт-сырец (бражный дистиллят), который в жидком виде направляется в элюрационную, а затем в спиртовую колонну для очистки. Выходящий из бражной колонны спиртоводный пар конденсируется в конденсаторе *Ж*. Элюрационная колонна *Б* питается спиртоводным (бражным) дистиллятом, поступающим из конденсатора *Ж*.

Спиртоводный дистиллят в колонне *Б* подвергается очистке от головных примесей за счет свежего пара, вводимого в нижнюю часть колонны. Поступающий в колонну *В* эюрат освобождается от хвостовых и промежуточных примесей также за счет ввода свежего греющего пара.

Следует отметить, что в установках косвенного (непрямого) действия колонны связаны между собой только жидкостными потоками, в то время как в установках прямого действия они связаны жидкостными и паровыми потоками.

Установка, изображенная на рис. III-6, *д*, в основном подобна установке прямого действия, однако в нее внесены существенно отличающиеся элементы: эюрационная колонна питается частично эюрированным паром из бражной колонны (что характерно для установок прямого действия), а частично — эюрированным дистиллятом (что характерно для установок непрямого действия). Наличие колонны *Г* характерно для установок косвенного действия, однако она является остатком (отгонной частью) эюрационной колонны установок прямого действия. Колонна *Г* чаще всего устанавливается непосредственно над колонной *А* и составляет с ней как бы одно целое. Поэтому число основных колонн и в этом случае считается равным 3.

Схема, изображенная на рис. III-6, *а*, ближе к установкам косвенного действия. Единственным отличием ее является питание эюрационной колонны *Б* спиртоводным паром, выходящим непосредственно из бражной колонны, а не бражным дистиллятом.

Схемы установок на рис. III-6, *а* и *д* относят к установкам полупрямого действия, однако это деление в значительной мере условно.

Выше были рассмотрены принципиальные схемы брагоректификационных установок, имеющих только основные колонны. Включение дополнительных колонн (*Е* — окончательной очистки, *Д* — сивушная, *Ж* — колонна для извлечения спирта из ГФ) не зависит от принципа действия установки. На рис. III-6, *е* приведена схема установки прямого действия с двумя дополнительными колоннами, а на рис. III-6, *ж* — косвенного действия с тремя.

Брагоректификационные установки косвенного действия

На спиртовых заводах СНГ в качестве типовых были приняты брагоректификационные установки косвенного действия. Они обладают высокими эксплуатационными качествами: стабильны в работе, легки в управлении и регулировке, обеспечивают выработку спирта высокого

качества; примеси, выделенные из спирта, выводятся в концентрированном виде.

Наибольшее распространение получили трехколонные установки. Машиностроительные заводы по просьбе заказчика могли поставлять четырехколонные (с дополнительной колонной окончательной очистки) производительностью 1000, 1500, 2000 дал спирта в сутки и пятиколонные (с двумя дополнительными колоннами: окончательной очистки и сивушной) производительностью 3000 и 6000 дал спирта в сутки. На ряде крупных заводов в качестве дополнительной (4-, 5- или 6-й) применяют колонну для выделения спирта из головной фракции — разгонную колонну.

На рис. III-7 представлена аппаратурно-технологическая схема продуктовых потоков типовой 3-колонной установки косвенного действия. Бражная колонна 9 имеет 21–28 одноколпачковых тарелок двойного кипячения, ситчатых, клапанных или чешуйчатых с межтарелочным расстоянием 280–550 мм.

По устройству и принципу действия эюрационная и спиртовая колонны ничем не отличаются от установок для ректификации спирта-сырца непрерывного действия.

Колонны обогреваются открытым или закрытым паром. К каждой колонне подключены теплообменники для конденсации пара, выходящего из колонн. Бражка насосом 1 через обратный клапан 2 подается в подогреватель 6, где нагревается до температуры 70...85 °С, а затем в сепараторе 4 освобождается от выделившегося CO₂ и других неконденсирующихся газов, после чего вводится в бражную колонну 9.

Вместе с неконденсирующимися газами уносится некоторое количество спирта. Для его улавливания предусмотрена установка конденсатора 3. Конденсат направляется в верхнюю часть эюрационной колонны 13.

Выходящий из бражной колонны спиртоводный пар проходит ловушку 8 для улавливания пены и брызг. В некоторых конструкциях ее делают встроенной внутрь колонны 9, что на наш взгляд является целесообразным.

Конденсация спиртоводного пара бражной колонны частично (приблизительно на 50 %) осуществляется в подогревателе бражки 6. Остальная часть пара за счет отдачи теплоты воде конденсируется в **основном 5 и дополнительном 7 конденсаторах**. Конденсат спиртоводного пара — **бражной дистиллят** направляется на питание эюрационной колонны 13.

В эюрационной колонне 13 спирт освобождается от головных и частично концевых примесей. Колонна оснащена дефлегматором 12 и

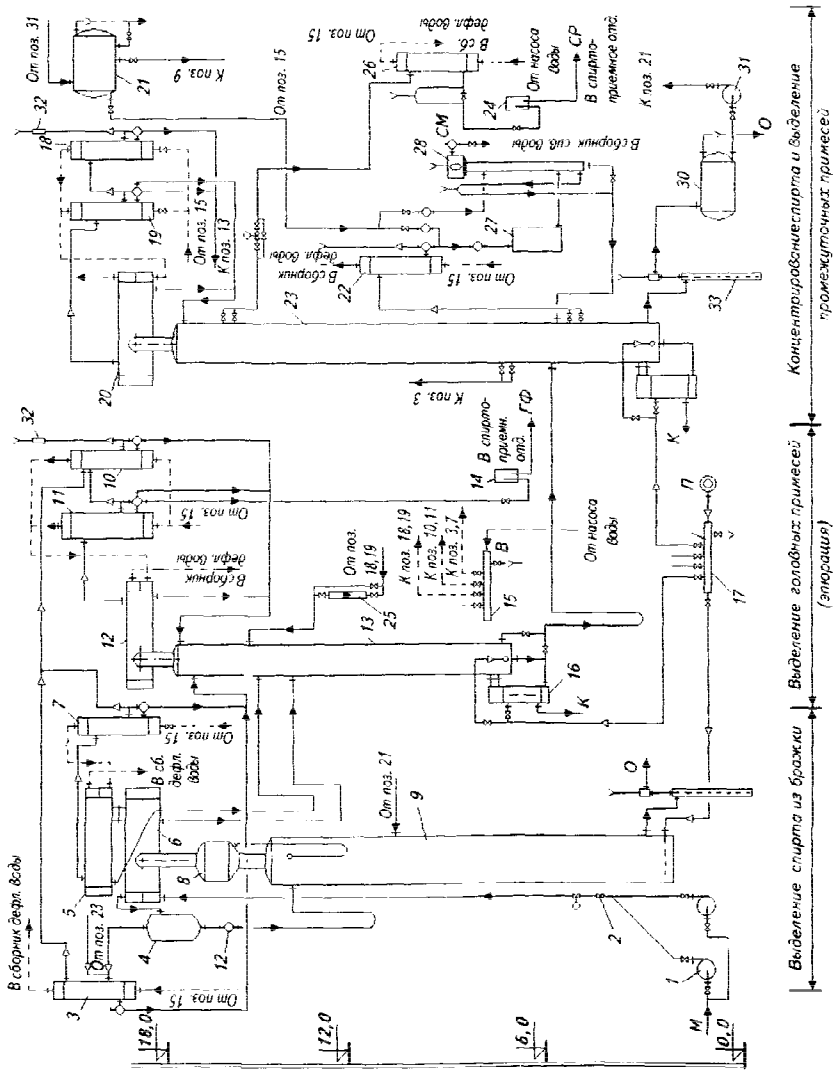


Рис. III-7. Аппартурно-технологическая схема продуктовых потоков типовой 3-колонной брагоректификационной установки косвенного действия

конденсатором 11, из которого через фонарь 14 отводится головная фракция. В эapurационной колонне устанавливаются 39–41 многоколпачковых тарелок с межтарелочным расстоянием 170 мм.

Освобожденный от головных и частично концевых примесей бражной дистиллят — **эпюрат** поступает на питание спиртовой колонны 23. Спиртовая колонна оснащена дефлегматором 20, конденсатором 19 и испарителем 29. Колонна имеет 71–74 многоколпачковых тарелок с межтарелочным расстоянием 170 мм.

Ректифицированный (пастеризованный) спирт может отбираться с 4–14-й тарелок, считая сверху спиртовой колонны, проходит холодильник 26 и направляется в спиртоприемное отделение, предварительно пройдя фонарь 24 и спиртоизмерительный аппарат для учета спирта. Через ротаметр 25 из конденсатора 19 отбирается непастеризованный спирт.

Промежуточные примеси выводятся из спиртовой колонны в виде двух продуктов: **сивушной фракции**, отбираемой в виде пара с 5-, 7-, 9- и 11-й тарелок, считая снизу колонны, и **сивушного спирта**.

Сивушная фракция после конденсации и охлаждения в холодильнике 22 направляется в промывную батарею 27, а затем в экстрактор 28, где за счет водной экстракции освобождается от этанола. Освобожденная от этанола сивушная фракция — **сивушное масло** выводится как товарный побочный продукт. Промывная (подсивушная) вода из экстрактора сбрасывается на 12–14-ю тарелку (считая снизу) спиртовой колонны.

Сивушный спирт выводится с 17-, 20- и 25-й тарелок в жидком или парообразном состоянии. При выводе в жидком состоянии он охлаждается и выводится как товарный продукт (крепкий сивушный технический спирт) либо направляется в бражку или в бражную колонну. Более целесообразно сивушный спирт отбирать в паровой фазе, конденсировать в одном из конденсаторов бражной или эapurационной колонны (например в конденсаторе сепаратора CO_2), откуда он будет поступать в верхнюю часть эapurационной колонны.

Лютерная вода из спиртовой колонны выводится через гидравлический затвор 33 в сборник 30, откуда насосом 31 выкачивается в сборник 21. Из сборника часть лютерной воды подается на промывку сивушного масла, а остальная сбрасывается в канализацию. При наличии в лютерной воде спирта она направляется в бражную колонну.

Для более полного улавливания паров спирта из неконденсирующихся газов воздушники (уравнительные трубы) всех конденсаторов соединены со спиртоловушками 10 и 18, откуда неконденсирующиеся газы выбрасываются в атмосферу через огнепреградители 32.

Каждая колонна снабжена верхним и нижним вакуум-прерывателями (гидроманометрами), регуляторами подачи пара и воды. Устанавливаются также регуляторы подачи бражки и отвода ректификованного спирта. Для установки термометров предусмотрены гильзы: на линии подачи нагретой бражки перед вводом в колонну, над верхней тарелкой и в кубе каждой колонны, а также на 8-й тарелке и на тарелке питания (16-й) спиртовой колонны. Имеются термометры и для измерения температуры воды, отходящей из основного конденсатора бражной колонны, дефлегматоров эспюрационной и спиртовой колонн.

Для непрерывного контроля за работой установок на линии подачи бражки и отбора головной фракции, непастеризованного, сивушного и ректификованного спирта, а также сивушной фракции, устанавливают расходомерные устройства (чаще всего ротаметры).

