

шая вода последовательно проходила через холодильник, конденсатор и дефлегматор. А на ряде заводов через холодильник пропускают всю воду, идущую от насоса в коллектор воды или напорную емкость. Это дает возможность рационально использовать воду: обеспечивать прохождение большого потока воды через холодильник и конденсатор, что позволяет получать в них высокие скорости и соответственно высокие коэффициенты теплопередачи; поддерживать высокую стабильность конечной температуры охлаждения с целью уменьшить потери спирта за счет испарения. При этом конечная температура охлаждения спиртовых продуктов будет всего на 2...3 °С выше температуры воды, поступающей в холодильник.

При наличии средств автоматизации схема подачи воды в холодильник спирта должна иметь обводную линию, чтобы через холодильник пропускать не всю воду, поступающую на дефлегматор спиртовой колонны, а только часть ее, необходимую для поддержания требуемой температуры спирта перед входом его в спиртоизмерительный прибор.

В том случае, если большая часть идущей на дефлегматор спиртовой колонны воды проходит через холодильник ректификованного спирта, требуемая площадь поверхности теплопередачи холодильника из меди может быть определена по формуле

$$F = 0,0075 M, \text{ м}^2,$$

где M — производительность установки по спирту (дал/сут).

Для холодильников из нержавеющей стали площадь поверхности теплопередачи увеличивают на 10 %.

Испарители (кипятильники)

До недавнего времени в практике отечественного спиртового производства обогрев колонн осуществляли в основном открытым паром, и только на некоторых мелассных заводах бражные колонны обогревали закрытым паром — через поверхность теплопередачи.

В настоящее время закрытый обогрев колонн широко внедряется, особенно на мелассных спиртовых заводах и заводах с низким качеством воды, питающей паровые котлы. В последнее время машиностроительные заводы начали выпускать типовые брагоректификационные установки с закрытым обогревом всех колонн. На рис. XI-10 показаны различные способы подвода теплоты в колонны.

Закрытый обогрев колонн имеет целый ряд преимуществ перед открытым. Технологическая целесообразность его обусловлена возмож-

