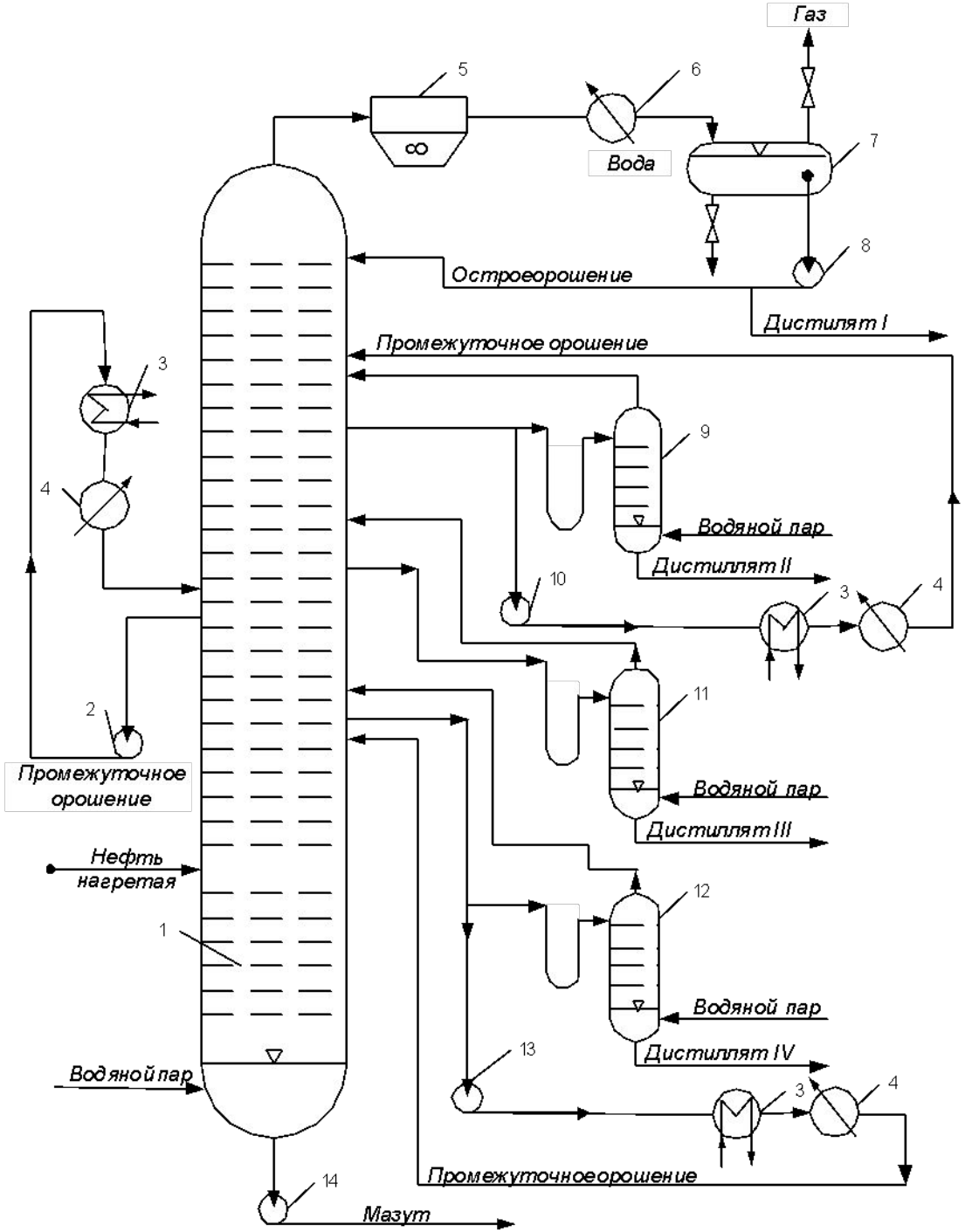
Промышленные установки АТ, ВТ, АВТ

Работа атмосферной и вакуумной колонн



Варианты подачи орошения в сложную ректификационную колонну

1 – ректификационная колонна; 2, 8, 10, 13, 14 – насосы; 3 – теплообменники; 4, 6 – водяные холодильники; 5 – воздушный конденсатор – холодильник; 7 – приемник орошения и водоотделитель; 9, 11, 12 – отпарные выносные колонны (стриппинги).