Вода в теплообменную аппаратуру подается от коллектора 15, а греющий пар — от коллектора 17.

Подогреватель бражки, дефлегматоры, конденсаторы, а зачастую и холодильники выполняются в виде кожухотрубных теплообменников.

Принципиальная схема установки с материальными потоками приведена на рис. III-8.

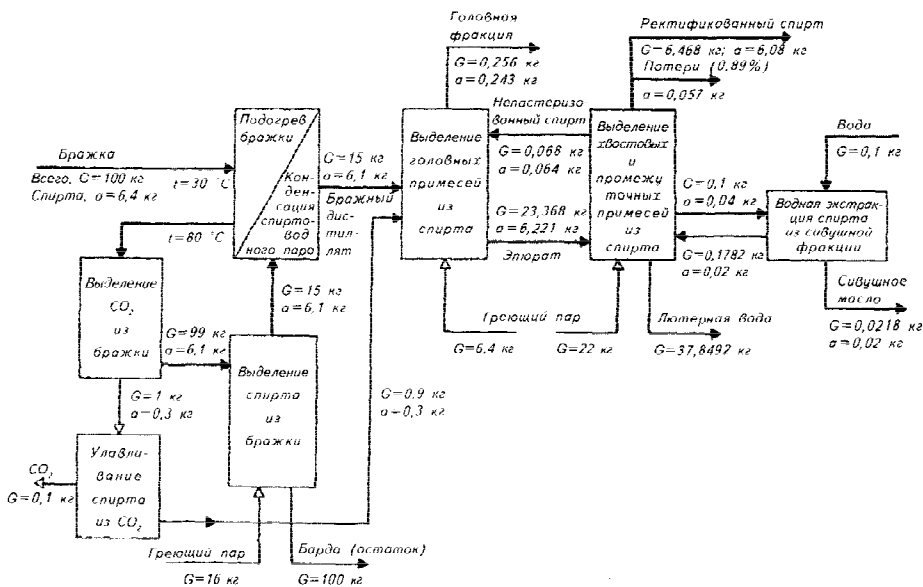


Рис. III-8. Принципиальная схема брагоректификационной установки косвенного действия с материальными потоками

В приложении VIII дана краткая характеристика основного оборудования БРУ косвенного действия, выпускаемого Сумским машиностроительным научно-производственным объединением им. Н.В. Фрунзе; в приложении IX дана краткая характеристика основного оборудования ректификационных установок, выпускаемого АО Тамбовский завод «Комсомолец».

Брагоректификационные установки прямого действия

Особенностью установок прямого действия (рис. III-9 и III-10) является двукратное использование всей теплоты греющего пара, поступающего в бражную колонну.

Бражная колонна имеет 16 одноколпачковых тарелок двойного кипячения с межтарелочным расстоянием 280–400 мм.

Эпюрационная колонна 3 в отгонной части имеет 20–25 также одноколпачковых тарелок двойного кипячения, в концентрационной — 15 многоколпачковых тарелок с межтарелочным расстоянием 170 мм. Между отгонной и концентрационной частью должно быть сепарационное пространство не менее 0,5–0,8 м.

Спиртовая колонна 17 имеет только концентрационную часть с 55–58 многоколпачковыми тарелками.

Подогретая в дефлегматоре 13 и теплообменнике 27 бражка вводится в среднюю часть эпюрационной колонны, где подвергается эпюрации за счет пара, поступающего из бражной колонны.

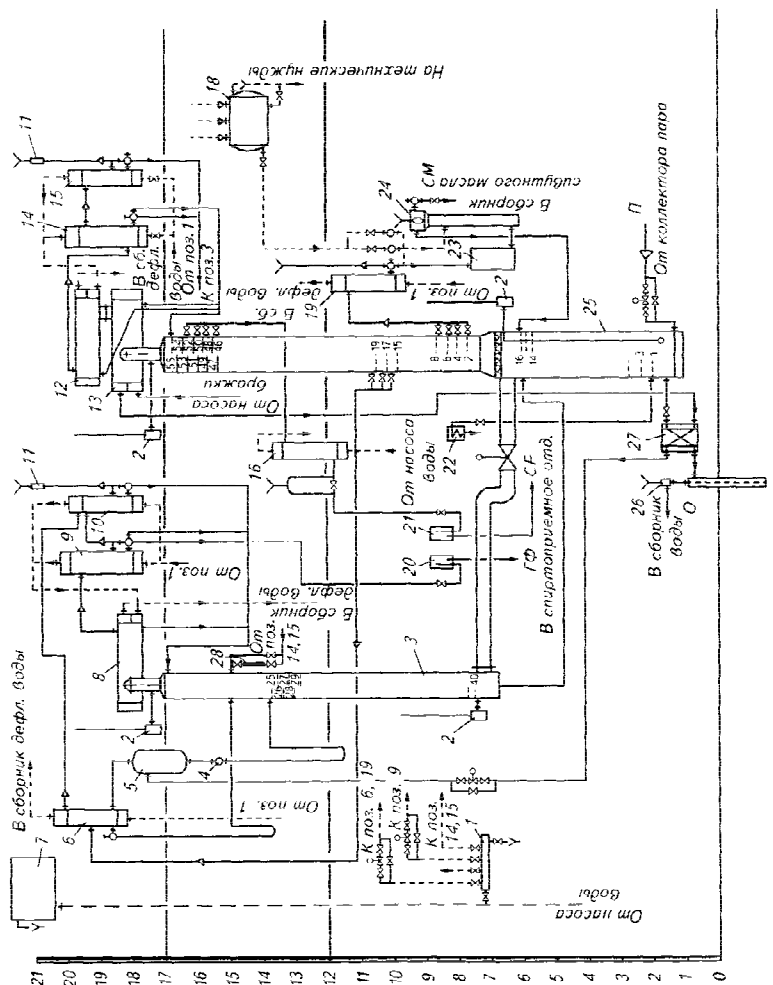
Выделенные из бражки головные примеси концентрируются в верхней части эпюрационной колонны и выводятся через конденсатор 9 в виде головной фракции.

Особенностью спиртовой колонны является питание ее спиртоводным паром, выходящим из бражной колонны. Эпюрированная бражка из эпюрационной колонны и флегма из спиртовой колонны поступают в верхнюю часть бражной колонны и после освобождения от спирта выходят из установки одним потоком (смесь барды и лютерной воды).

Греющий пар для всей установки вводится только в одну точку — в нижнюю часть бражной колонны. Эпюрационная и спиртовая колонны обогреваются спиртоводным паром, выходящим из бражной колонны. Чтобы исключить попадание частиц бражки в спиртовую колонну, на линии подачи пара между верхом бражной колонны и спиртовой колонной устанавливается пеноловушка.

Рис. III-9. Аппаратурно-технологическая схема брагоректификационной установки прямого действия (I вариант):

1 — коллектор воды; 2 — вакуум-прерыватель; 3 — колонна эспорационная (КЭ); 4 — фонтанная бражка; 5 — сепаратор углекислоты; 6 — конденсатор сепаратора углекислоты; 7 — водонапорная емкость; 8 — дефлегматор КЭ; 9 — конденсатор КЭ; 10 — спиртоловушка КЭ; 11 — огнепреградитель; 12 — дефлегматор КС; 13 — подогреватель бражки; 14 — холодильник КС; 15 — спиртоловушка КС; 16 — холодильник спирта; 17 — колонна спиртовая (КС); 18 — сборник дефлегматорной воды; 19 — конденсатор сивушной фракции; 20 — фонарь головной фракции; 21 — фонарь ректификованного спирта; 22 — пробный холодильник; 23 — промывная батарея; 24 — экстрактор сивушного масла; 25 — колонна бражная (КБ); 26 — гидрозатвор КБ; 27 — пластинчатый теплообменник



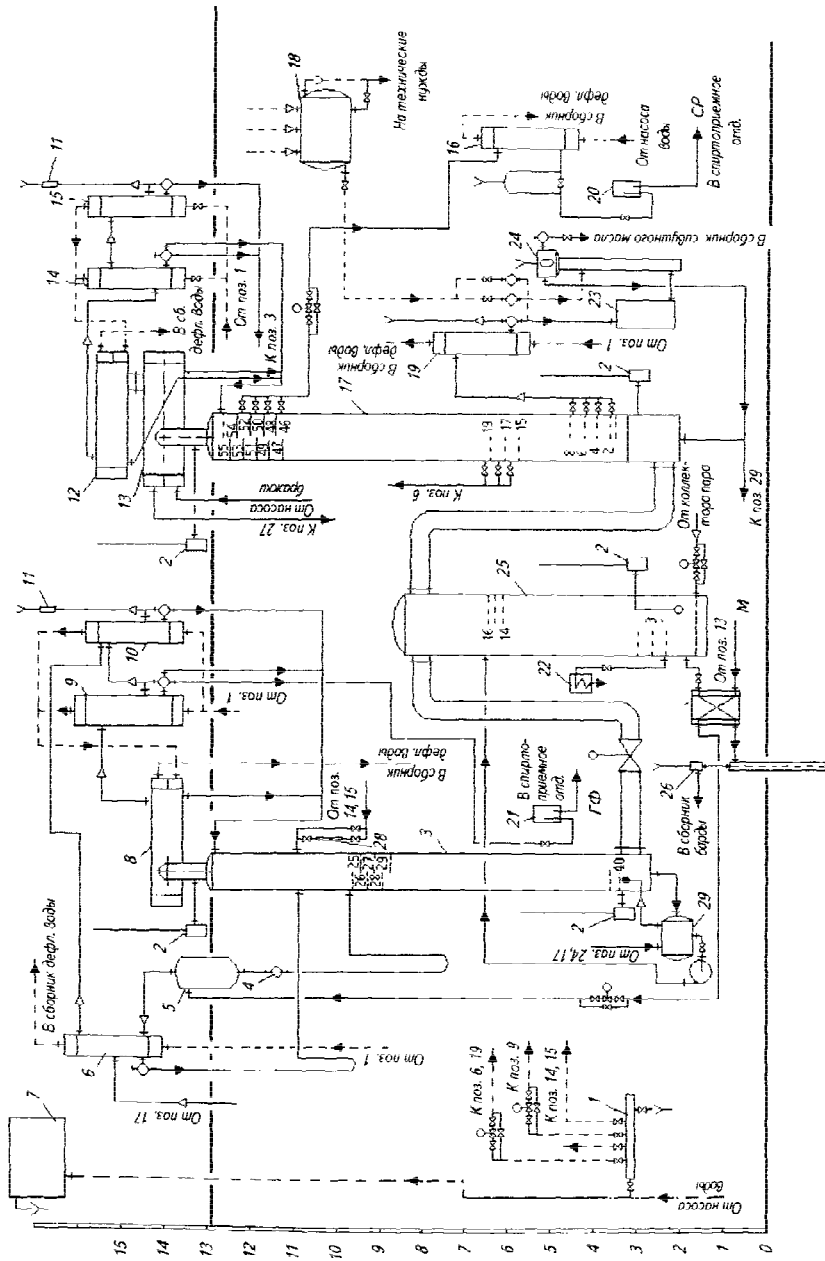


Рис. III-10. Аппаратурно-технологическая схема брагоректификационной установки прямого действия (II вариант).
 Обозначения см. рис. III-9

Значительная часть теплоты из дефлегматора 13 спиртовой колонны отводится за счет бражки, остальное количество теплоты отводится водой (поз. 12).