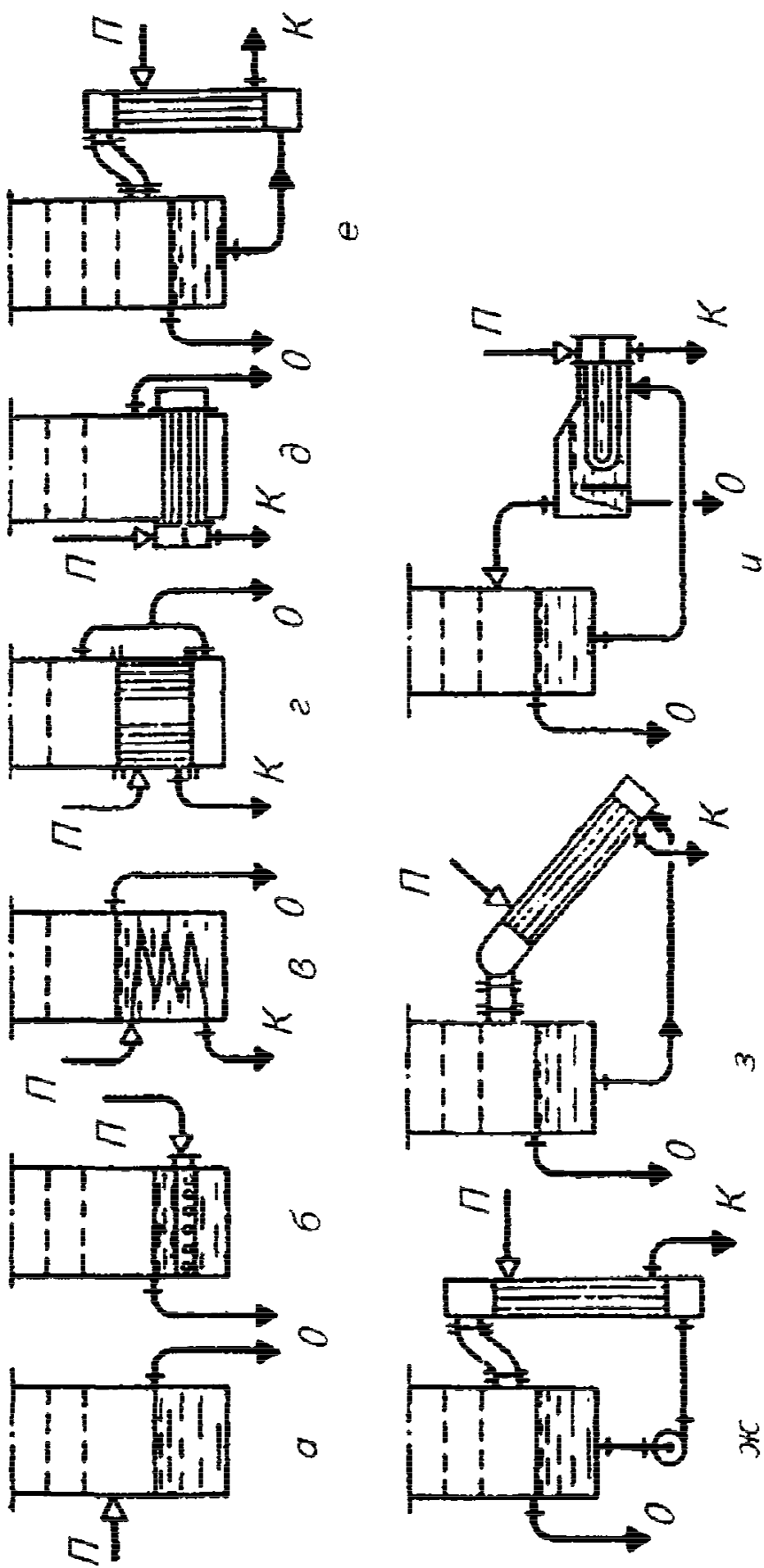


Рис. XI-10. Способы подвода теплоты в колонны

ностью повышения качества ректификованного спирта, поскольку при таком обогреве исключается ввод в колонну совместно с греющим паром летучих веществ, наличие которых может значительно снизить качество готового продукта. Известно, что из-за плохой воды, питающей котельные установки, некоторые спиртовые заводы не имеют возможности получать ректификованный спирт высокого качества. Закрытый обогрев колонн исключает также опасность попадания в колонну минерального масла с ретурным паром и позволяет увеличить концентрацию сухих веществ в барде. Опыт работы некоторых заводов показал, что при открытом обогреве колонн перегретым паром резко снижается качество ректификованного спирта, в то время как при закрытом обогреве перегрев пара не влияет на качество ректификованного спирта.

Теплотехническая целесообразность закрытого обогрева заключается в возможности использовать конденсат греющего пара. Это особенно важно для мелассных спиртовых заводов, где ректификация является основным потребителем пара. При закрытом обогреве колонн может использоваться вторичный пар выпарных установок и колонн, работающих при различном давлении.

При закрытом обогреве объем барды и лютерной воды уменьшается соответственно на 15 и 50 %, что немаловажно при упаривании или сбросе барды и лютерной воды в очистные сооружения, особенно в условиях мелассных спиртовых заводов.

Необходимо отметить, что применение закрытого обогрева связано с некоторым усложнением установки, т. к. требует наличия поверхностей теплопередачи. Поверхность теплопередачи бражных колонн в процессе работы покрывается накипью, что снижает коэффициент теплопередачи. Эти осложнения наиболее ощутимы при переработке зерно-картофельных бражек. При переработке мелассных бражек, подкисленных соляной кислотой, образуются незначительные отложения, что позволяет работать без чистки поверхности продолжительное время. В других колоннах отложений на поверхности теплопередачи или не бывает, или они незначительны. Если поверхность теплопередачи невелика, ее можно размещать внутри кубовой части колонны, как это иногда практикуется в колоннах окончательной очистки (см. рис. XI-10, в). Выносные теплообменники для подвода теплоты в колонны при закрытом обогреве именуются испарителями (кипятильниками). Испарители, как правило, выполняются в виде вертикальных кожухотрубных теплообменников, связанных с колонной трубопроводами внизу для перетока жидкости из куба колонны в испаритель (циркуляционная труба), и вверху для перетока парожидкостной

смеси из испарителя в куб колонны. В ряде случаев применяют испарители с восходящей или падающей пленкой; они требуют установки насоса для создания циркуляции жидкости. Преимущество таких испарителей состоит в возможности работы с малым температурным напором.