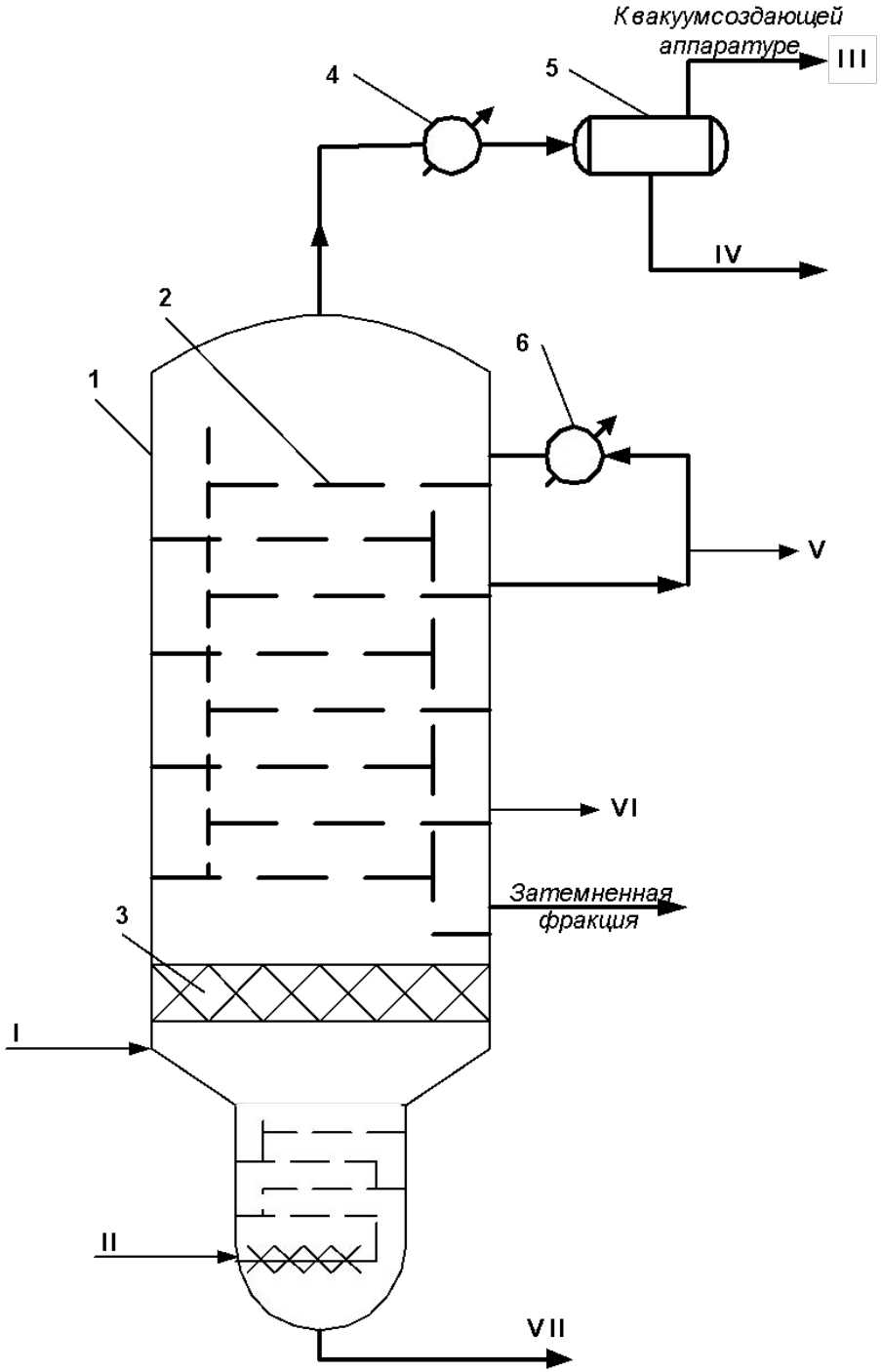


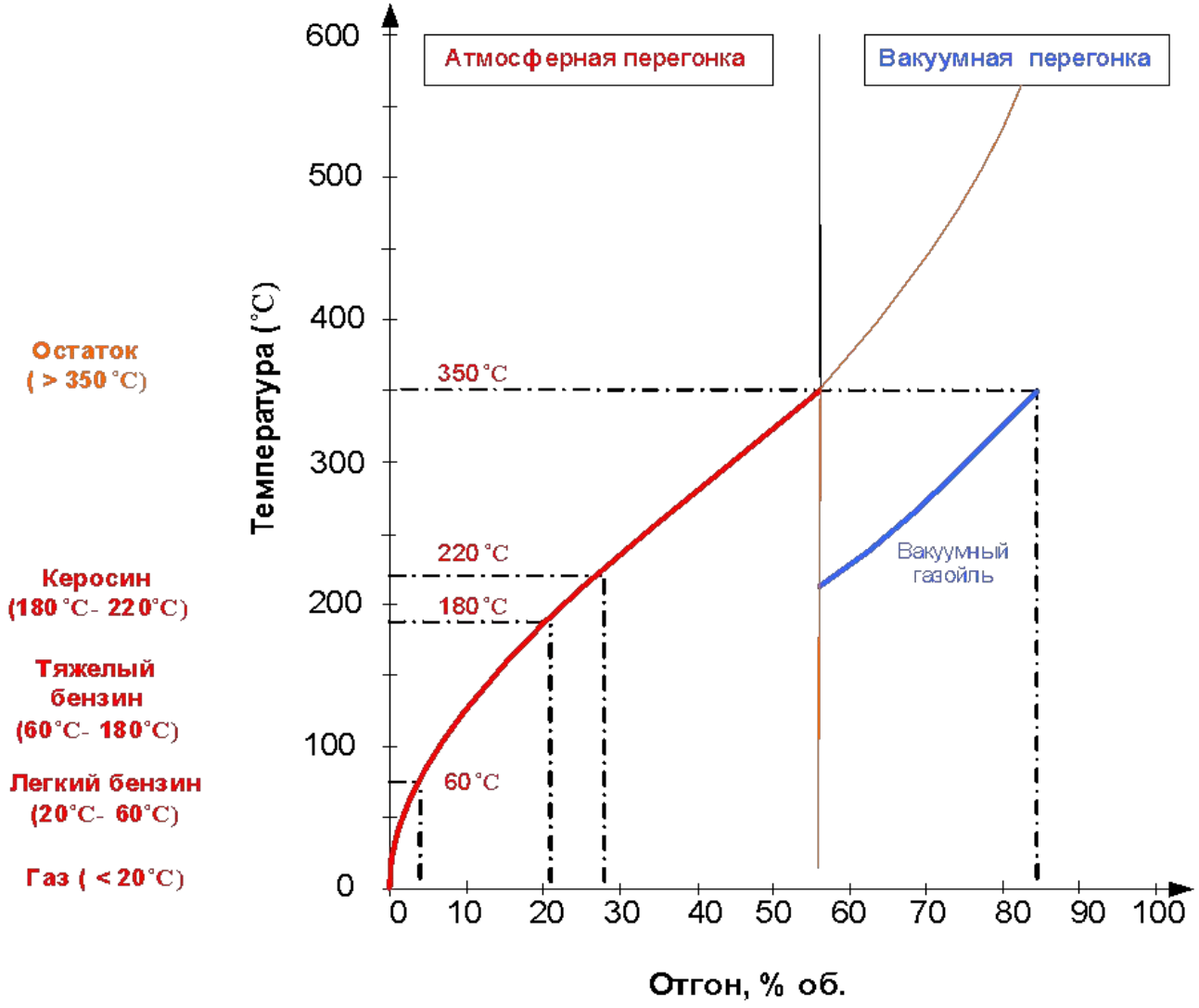
Схема вакуумной колонны

1 – корпус; 2 – ректификационные тарелки; 3 – отбойник; 4 – конденсатор – холодильник; 5 – отстойник; 6 – холодильник.
Линии: I – мазут; II - водяной пар; III - несконденсировавшиеся газы; IV - вода; V - циркуляционное орошение; VI - боковой продукт; VII - гудрон.