В дефлегматорах бражка обычно нагревается всего до 60...65 °С. С целью уменьшения расхода пара на установку бражку перед вводом в эюорационную колонну догревают до 80...85 °С за счет теплоты барды в теплообменнике 27.

Сивушное масло в установке прямого действия концентрируется в двух зонах: в нижней части спиртовой колонны (на 2-...4-й тарелках, считая снизу) и на нижних тарелках (на 2- и 3-й, считая снизу) концентрационной части эюорационной колонны. Отсюда оно выводится через холодильник 19 в виде сивушной фракции и направляется в экстрактор сивушного масла 24.

Колонны снабжаются верхними и нижними вакуум-прерывателями, регуляторами подачи пара и воды. Бражная колонна снабжается гидрозатвором для отвода барды и пробным холодильником.

В установках прямого действия двукратное использование всей теплоты греющего пара дает возможность значительно (на 35—40 %) сократить удельный расход греющего пара и охлаждающей воды на брагоректификацию по сравнению с установками косвенного действия. Установка может быть смонтирована в двух вариантах: по первому варианту — в помещении высотой 24—26 м, по второму (рис. III-10) — 19—20 м.

В настоящее время французская фирма Interis предлагает БРУ прямого действия для производства ректификованного спирта с концентрацией не ниже 96 % об. Оптимизированная энергетическая схема позволяет расходовать 260 кг пара на 100 дал спирта. Выход спирта высокого качества составляет 88—95 %.

Брагоректификационные установки косвенно-прямоточного (полупрямого) действия

Установки полупрямого действия отличаются большим разнообразием типоразмеров. АО Тамбовский завод «Комсомолец» выпускает установки косвенно-прямоточного действия, разработанные ВНИИПрБ (рис. III-11), производительностью 100, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 6000 дал в сутки.

Отличительной особенностью установки является предварительная эюорация бражки в открытой колонне и использование выходящего из бражной колонны спиртоводного пара для обогрева эюорационной ко-

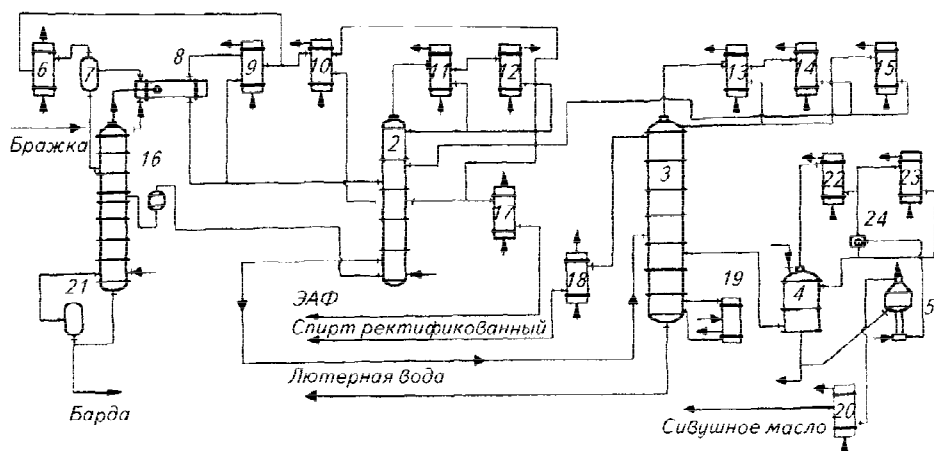


Рис. III-11. Аппаратурно-технологическая схема брагоректификационной установки АО Тамбовский завод «Комсомолец» косвенно-прямоточного действия: 1 — колонна брагоректификационная; 2 — колонна эпюрационная; 3 — колонна спиртовая; 4 — колонна экстрактивно-ректификационная; 5 — декантатор; 6, 9, 12, 14, 23 — конденсаторы; 7 — сепаратор CO_2 ; 8 — подогреватель бражки; 10, 15 — спиртоловушки; 11, 13 — дефлегматоры; 16 — ловушка бражной колонны; 17, 18, 20 — холодильники; 19 — испаритель (кипятильник); 21 — бардорегулятор; 24 — разделитель

лонны. Типовая бражная колонна установки косвенного действия дополняется открытой (без орошения) **брагоэпюрационной** колонной 1 с 8–10 тарелками.

Бражка, пройдя подогреватель 8 и сепаратор CO_2 7, поступает на верхнюю тарелку брагоэпюрационной колонны 1, где подвергается эпюрации за счет поступившего из бражной колонны спиртоводного пара.

Эпюрированная (освобожденная от головных примесей) бражка из брагоэпюрационной колонны поступает на верхнюю тарелку бражной колонны, где освобождается от спирта и сопутствующих ему летучих примесей. Спиртоводный пар из бражной колонны частично (около 50 %) направляется в брагоэпюрационную колонну для эпюрации бражки, другая часть, пройдя пеноловушку 16, поступает на обогрев эпюрационной колонны 2. Между верхом бражной колонны и подогревателем бражки установлен шибер, которым регулируется распределение парового потока между эпюрационной колонной и эпюрирующей частью бражной колонны. Питание эпюрационной колонны осуществля-

ется бражным дистиллятом, поступающим из подогревателя бражки 8, основного 9 и дополнительного 10 конденсаторов.

Особенностью работы эспирационной колонны является, с одной стороны, открытый обогрев спиртоводным паром, с другой — уменьшение примерно в 1,6 раза количества питания (бражного дистиллята).

В остальном установка косвенно-прямоточного действия как по устройству, так и по режиму работы не отличается от установок косвенного действия. Установку рекомендуется дополнять сивушной колонной 4.

В приложении IX дана характеристика основного и вспомогательного оборудования ректификационных установок, выпускаемого АО Тамбовский завод «Комсомолец», которое используется для комплектации БРУ косвенно-прямоточного действия, а в приложении XII приведены основные показатели их работы.

Брагоректификационные установки с дополнительными колоннами

Любая брагоректификационная установка может быть оснащена дополнительными колоннами: разгонной, окончательной очистки, сивушной. На рис. III-12 приведены схемы обвязки этих колонн.

Безводная часть головной фракции, отбираемой из конденсатора эспирационной колонны, содержит 92–97 % этилового спирта и только 3–8 % головных примесей. Отбор головной фракции обычно составляет при переработке крахмалистого сырья 2–3 %, мелассы — 3–4 %, а на мелассных заводах, вырабатывающих наряду со спиртом пекарские дрожжи, отбор ГФ доходит до 6 % от количества спирта, поступающего с бражкой (считая по безводному).

Установка **разгонной колонны** дает возможность выделить спирт из ГФ, а головные примеси получить в концентрированном виде. Разгонная колонна (рис III-12, а) обычно имеет 40–45 многоколпачковых тарелок с межтарелочным расстоянием 170 мм, снабжается дефлегматором и декантатором. Питание (ГФ) подается на 24-ю тарелку, считая снизу, на верхнюю тарелку вводится горячая вода, а в нижнюю часть колонны — греющий пар. При вводе воды на верхнюю тарелку колонны концентрация спирта на тарелках снижается, а летучесть головных примесей увеличивается, в результате чего из ГФ потоком пара извлекаются головные примеси. Освобожденный от примесей спирт в составе кубовой жидкости выходит из нижней части колонны и направляется в цикл брагоректификации. Воду в разгонную колонну подают с температурой 90...95 °С в таком коли-

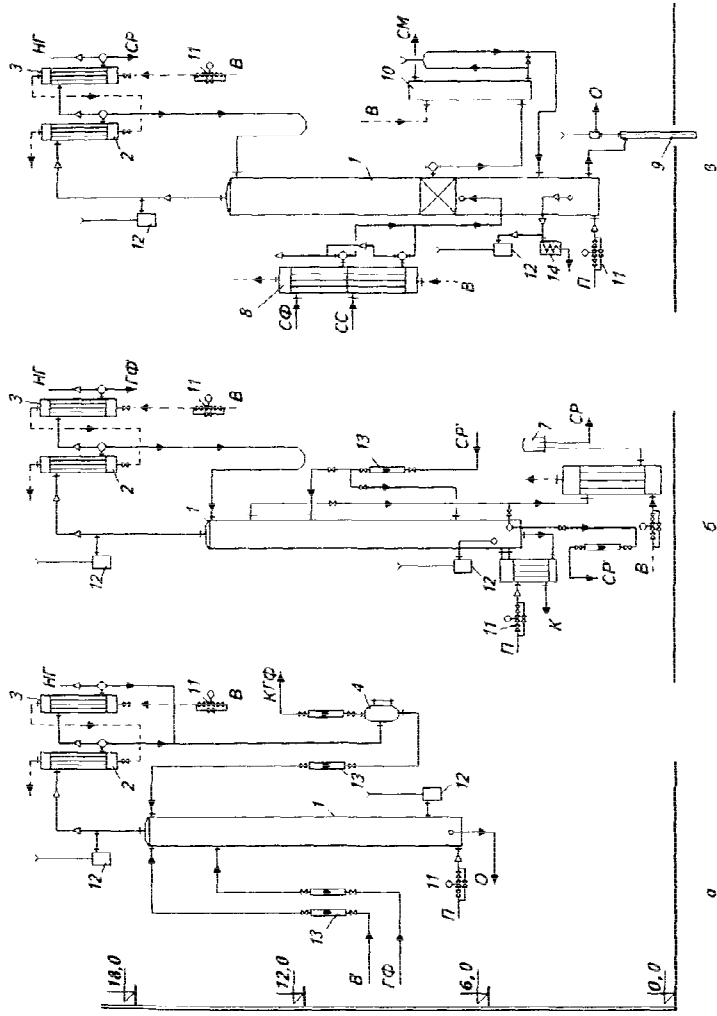


Рис. III-12. Схемы обвязки дополнительных колонок: а — разгонной, б — окончательной очистки, в — сивушной; 1 — колонны; 2 — дефлегматоры; 3 — конденсаторы; 4 — декантаторы; 5 — испаритель; 6 — холодильник спирта; 7 — фонарь; 8 — холодильник сивушных фракций; 9 — гидравлический затвор; 10 — экстрактор сивушного масла; 11 — регулирующие клапаны; 12 — вакуум-прерыватели; 13 — ротаметры; 14 — пробный холодильник

честве, чтобы концентрация спирта в кубовой жидкости была около 8 % об. Расход пара составляет 20–25 кг на 1 дал спирта, введенного в разгонную колонну.

Головные примеси концентрируются в верхней части колонны. После конденсации выходящего из колонны пара получается, как правило, гетерогенная смесь, состоящая в основном из эфиров, альдегидов и воды. Она направляется в декантатор, где расслаивается. Состоящий в основном из эфиров и альдегидов верхний слой представляет собой концентрат головной фракции (КГФ) с малым содержанием спирта. Он выводится из установки как побочный продукт ректификации в количестве 0,1–0,2 % от общего выхода спирта. Нижний, содержащий некоторое количество головных примесей и спирта водный слой направляется как флегма на орошение колонны.