Кубовая жидкость движется внутри труб, а греющий пар вводится в межтрубное пространство. Циркуляция жидкости в системе обеспечивается за счет разности давления между столбом жидкости в кубе колонны и столбом парожидкостной смеси в трубах испарителя и трубопроводе от теплообменника к колонне (естественная циркуляция). Циркуляцию вязких жидкостей или жидкостей с высоким содержанием взвешенных частиц (зерно-картофельная барда) организуют с помощью насоса (рис. XI-10, ж). Скорость движения барды в трубах испарителя 3 м/с достаточна для исключения накипеобразования.

Для чистых кубовых жидкостей могут применяться горизонтальные или наклонные испарители различных конструкций. Их преимущество состоит в том, что колонну можно устанавливать ниже, чем при вертикальных испарителях (схемы включения испарителей см. на рис. XI-10, е, ж, з, и).

Все детали испарителя, соприкасающиеся с кубовой жидкостью, изготавливаются из меди или нержавеющей стали. Диаметр кипяtilьных труб принимается в зависимости от характера кубовой жидкости. При чистых жидкостях он может быть 16–30 мм, при загрязненных — 50–100 мм. Длина кипяtilьных труб исходя из конструктивных соображений может быть принята в пределах 1,0–2,5 м и больше.

Если кубовая жидкость дает отложения и требуется периодическая чистка, рекомендуется устанавливать не менее двух испарителей при одной колонне, чтобы в период чистки одного из них колонна могла работать, хотя бы и не с полной производительностью. Крышки испарителей должны легко открываться.

На рис. XI-11 приведена конструкция испарителя, изготовленного из нержавеющей стали, для обогрева эспирационной колонны спиртоводным паром, выходящим из бражной колонны (площадь поверхности теплопередачи — около 20 м²).

При монтаже в качестве «нулевой» отметки испарителей служит ось штуцера для выхода кубовой жидкости (остатка) из колонны (рис. XI-12). Испаритель необходимо устанавливать таким образом, чтобы во время его работы пьезометрический уровень жидкости в кипяtilьных трубах (глубина затопления) соответствовал оптимальному. Рекомендуется принимать пьезометрический уровень равным, м: для лютерной воды 0,6–0,7; для спирта и эспирата 0,7–0,8; для мелассной барды 0,5–0,6.

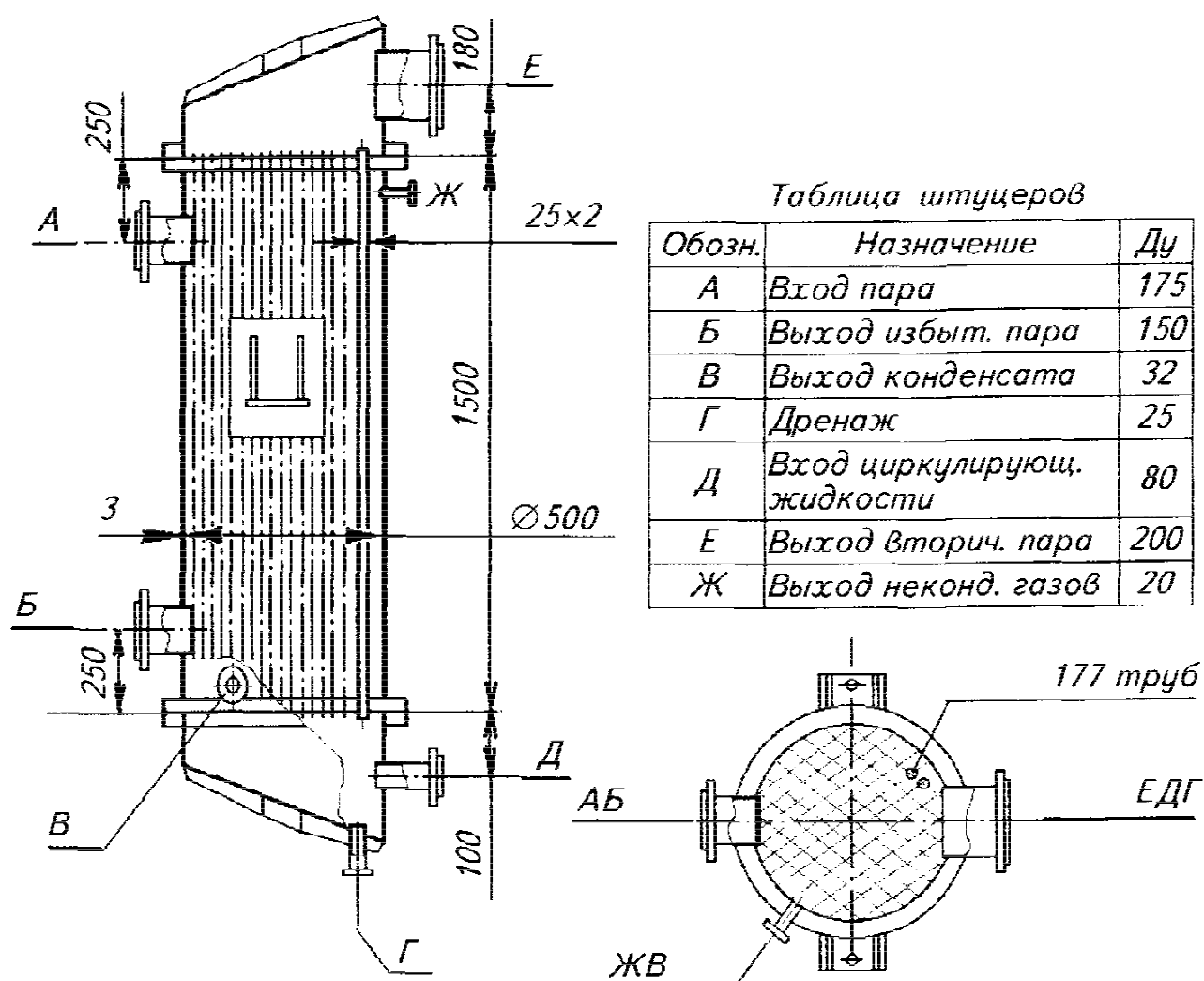


Рис. XI-11. Испаритель

В случае обогрева элюационной колонны спиртоводным паром низкого потенциала, выходящим из бражной колонны, необходимо предусматривать 100%-ное заполнение труб испарителя элюатором и минимальный разрыв между верхней трубной решеткой и штуцером для перетока парожидкостной смеси из испарителя в куб элюационной колонны.

Штуцер отбора жидкости из кубовой части колонны к испарителю должен располагаться ниже штуцера отвода кубовой жидкости из колонны, а штуцер отвода парожидкостной смеси из испарителя к колонне — выше уровня жидкости в кубовой части колонны (см. рис. XI-12).

Диаметр D трубы, отводящей промежуточную смесь из испарителя в колонну, определяется исходя из скорости вторичного пара $w_{\text{п}} = 15...25$ м/с. Количество вторичного пара принимается равным количеству (по массе) греющего пара.

Диаметр трубопровода от куба колонны к испарителю (циркуляционной трубы) $d_2 = 0,33...0,4 D$.

Минимальное расстояние от трубной решетки испарителя до нижней крышки должно быть не менее $d_{\text{ц}} + 150$ мм, где $d_{\text{ц}}$ — диаметр циркуляционной трубы.

Минимальное расстояние от трубной решетки до верхней крышки испарителя должно быть не менее $d_{\text{ц}} + 150$ мм, где $d_{\text{ц}}$ — диаметр парожидкостной трубы.

На наш взгляд, заслуживает внимания внутриколонное размещение поверхности теплопередачи, как это показано на рис. XI-10, *г* и *д*, что обеспечивает снижение потерь тепла в окружающую среду и компактность установки, а также применение испарителей с падающей пленкой и пластинчатых; у них приблизительно на 50 % больше коэффициент теплопередачи по сравнению с трубчатым и естественной циркуляцией.