Установка разгонной колонны дает возможность увеличить выход ректификованного спирта с 95–96 до 98–99,7 % от количества спирта, введенного с бражкой.

Для повышения выхода ректификованного спирта, улучшения его качества и упрощения выделения сивушного масла в процессе ректификации разработана схема брагоректификационной установки (рис. III-13), в которой предусматривается сброс в дополнительную разгонную колонну всех спиртосодержащих погоннов, обогащенных примесями (погон из спиртоволушек, конденсаторов бражной, эспираторной и спиртовой колонн, конденсатора, сепаратора CO_2 , сивушная фракция и сивушный спирт).

Введенные в разгонную колонну спиртосодержащие побочные примеси и полупродукты брагоректификации разделяются на два потока: верхний, в котором содержатся все головные и промежуточные примеси спирта (в том числе спирты C_3 , C_4 , C_5), и нижний, содержащий спиртоводную смесь, свободную от головных и промежуточных примесей. Верхний продукт после конденсации в дефлегматоре поступает в декантатор, где расслаивается на **сивушно-эфироальдегидный концентрат (СЭАК)** и обогащенный водой нижний слой, который направляют на верхнюю тарелку разгонной колонны в виде флегмы. Процесс идет при подаче воды на верхнюю тарелку (гидроселекция). Хорошему расслаиванию фаз в декантаторе способствует то, что в верхнем слое практически отсутствует этиловый спирт. Выход СЭАК составляет около 0,4–0,5 % от объема введенного в бражную колонну спирта.

Спиртоводная смесь, освобожденная от всех головных и промежуточных примесей, выводится из нижней части разгонной колонны и направляется в бражку или на верхнюю тарелку бражной колонны.

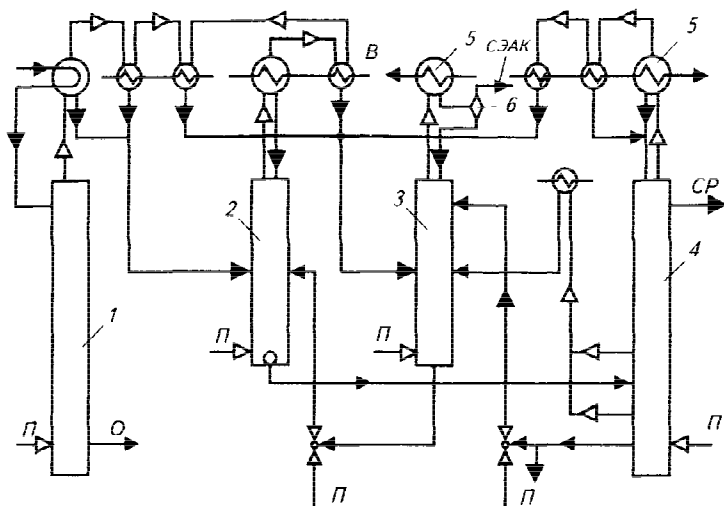


Рис. III-13. Схема брагоректификационной установки с выводом побочных примесей в виде одного продукта (СЭАК).

Колонны: 1 — бражная; 2 — эшюрационная; 3 — разгонная; 4 — спиртовая; 5 — дефлегматоры; 6 — декантатор

Рассмотренная схема брагоректификации дает возможность практически полностью извлечь этиловый спирт из побочных примесей и получать последние в концентрированном виде. При этом исключается узел промывки и выделения сивушного масла водной экстракцией, отпадает необходимость решать вопрос об использовании крепкого сивушного спирта, улучшается качество спирта за счет увеличения отбора обогащенных примесями спиртосодержащих погоннов. Все побочные примеси выводятся в виде одного продукта, что упрощает их хранение и транспортировку.

Назначение колонны окончательной очистки (рис. III-12, б) состоит в выделении из ректифицированного спирта остатков головных и концевых примесей за счет повторной эшюрации концентрированного спирта. Это дает возможность улучшить дегустационные показатели спирта, увеличить время окисляемости, понизить содержание кислот, эфиров, альдегидов, метанола.

Типовая колонна обычно изготавливалась с 30 многоколпачковыми тарелками (20 в отгонной и 10 в концентрационной части). Обогревается колонна обязательно закрытым паром. В настоящее время типовые колонны стали изготавливать с 40 тарелками.

Головные и концевые примеси, выделенные в нижней части колонны и сконцентрированные в верхней, выводятся из конденсатора в виде головной фракции в количестве 0,5–1 % от количества введенного в колонну спирта. Головная фракция колонны окончательной очистки присоединяется к ГФ элюационной колонны или ее направляют на одну из верхних тарелок элюационной колонны, а при наличии разгонной колонны головную фракцию направляют в нее.

Прошедший дополнительную очистку от головных и концевых примесей ректификованный спирт выводится из нижней части колонны, после чего направляется на охлаждение.

При использовании колонны окончательной очистки в **режиме повторной элюации** концентрация выходящего из колонны окончательной очистки спирта **снижается** на 0,01–0,05 % по сравнению с концентрацией введенного в колонну спирта.

Колонна окончательной очистки может работать и в режиме **повторной ректификации** спирта. В этом случае спирт освобождается в основном от остатка верхних промежуточных примесей и частично от головных и концевых примесей (за счет повторной пастеризации).

При том же числе тарелок питание в колонну подается на 4-ю тарелку (считая снизу), а спирт после окончательной очистки отбирается с 10-й тарелки (считая сверху) из жидкой фазы. Наряду с отбором ГФ из конденсатора колонны в данном случае производится отбор фракции, обогащенной верхними промежуточными примесями, которая выводится из куба колонны окончательной очистки в количестве 2–3 % и направляется на тарелку питания спиртовой колонны.

Включение колонны окончательной очистки по режиму **повторной ректификации повышает концентрацию спирта** на 0,2–0,3 % об. по сравнению с концентрацией введенного в колонну спирта.

В **сивушной колонне** (рис. III-12, в) проводится дальнейшее концентрирование компонентов сивушного масла и других промежуточных примесей, начатое в спиртовой колонне. Сивушная колонна питается сивушной фракцией и сивушным спиртом, отбираемыми из спиртовой колонны в зоне концентрирования промежуточных примесей. В отгонной части колонны устанавливают 15–17, в концентрационной 40 многоколпачковых тарелок при межтарелочном расстоянии 170 мм. Между отгонной и концентрационной частями устанавливается аккумулятор. В нем находится значительный объем спиртоводной жидкости, который обеспечивает равномерную работу колонны, и накапливаются компоненты сивушного масла.

Этиловый спирт и головные примеси концентрируются в верхней части колонны и выводятся обычно в эшюрэионную колонну. Иногда этот спирт отбирается как низший сорт для технических целей. Снизу колонны отводится лютерная вода. Обогрев колонны может быть открытым или закрытым.

В УкрНИИспиртбиопроде разработан несколько видоизмененный (экстрактивно-ректификационный) вариант сивушной колонны, работающей в режиме гидроселекции. Колонна оснащается 12—16 тарелками; питание вводится в куб колонны с помощью парового эжектора, на верхнюю тарелку наряду с флегмой подается горячая лютерная вода, что позволяет сконцентрировать компоненты сивушного масла при меньшем числе тарелок и меньшем расходе пара. Схема включения экстрактивно-ректификационной сивушной колонны УкрНИИспиртбиопрода показана на рис. III-11 (поз. 4).

Дополнительные колонны снабжаются верхними и нижними вакуум-прерывателями, регуляторами подачи пара и воды, гидрозатворами на линии отвода кубовой жидкости и лютера. Дополнительные колонны могут быть включены в схему любой брагоректификационной установки и любой непрерывнодействующей установки для ректификации спирта-сырца.

Брагоректификационные установки, работающие под разрежением

Одним из эффективных путей снижения энергозатрат является создание брагоректификационных установок, работающих под разрежением. В установках такого типа одна или несколько колонн работают под давлением ниже атмосферного. В этих условиях наиболее эффективно осуществляется многократное использование тепла. Как в СНГ, так и за рубежом накоплен значительный опыт эксплуатации таких установок.

Вакуумные брагоректификационные установки, как правило, создавались на базе установок косвенного действия в двух вариантах.

По первому варианту (рис. III-14, а) под разрежением работает бражная колонна (иногда и эшюрэионная) и обогрев ее осуществляется за счет тепла конденсации спиртового пара спиртовой (иногда и сивушной) колонны. По такой схеме работают установки фирмы «Спейшим» (Франция), некоторые установки в США, установка, разработанная В. И. Баранцевым в Воронежском технологическом институте (ВТИ), и др.

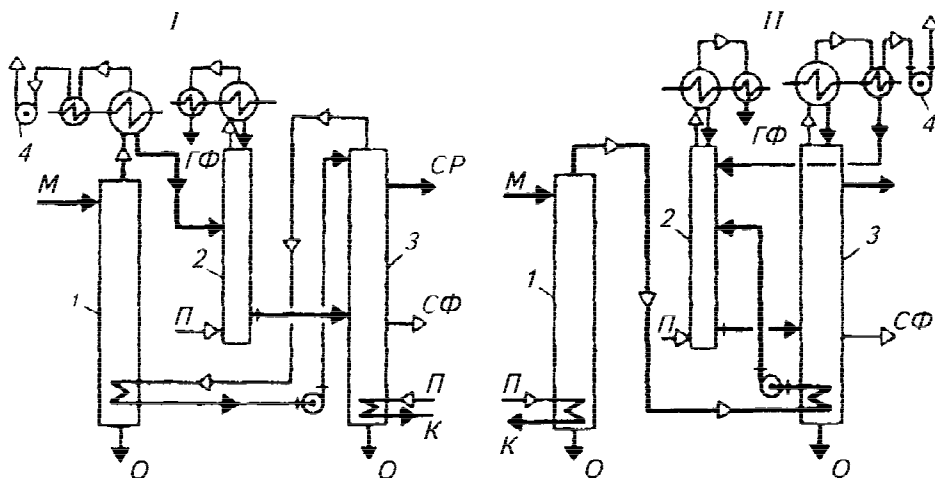


Рис. III-14. Схемы вакуумных брагоректификационных установок. Колонны: 1 — бражная; 2 — эшюрационная; 3 — спиртовая. 4 — вакуум-насос

По второму варианту (рис. III-14, б) под разрежением работает спиртовая колонна (а иногда эшюрационная) и обогревается за счет тепла бражной колонны. По такой схеме работают некоторые установки в США, установки, разработанные в УкрНИИспиртбиопрод, и др.

Наиболее простым вариантом вакуумной установки является схема, созданная в свое время в Киевском технологическом институте пищевой промышленности (КТИПП) на базе наиболее распространенной типовой трехколонной брагоректификационной установки косвенного действия (рис. III-15).

Вакуумные установки позволяют снизить удельный расход пара и воды по сравнению с типовыми установками косвенного действия на 35—45%. Обычно они расходуют пар и воду в количестве соответственно 30—35 кг и 0,3—0,4 м³ на 1 дал спирта. Дополнительный расход электроэнергии на создание разрежения невелик — около 0,1—0,2 кВт·ч/дал.

В настоящее время существуют два противоположных мнения о преимуществах того или иного варианта.