Для определения площади поверхности испарителя (F , м²), необходимо знать тепловую нагрузку (Q , Вт), температурный напор — среднюю разность температур (Δt , К) и коэффициент теплопередачи K , Вт/(м² · К):

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}.$$

В табл. XI-1 приведены данные для определения необходимой площади поверхности теплопередачи кожухотрубных одноходовых испарителей с трубами диаметром 20—25 мм и длиной 2000—3000 мм, рекомендованных к колоннам ректификационных установок различной производительности при использовании греющего пара различного давления.

Характеристики испарителей приведены в приложениях VIII и IX. При подборе испарителей следует ориентироваться на минимально возможное давление греющего пара и максимальную производительность колонны.

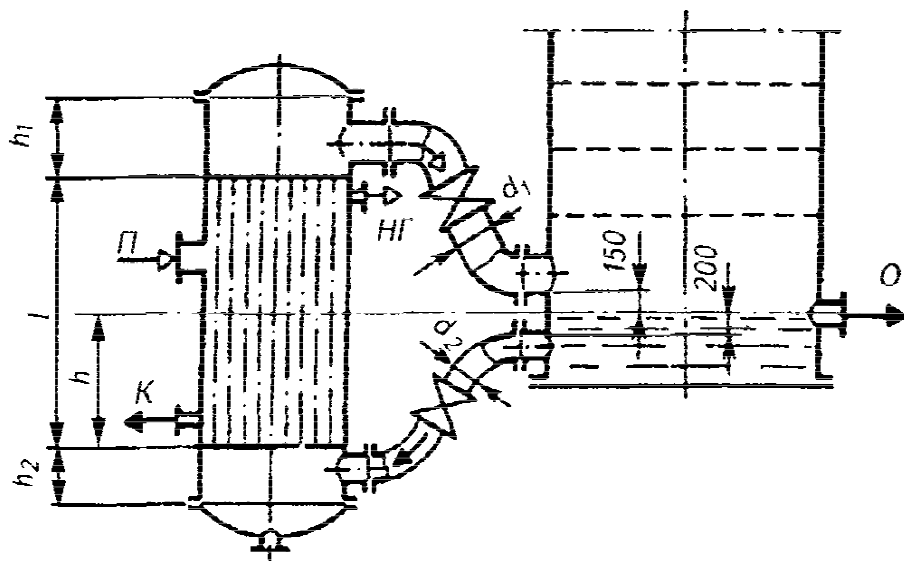


Рис. XI-11. Установка испарителя относительно колонны

Рекомендуемые площади поверхности теплопередачи испарителей

Производительность установки, дал/сут	Давление греющего пара, МПа					
	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
Для эспирационных колонн						
1000	11	9,5	7,5	6,5		
1500	17	14*	11	9,5		
2000	22	17	14*	11		
3000	34*(40)	26*	22	17		
6000	74	61*	49	34*		
Для бражных и спиртовых колонн						
1000		40	22	22	17	17
1500		49	40	40	22	22
2000		74	49	49	40	40
3000			91	74	49	49
6000				91	91	74
Для сивушных колонн						
2000	22	17	11	11		
3000	40	22	22	17		
6000	60	49	34	26		

* Испарители с длиной труб 3000 мм.

Подогреватели спирта-сырца

При работе установок непрерывного действия для ректификации спирта-сырца требуется подогревать спирт перед вводом его в эспирационную колонну. Для этой цели могут использоваться различные теплообменники. В практике чаще всего применяются теплообменники кожухотрубные или типа «труба в трубе». Кожухотрубные теплообменники по своей конструкции ничем не отличаются от аналогичных конденсаторов (см. рис. XI-7) или холодильников спирта. Нагрев спирта-сырца осуществляется, как правило, за счет теплоты лютерной воды при противоточном их движении в теплообменнике.

При обогреве колонн закрытым паром теплоты лютерной воды может быть недостаточно при вводе в колонну концентрированного спирта. В таком случае целесообразно один из дефлегматоров эспирационной или спиртовой колонны использовать как подогреватель спирта-сырца, по аналогии с подогревом бражки.