Ряд исследователей считает, что работа бражной колонны под разрежением предпочтительнее, поскольку в этих условиях в значительной мере исключается образование в ней новых легколетучих примесей, что положительно влияет на качество спирта. Содержание эфиров, альдегидов и кислот в бражном дистилляте и эшюрате резко сокращает-

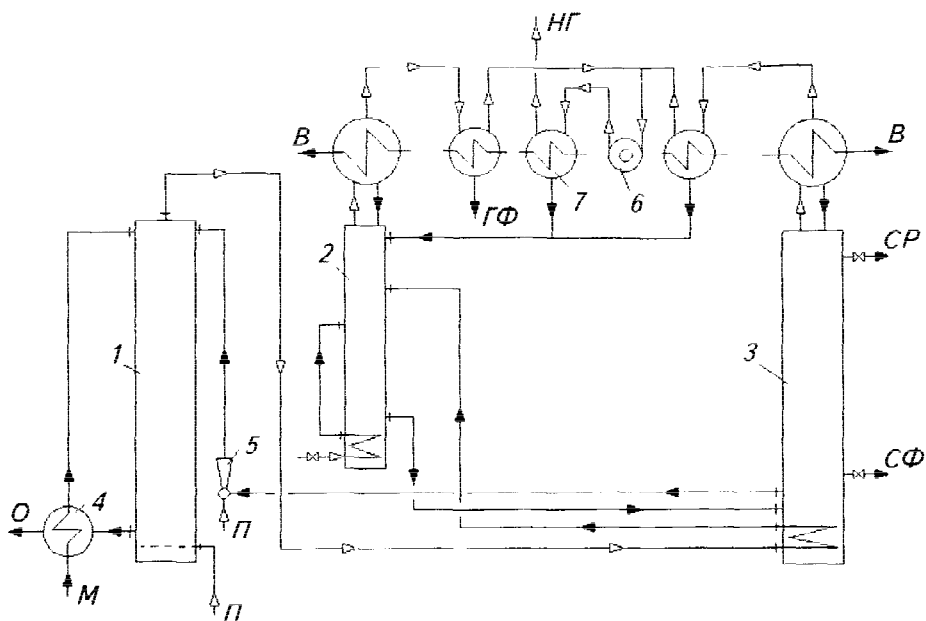


Рис. III-15. Схема вакуумной брагоректификационной установки КТИПШ (УДУХТ). Колонны: 1 — бражная, 2 — элюрационная, 3 — спиртовая; 4 — подогреватель бражки; 5 — эжектор; 6 — вакуум-насос; 7 — спиртоловушка

ся, улучшаются аналитические и дегустационные показатели спирта (данные фирмы «Спейшим», ВТИ и др.).

Другие исследователи (УкрНИИспиртбиопрод) считают такую гипотезу необоснованной, т. к. низкая концентрации спирта в бражной колонне не способствуют интенсивному образованию новых примесей. Они полагают, что химические процессы протекают более интенсивно в элюрационной и спиртовой колоннах, где имеются зоны высоких концентраций этилового спирта, альдегидов и других активных соединений. По этой причине предпочтительнее эксплуатировать при пониженной температуре (пониженном давлении) спиртовую и элюрационную колонны.

По энергетическим показателям второй вариант имеет ряд преимуществ. Работа спиртовой колонны под разрежением теоретически оправдана тем, что с понижением давления аэотропная точка спиртоводного раствора сдвигается в сторону более высоких концентраций спирта. Следовательно, для достижения заданной концентрации спирта потребуются или меньшее число тарелок в концентрационной части колонны, или пониженный удельный расход пара.

**Зависимость расхода пара на проведение
процесса ректификации от давления в колонне**

Колонна	Расход пара, кг/дал при давлении в колонне, кПа			
	100	50	25	12,5
Бражная	23	19	19	20
Спиртовая	21	12	10	9

Расход пара на процесс в спиртовой и бражной колоннах при работе их под различным давлением и с неизменным числом тарелок должен соответствовать приведенным в табл. III-1 данным.

Снижение расхода пара с понижением давления в спиртовой колонне более ощутимо, нежели в бражной. Это дает возможность при работе спиртовой колонны под разрежением с большей гарантией обеспечить ее отработавшим теплом бражной колонны.

На основании разработок УкрНИИспиртбиопрода АО Тамбовский завод «Комсомолец» освоило производство БРУ с элементами, работающими под вакуумом (рис. III-16).

В установке обогрев эспирационной и спиртовой колонн осуществляется паром бражной колонны, в нижней части которой поддерживается давление 2,5–3 м вод. ст. Эспирационная и спиртовая колонны работают под разрежением. В кубе эспирационной колонны поддерживаются разрежение 3,5–4 м вод. ст. и температура 60...61 °С.

В кубе спиртовой колонны поддерживается разрежение в пределах 2,5–3 м вод. ст. и температура 88...90 °С; в верхней части разрежение 5–6 м вод. ст. и температура 60...61 °С.

Над 8-й тарелкой спиртовой колонны поддерживается температура 80...86 °С, над 16-й 72...74 °С.

Спиртоловушки эспирационной и спиртовой колонн соединены с барометрическим конденсатором, в который подается охлаждающая вода; для отвода неконденсирующихся газов из барометрического конденсатора установлен вакуум-насос, который создает разрежение 5–6 м вод. ст.

Бражка предварительно подогревается в дефлегматоре 13 до температуры 50...52 °С, догревается в теплообменнике 8, а затем в сепараторе CO₂ до 80...85 °С за счет ввода спиртового пара, выходящего из бражной колонны.

Основная масса спиртоводного пара из бражной колонны проходит через пленочный испаритель 26, вторичный пар из которого идет на

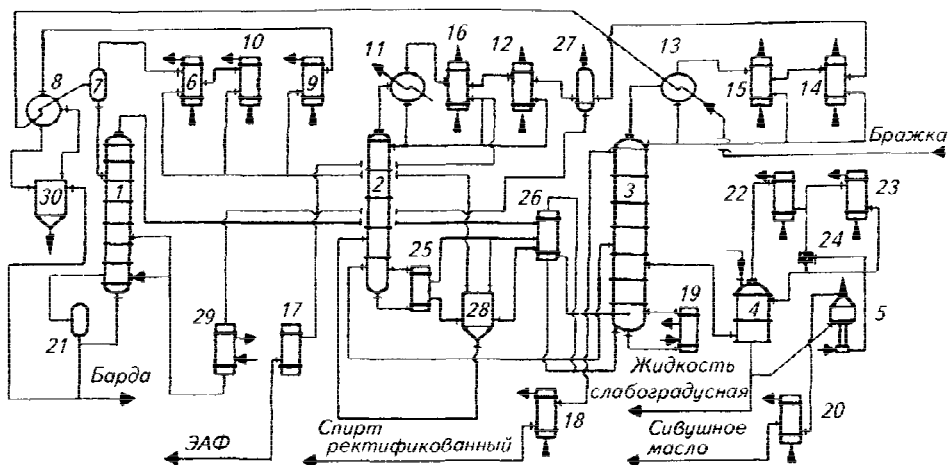


Рис. III-16. Схема брагоректификационной установки АО Тамбовский завод «Комсомолец» с элементами, работающими под вакуумом:

1 — колонна бражная; 2 — колонна эпюрационная; 3 — колонна спиртовая; 4 — колонна экстрактивно-ректификационная; 5 — декантатор; 6, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 23 — конденсаторы; 7 — сепаратор CO_2 ; 8 — теплообменник; 11, 13, 22 — дефлегматоры; 17, 18, 20 — холодильники; 19, 25, 26 — испарители; 21 — бардорегулятор; 24 — разделитель; 27 — конденсатор барометрический; 28 — сборник бражного дистиллята; 29 — подогреватель барометрической воды; 30 — испарительная камера

обогрев спиртовой колонны. Оставшаяся часть пара конденсируется в испарителе 25 эпюрационной колонны.

Конденсат спиртоводного пара из испарителей 25 и 26 поступает в сборник 28, откуда отсасывается на питательную тарелку эпюрационной колонны.

Для стабилизации давления в кубе эпюрационной и спиртовой колонн предусмотрены дополнительные испарители, которые обогреваются греющим паром, или ввод пара через барботер.

Сивушная фракция из спиртовой колонны отводится с помощью эжектора и направляется в экстрактивно-ректификационную колонну.

Эта установка как по оборудованию, так и в эксплуатации значительно сложнее установок, работающих при атмосферном давлении; она требует более жесткой системы автоматизации и стабилизации процесса. По данным авторов, удельный расход греющего пара составляет 35–37 кг/дал, воды 0,35–0,4 м³/дал, дополнительный расход электроэнергии 0,1–0,15 кВт·ч/дал.

В приложении XII даны основные показатели работы БРУ с элементами, работающими под вакуумом (по данным завода-изготовителя).

Ректификационные установки для производства технического спирта

В странах, где отсутствует производство гидролизного или синтетического спирта, технический спирт вырабатывается из низкокачественного крахмалсодержащего или сахаросодержащего сырья. Технический спирт используется предприятиями органического синтеза и микробиологической промышленностью как сырье, а во многих отраслях промышленности — как растворитель.

В связи с истощением месторождений нефти и повышением цен на нефтепродукты в настоящее время в ряде стран спирт используется как топливо или как компонент топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Введение спирта в моторные топлива повышает их октановое число, что позволяет в значительной мере отказаться от применения экологически вредных антидетонационных присадок (например на основе тетраэтилсвинца). При использовании смеси спирта с углеводородами уменьшаются токсичность отработавших газов и расход топлива. Весьма вероятно, что производство моторных топлив в будущем станет основным потребителем технического спирта.

Технический спирт, как правило, не требует глубокой очистки от примесей, его можно получать в одноклонных брагоперегонных аппаратах (типа сырцовых) и сократить расход энергии на производство. В США для получения «газохола» (бензина с добавлением до 10 % этилового спирта) применяют спирт с концентрацией 96–96,2 % об. при введении в смесь веществ-стабилизаторов, предотвращающих ее расслаивание. При приготовлении топливных смесей с большим содержанием этанола требуется его абсолютирование (обезвоживание).

При использовании чистого спирта с концентрацией более 95 % об. в качестве моторного топлива его абсолютирование не требуется.

Технология получения технического спирта из крахмал- и сахаросодержащего сырья включает обычные для спиртового производства стадии: подготовку сырья, получение бражки, выделение спирта из бражки и его очистку с помощью ректификации.

Технический спирт высокой степени очистки вырабатывают на типовых брагоректификационных установках с выделением головной фракции и сивушного масла по той же технологии, как и при производстве ректифицированного пищевого спирта.

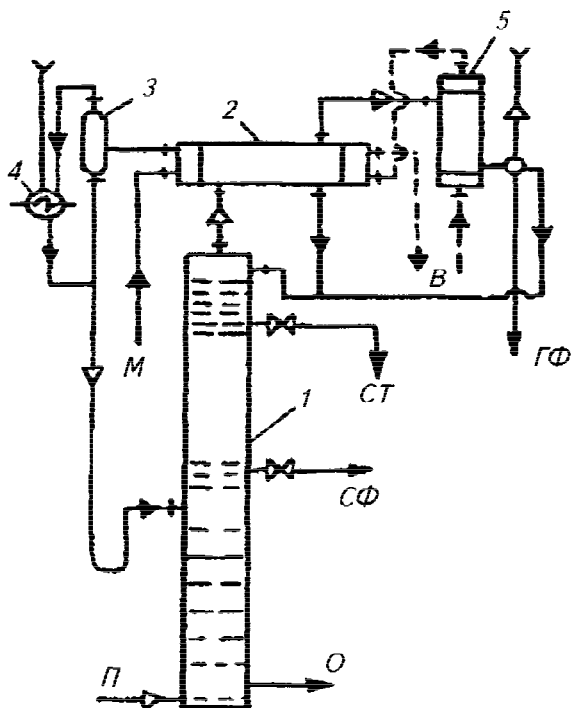


Рис. III-17. Схема ректификационной установки для выработки технического спирта с частичным отбором головных и промежуточных примесей:

1 — колонна; 2 — дефлегматор; 3 — сепаратор CO_2 ; 4 — конденсатор сепаратора CO_2 ; 5 — конденсатор-холодильник.

СРТ — спирт ректификованный технический; СФ — сивушная фракция; Бр — бражка; Ба — барда; ГФ — головная фракция; П — пар греющий

При выработке технического спирта с содержанием сивушного масла до 200 мг/дм^3 , альдегидов и кислот до 50 мг/дм^3 можно использовать одноколонные ректификационные установки с частичным отбором головных примесей и компонентов сивушного масла (рис. III-17) или типовые брагоректификационные установки с исключением из схемы элюэционной колонны.

Для выделения сопутствующих летучих примесей при выработке концентрированного (96,0 % об. и более) технического спирта может быть использована одноколонная сырьевая установка с увеличенным (до 50) количеством тарелок в концентрационной части колонны и повышенным флегмовым числом. При этом желательно предусмотреть отбор сивушного масла.

Такой спирт можно вырабатывать и на типовых брагоректификационных установках без исключения эшюрационной колонны. Вводить бражный дистиллят в данном случае следует непосредственно на тарелку питания спиртовой колонны, а отбирать технический спирт — из конденсатора или дефлегматора спиртовой колонны. Использование одноколонных установок при выработке технического спирта требует меньших энергетических затрат.

В ряде случаев технический спирт денатурируют, чтобы предотвратить его использование для приготовления пищевых продуктов (алкогольных напитков) или дальнейшую переработку в ректифицированный спирт пищевых кондиций. Денатурация спирта не связана с процессами перегонки и ректификации и осуществляется за пределами ректификационного отделения.

Ректификационные установки для получения абсолютированого спирта

Спирт можно абсолютировать (обезвоживать) азеотропной ректификацией, с помощью полупроницаемых мембран, с применением твердых или жидких водосвязывающих веществ, ректификацией в присутствии солей и др.

В странах СНГ абсолютирование спирта производится методом образования тройных нераздельнокипящих (азеотропных) смесей. Такая смесь образуется при добавлении к спирту с концентрацией 95–96,5 % об. третьего компонента, например бензола, циклогексана, трихлорэтана или других веществ, образующих со спиртом и водой азеотропные смеси.

В большинстве случаев в настоящее время в качестве третьего (водоотнимающего) компонента используется углеводород циклогексан (C_6H_{12}) — прозрачная, бесцветная легколетучая жидкость с температурой кипения 80,8 °С, температурой плавления 6,6 °С, плотностью 0,778 кг/дм³, практически не растворяющаяся в воде, неограниченно растворяется в эфире, ацетоне, бензоле, спирте.

Пары циклогексана образуют с воздухом взрывоопасную смесь. Температура вспышки 18 °С, температура воспламенения 260 °С. Концентрационные границы воспламенения 1,2–10,6 % об. Циклогексан токсичен, предельно допустимая концентрация (ПДК) паров в воздухе производственных помещений составляет 80 мг/м³, но он менее токсичен, чем бензол, и поэтому вытесняет последний в технологии абсолютирования спирта.

Циклогексан дает двухкомпонентные азеотропы:

1) с водой: воды — 8,4 % мас.; температура кипения $t_{\text{кип}} = 65,13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2) с этиловым спиртом: спирта — 30 % мас.; температура кипения $t_{\text{кип}} = 69,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Трехкомпонентный азеотроп с водой и этиловым спиртом кипит при $62,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и имеет следующий состав (% мас.): вода — 7,0; этиловый спирт — 17,0; циклогексан — 76.

Сущность процесса обезвоживания спирта состоит в следующем. В ректификационную колонну вводят питание с концентрацией спирта 95–96,5 % об. и добавляют определенное количество циклогексана. В процессе ректификации в колонне образуется азеотропная смесь, которая ведет себя как легколетучий компонент (ЛЛК) и выходит из колонны в виде верхнего продукта в парообразном состоянии. Вниз по колонне стекает обезвоженный этиловый спирт как труднолетучий компонент (ТЛК); вся вода, поступившая в колонну со спиртом, выводится с азеотропной смесью

Пары азеотропной смеси при конденсации дают гетерогенную (неоднородную) жидкую смесь, которая расслаивается, образуя верхний, легкий слой, содержащий 93–94 % мас. циклогексана, 6–7 % мас. этанола и незначительное количество воды, и нижний, тяжелый слой, который содержит 69–71 % мас. этанола, 21–23 % мас. воды и 6–8 % мас. циклогексана.

На рис. III-18 приведена схема установки по абсолютированию спирта. Исходный спирт, как правило, подается на 10-ю сверху тарелку обезвоживающей (дегидратационной) колонны 1. В колонну на верхнюю тарелку подается некоторое количество циклогексана. При подводе в колонну теплоты (обогрев колонны закрытым паром через испаритель 10) смесь этанола, воды и циклогексана в колонне разделяется на азеотропную смесь и обезвоженный этиловый спирт. Последний выводится из куба колонны, охлаждается в теплообменнике 11 и направляется в сборник абсолютированного спирта.

Пар азеотропной смеси конденсируется в дефлегматоре обезвоживающей колонны 2 и конденсаторе 3. Конденсат в декантаторе 6 расслаивается. Верхний слой, который в основном содержит циклогексан, поступает на орошение обезвоживающей колонны (флегма). Нижний слой из декантатора 6, пройдя холодильник 7, направляется в декантатор второй ступени 8, откуда обогащенный циклогексаном верхний слой поступает в обезвоживающую колонну, а нижний (спиртоводный) поступает через подогреватель 12 на тарелку питания регенерационной колонны 9.

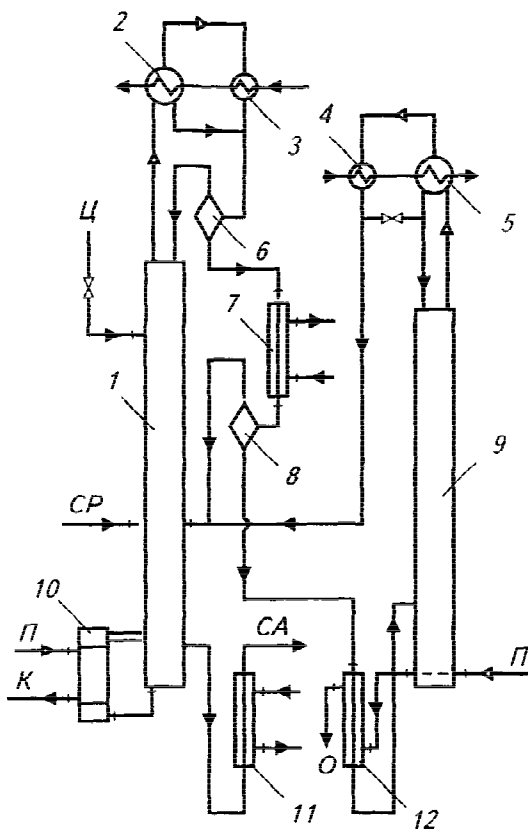


Рис. III-18. Схема ректификационной установки для абсолютирования спирта: 1 — обезвоживающая колонна; 2, 5 — дефлегматоры; 3, 4 — конденсаторы; 6, 8 — декантаторы I и II ступени; 9 — регенерационная колонна; 10 — испаритель; 11 — холодильник абсолютированного спирта; 12 — теплообменник

В регенерационной колонне спирт с некоторым количеством циклогексана концентрируется и направляется частично на тарелку питания обезвоживающей колонны, а частично на орошение регенерационной колонны 9. Регенерационная колонна оснащена дефлегматором 5 и конденсатором 4; она может обогреваться как открытым, так и закрытым паром. Поступающее в нее питание подогревается в теплообменнике 12.

Обезвоживающая и регенерационная колонны имеют 60–70 многоколпачковых тарелок. В обезвоживающей колонне постоянно циркулирует определенное количество циклогексана, который выполняет роль переносчика воды из колонны в декантатор.

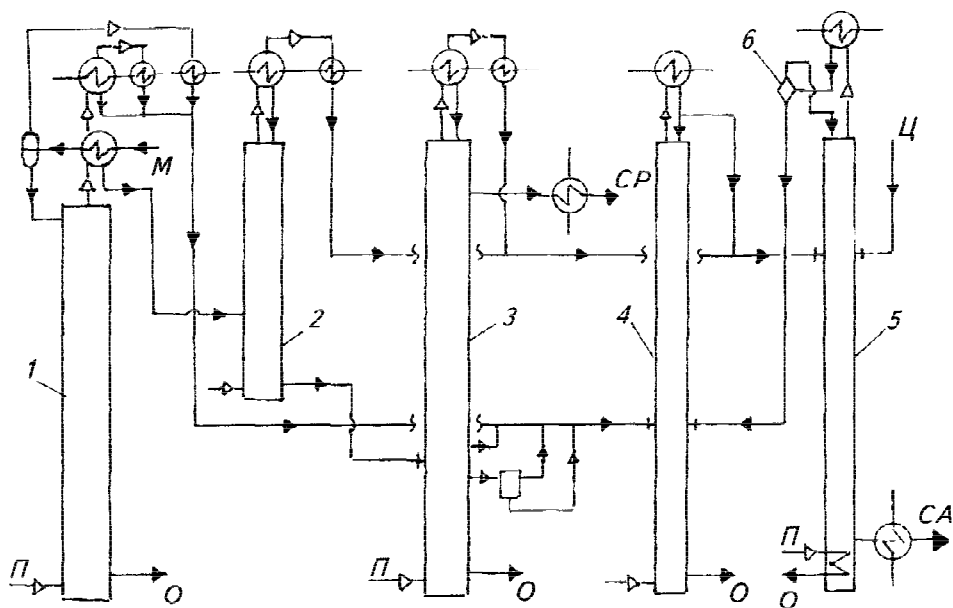


Рис. III-19. Схема ректификационной установки с выработкой параллельно ректифицированного спирта и абсолютированного технического спирта. Колонны: 1 — бражная; 2 — эшюрационная; 3 — спиртовая; 4 — регенерационная; 5 — обезвоживающая; 6 — декантатор

При получении абсолютного спирта непосредственно из бражки установку для абсолютирования соединяют с сырьевой или брагоректификационной установкой в единую технологическую линию. Сырьевая, или брагоректификационная установка в данном случае обеспечивает получение концентрированного спирта, который без охлаждения сразу же вводят в дегидратационную колонну. При питании дегидратационной установки концентрированным спиртом-сырцом или техническим спиртом получается технический абсолютированный спирт; в него переходят практически все содержащиеся в спирте-сырце примеси. Количество их даже может несколько увеличиться. Такой спирт в основном используется как компонент моторного топлива, для растворения красок и лаков.

При питании дегидратационной колонны ректифицированным спиртом получается очищенный абсолютированный спирт.

При производстве спирта из мелассы ректификацию проводят с выработкой параллельно двух продуктов: спирта ректифицированного повышенного качества и технического абсолютированного спирта. На типовой брагоректификационной установке из бражки по обычной тех-

нологии получается ректификованный спирт, но с повышенным отбором погонов из конденсаторов бражной колонны, головной фракции, непастеризованного и сивушного спирта. Все эти погоны, в том числе из конденсатора углекислоты, и сивушное масло поступают в колонны для абсолютирования спирта. Опыт показывает, что повышенное содержание летучих примесей в техническом спирте не отражается на технологии абсолютирования. По мере накопления все примеси перемешаются в основном вниз по колонне абсолютирования.

Соотношение одновременно вырабатываемого ректификованного спирта и технического абсолютированного может изменяться в широких пределах. На рис. III-19 приведена разработанная УкрНИИспиртбиопромом и внедренная на Барском спиртзаводе схема установки с выработкой параллельно двух продуктов: ректификованного и технического абсолютированного спирта производительностью соответственно 3000 и 3000 дал/сут. Ректификованный спирт получается повышенного качества.

На рис. III-20 приведена разработанная нами и внедренная на Будыльском экспериментальном заводе схема производства абсолютированного

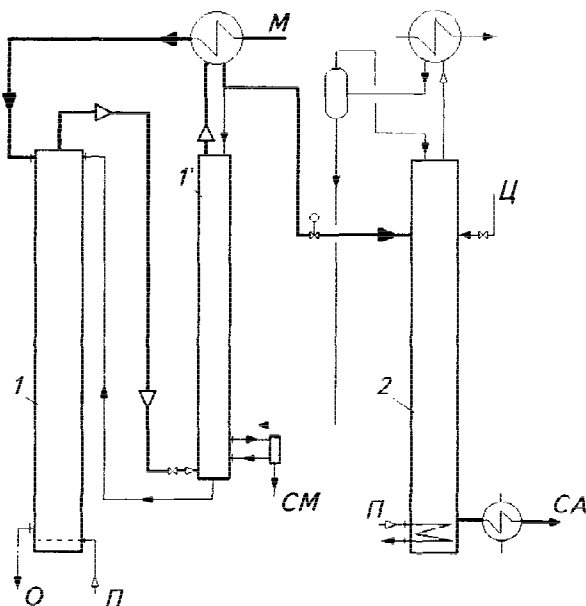


Рис. III-20. Аппаратурно-технологическая схема установки для производства топливных оксигенатов Будыльского экспериментального завода: 1 — отгонная и 1' — концентрационная часть брагоперегонной колонны; 2 — колонна обезвоживающая

технического спирта непосредственно из бражки с использованием типового оборудования трехколонной БРУ косвенного действия без существенных изменений ее компоновки. Колонны *I* и *I'* в принципе представляют собой одну колонну сырцовой ректификационной установки.

Ректификационные установки для разгонки побочных продуктов ректификации спирта

В процессе выделения и очистки спирта получают побочные продукты: барда, лютерная вода, головная фракция, сивушный спирт, сивушное масло. С бардой и лютерной водой отводится нелетучая часть бражки; сопутствующие спирту летучие примеси выводятся с головной фракцией, сивушным спиртом и сивушным маслом.

Сивушный спирт, если он выводится из ректификационной установки, используется как технический. Головную фракцию подвергают разгонке с целью выделения из нее спирта путем включения в систему брагоректификации дополнительной, разгонной колонны (это децентрализованная разгонка головной фракции). Она получила широкое применение на заводах, перерабатывающих мелассу.

На ряде заводов организована централизованная разгонка головной фракции, куда она свозится с мелких заводов и заводов, не имеющих децентрализованной разгонки. Схема установки для централизованной разгонки головной фракции (авторы П.С. Цыганков и П.Л. Шиян) представлена на рис. III-21. Она включает колонны: разгонную *1*, отгонную *2*, эспурационную *3*, метанольную *4*, спиртовую *5* и декантатор *6*. Метанольная колонна включается в работу при переработке головной фракции с заводов, перерабатывающих крахмалсодержащее сырье.

В разгонной колонне головная фракция за счет глубокой гидроселекции освобождается от всех летучих примесей спирта, которые концентрируются в верхней части колонны. Концентрат головной фракции отделяется от флегмы в декантаторе *6*. Спирт в виде слабоградусной жидкости (8–10 % об.) из куба разгонной колонны поступает в отгонную колонну *2*, где отгоняется и в виде конденсата поступает в эспурационную колонну *3*. В дальнейшем работа установки не отличается от работы обычной БРУ.

При переработке ГФ получают следующие продукты (дал на 100 дал безводной части исходной ГФ): ректификованного спирта 90–94, эфи-роальдегидного концентрата 4–7, потери спирта при разгонке 2–3. Выход ректификованного спирта зависит от содержания летучих примесей в исходной ГФ. Расход пара на переработку одного декалитра ГФ

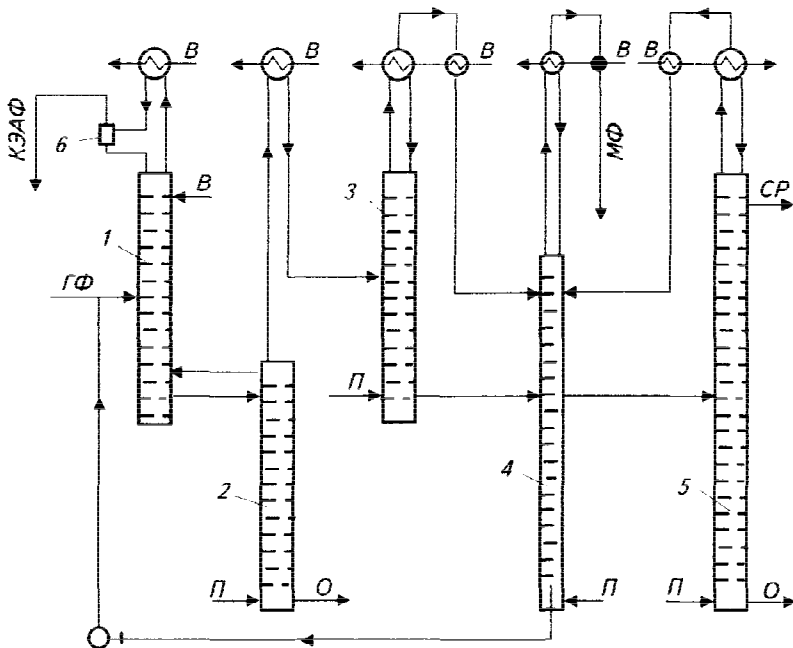


Рис. III-21. Аппаратурно-технологическая схема ректификационной установки для централизованной разгонки головной фракции. Колонны: 1 — разгонная; 2 — отгонная; 3 — элюрационная; 4 — метанольная (окончательной очистки); 5 — спиртовая

равен 60–70 кг, воды — 0,6–0,7 м³. Концентрат головной фракции используется как углеродное питание в производстве кормовых дрожжей или как растворитель. При фракционировании из него могут быть получены ценные органические вещества: уксусный альдегид, уксусно-этиловый эфир или этилуксусный растворитель и т.п.

Сивушное масло используется в основном как сырье для получения чистых высших спиртов (амилового, бутилового и пропилового).

В бывшем УкрНИИСПе разработана и на Краснянском спиртзаводе внедрена непрерывнодействующая ректификационная установка для получения высших спиртов из сивушного масла (рис. III-22), которая включает колонны: этанольную 1, обезвоживающую 2, отгонную 3, амилольную 4 и бутанольно-пропанольную 5.

На первой стадии разгонки отделяется этиловый спирт, на второй осуществляется обезвоживание сивушных компонентов методом азеотропно-экстрактивной ректификации. Суть ее состоит в том, что в присутствии большого количества амиловых спиртов вода с ними образует

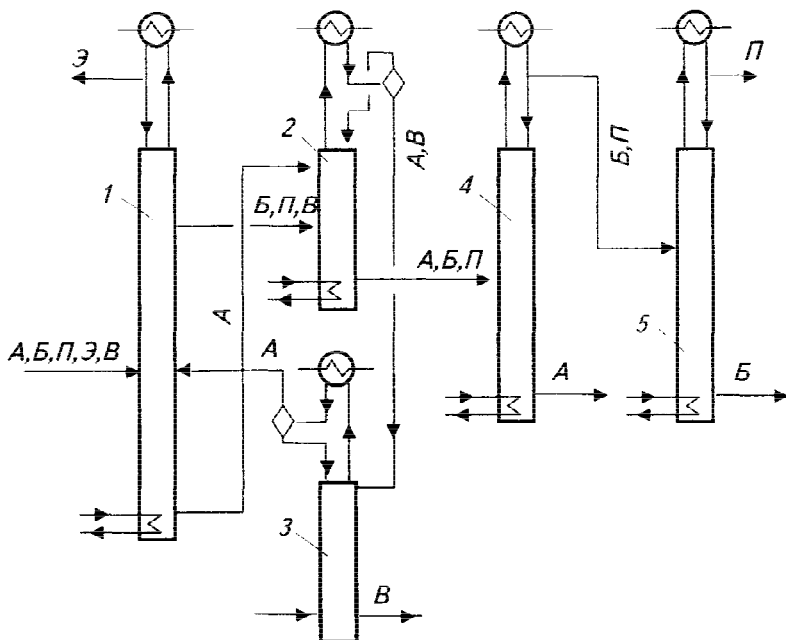


Рис. III-22. Аппаратурно-технологическая схема установки для разгонки сивушного масла

азеотропную смесь, которая ведет себя как легколетучий компонент и выводится через верх обезвоживающей колонны 2, а затем через отгонную колонну 3. Обезвоженная смесь спиртов легко разделяется в колоннах 4 и 5 на чистые компоненты.

Брагоректификационные установки зарубежных стран

Брагоректификационные установки, предлагаемые фирмами дальнего зарубежья, отличаются, как правило, двукратным использованием теплоты греющего пара. В большинстве стран отдается предпочтение установкам по первому варианту (см. рис. III-14), которым предусматривается работа под вакуумом бражной колонны с обогревом ее спиртоводным паром спиртовой колонны. Вторичный пар эспираторной колонны обычно используется для обогрева колонны окончательной очистки (деметанольной).

В установку в качестве дополнительной также вводится колонна для грязного (технического) спирта, которая примерно соответствует нашим типовым сивушным колоннам. На рис. III-23 приведена схема такой уста-

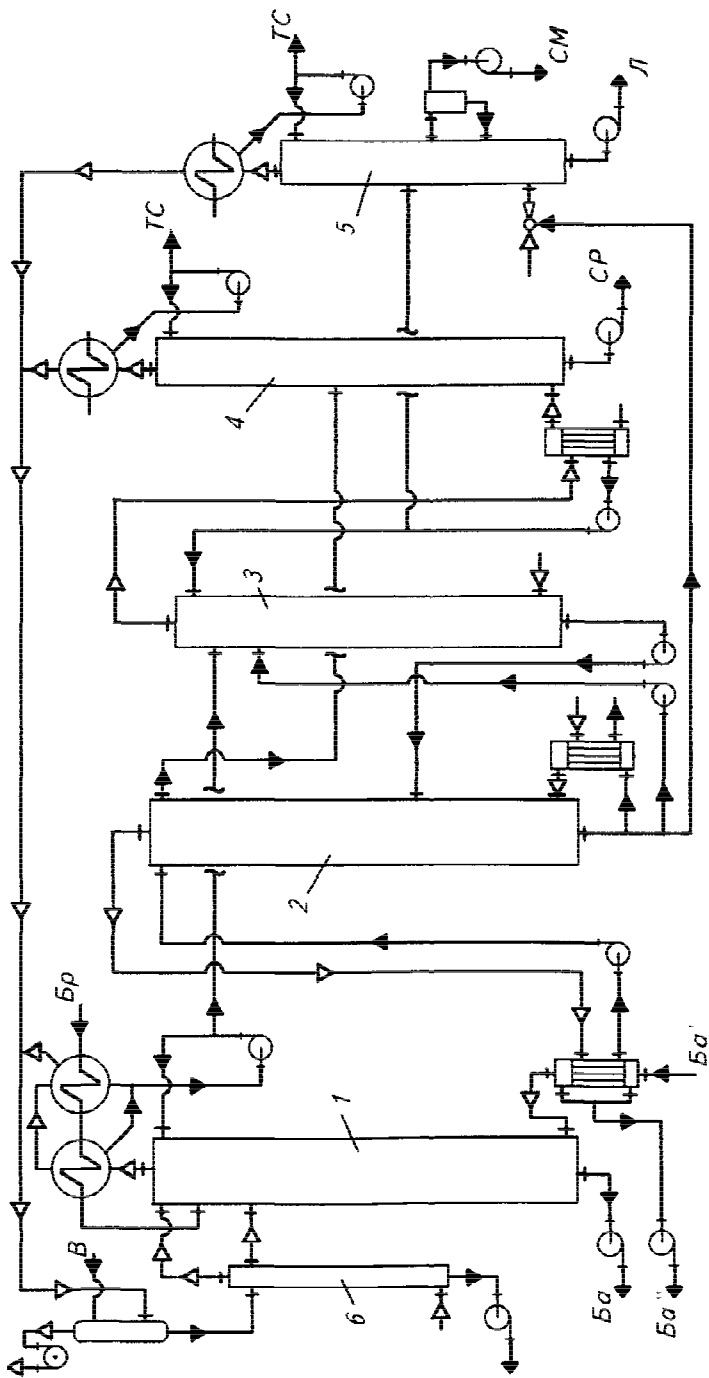


Рис. 111-23. Аппаратурно-технологическая схема брагоректификационной установки «Спейшим».
 Колонны: 1 — бражная; 2 — спиртовая; 3 — элюрационная; 4 — метанольная (окончательной очистки);
 5 — сивушная

новки французской фирмы «Спейшим», в которой под разрежением работают бражная колонна 1 и колонна окончательной очистки 4. По данным фирмы, расход греющего пара равен 32 кг/дал при выработке спирта высокого качества, как по аналитическим, так и по органолептическим показателям.

Той же фирмой предлагаются для поставки в страны СНГ установки для производства ректифицированного спирта с концентрацией не ниже 96 % об, работающие по принципу прямого действия; при работе без дополнительных колонн расход пара составляет 26 кг/дал (при выработке 96%-го спирта).

Фирма «Фогельбуш» (Австрия) не применяет вакуума, но использует установки с тремя ступенями давления: максимальное в бражной колонне (более 150 кПа), за счет которой обогревается спиртовая колонна; последняя обогревает эшюрационную.

Фирма «Розенлев» (Финляндия) также использует брагоректификационные установки с тремя ступенями давления, но на последних ступенях (при эшюрации и окончательной очистке) применяет вакуум.

За рубежом находят применение ректификационные установки с механической термокомпрессией для использования теплоты низкопотенциального спиртового пара, выходящего из колонн, для обогрева других колонн.

Ректификационные установки с термокомпрессией

Ректификационные установки обладают большой энергоемкостью. Одним из путей снижения энергоемкости является применение термокомпрессии (тепловых насосов), которое может быть осуществлено в двух вариантах. По первому варианту (рис. III-24) тепло конденсации спиртового или спиртоводного пара, выходящего из верха колонны, используется для обогрева низа той же или смежной колонны; по второму (рис. III-25) предусматривается использование тепла отходящего горячего кубового остатка. Как в первом, так и во втором случае требуется повышение потенциала (температуры) теплоносителя.

Первый вариант может быть осуществлен, например, за счет установки турбокомпрессора или за счет теплового насоса, работающего по круговому процессу (цикл Карно) с использованием промежуточного теплоносителя. До настоящего времени в практике спиртовой промышленности СНГ такая схема не нашла применения.

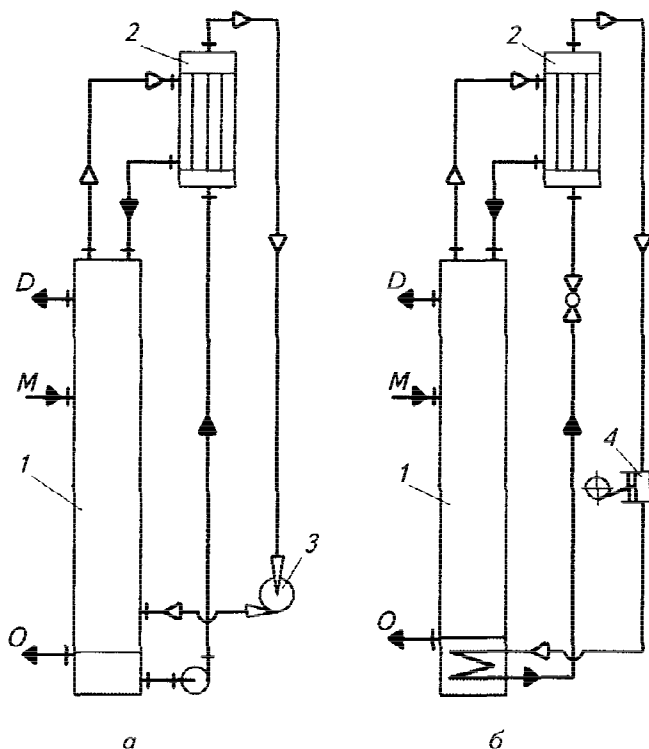


Рис. III-24. Схемы ректификационных установок с механокомпрессией
 1 — колонна; 2 — дефлегматор-испаритель; 3 — турбокомпрессор;
 4 — компрессор

Второй вариант получил распространение на спиртовых заводах Украины под названием пароинжекционных установок. Он применяется для утилизации теплоты отходящей из бражной колонны барды и использования ее для обогрева той же колонны.

Схема пароинжекционной установки для завода производительностью 1250 дал/сутки представлена на рис. III-25. Барда, выходящая из бражной колонны 3, через гидрозатвор 5 под действием разрежения поступает в испарительную камеру 1, где охлаждается за счет самоиспарения. Пар самоиспарения барды поступает в пароструйный компрессор 2, где происходит его сжатие паром более высокого потенциала (0,9–1,1 МПа) до давления (температуры), необходимого для обогрева бражной колонны. Сжатый пар вводится в кубовую часть бражной колонны непосредственно под нижнюю тарелку. Барда из

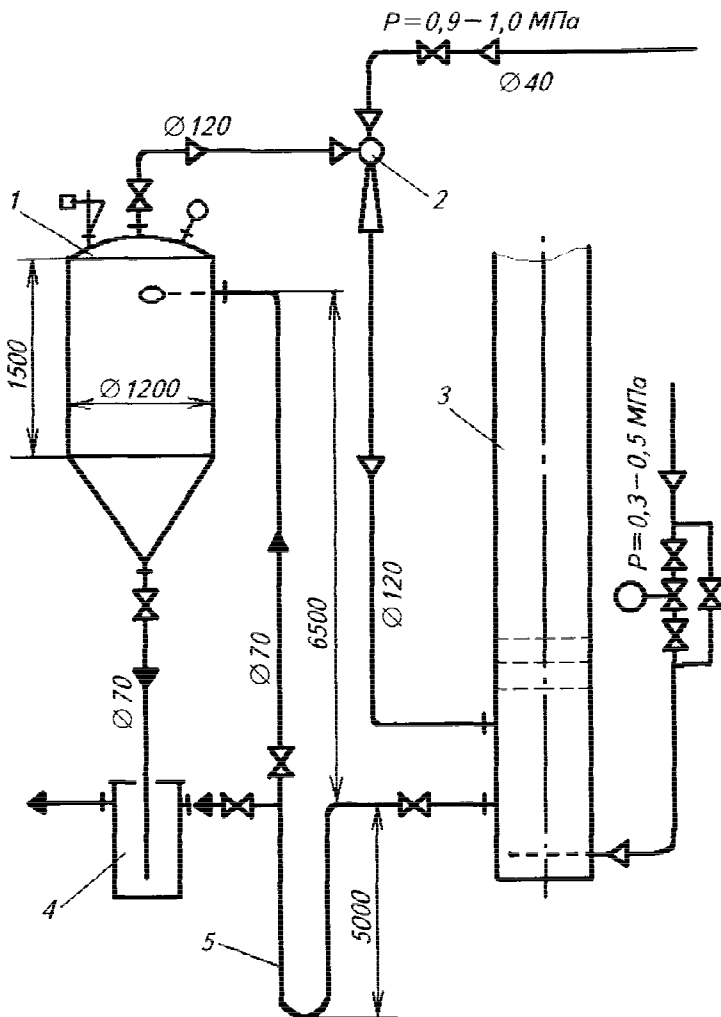


Рис. III-25. Схема парозежкционной установки: 1 — колонна; 2 — эжектор; 3 — испарительная камера

испарительной камеры выходит самотеком по барометрической трубе через гидрозатвор 4.

В барботер бражной колонны основной поток пара подводится в обычном порядке. Для контроля за работой парозежкционной установки испарительная камера снабжается вакуумметром, термометром и предохранительным клапаном.

Пароинжекционная установка позволяет снизить расход пара на обогрев бражной колонны на 15–20 %. Ниже приведены ориентировочные параметры технологического режима работы установки.

Давление, МПа:	
рабочего пара	0,8–1,0
инжектируемого пара	0,048–0,05
сжатого пара	0,15–0,16
Температура, °С:	
рабочего пара	175–177
инжектируемого пара	80–81
сжатого пара	111–113

Установка несложна в изготовлении и эксплуатации и может быть внедрена на любом заводе, имеющем пар с давлением $\geq 0,9$ МПа. Наибольший эффект он дает при переработке слабоградусной бражки. На рис. XII-2 дан чертеж эжектора к пароинжекционной установке для спирт-завода производительностью 1250 дал/сутки.