Рис. 7.19. Схема колонны

$$H_к = h_к + h_э + h_о + h_в + h_н.$$

Кривые ИТК нефти



Высота $h_н$ принимается из условия обеспечения 5—10-минутного запаса жидкого остатка и рассчитывается по уравнению

$$h_н = \frac{G_{ост} \cdot 10}{F \rho_{ост}^{t_н} 60},$$

где $G_{ост}$ — расход жидкого остатка перегонки, кг/ч; $\rho_{ост}^{t_н}$ — плотность остатка при температуре низа колонны $t_н$, кг/м^3.

$$F = V_{max}/w_{доп};\qquad (7.20)$$

$$\text{откуда } D_к = \sqrt{4F/\pi}.\qquad (7.21)$$

Секундный объем паров (м^3/с) определяется с учетом рабочих условий в данном сечении — температуры и давления по уравнению

$$V = 2{,}28 \cdot 10^{-6} \Sigma n_i \cdot \frac{T}{P},\qquad (7.22)$$

где Σn_i — сумма молей компонентов; $\Sigma n_i = \frac{G_1}{M_1} + \frac{G_2}{M_2} + \ldots + \frac{G_{в.п.}}{18}$ (G_1, G_2... — расход по балансу; M_1, M_2... — молекулярная масса продуктов; $G_{в.п.}$ — расход водяного пара (в случае его подачи в колонну); T, P — температура (в К) и давление (в МПа) в данном сечении.

Допустимую скорость паров (в м/с) в рассчитываемом сечении определяют по уравнению

$$w_{доп} = 8{,}47 \cdot 10^{-3} m \cdot C_{пар} \sqrt{\frac{(\rho_ж - \rho_п)}{\rho_п}}, \qquad (7.23)$$

где $\rho_ж$ и $\rho_п$ — плотности жидкости и паров в рабочих условиях данного сечения; m, $C_{пар}$ — коэффициенты.

Плотность пара определяют по формуле

$$\rho_п = \Sigma G / 3600 \cdot V_{max}. \qquad (7.24)$$

С возрастанием давления в колонне значение $w_{доп}$ снижается вследствие увеличения плотности паровой фазы и составляет:

- для вакуумных колонн 3-3,5 м/с
- для атмосферных колонн 1,5-2 м/с
- для колонн под давлением 0,5-0,8 м/с

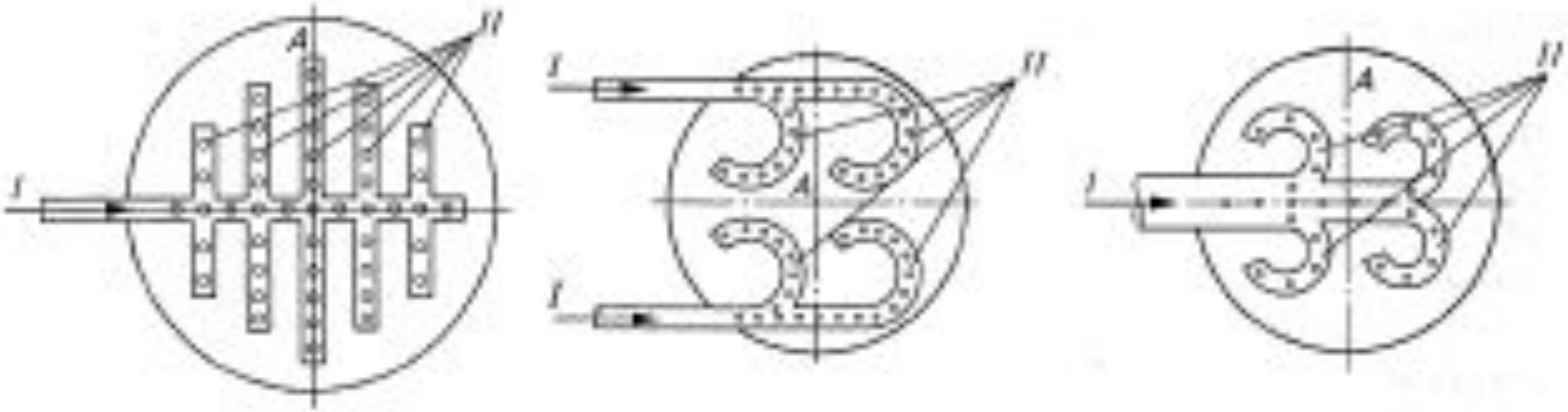


Рис. 8.11. Варианты вводов парожидкостных потоков в зону питания вакуумных колонн:

А — сечение зоны питания вакуумных колонн; *I* — общий поток питания; *II* — парожидкостные потоки в коллекторах-распределителях

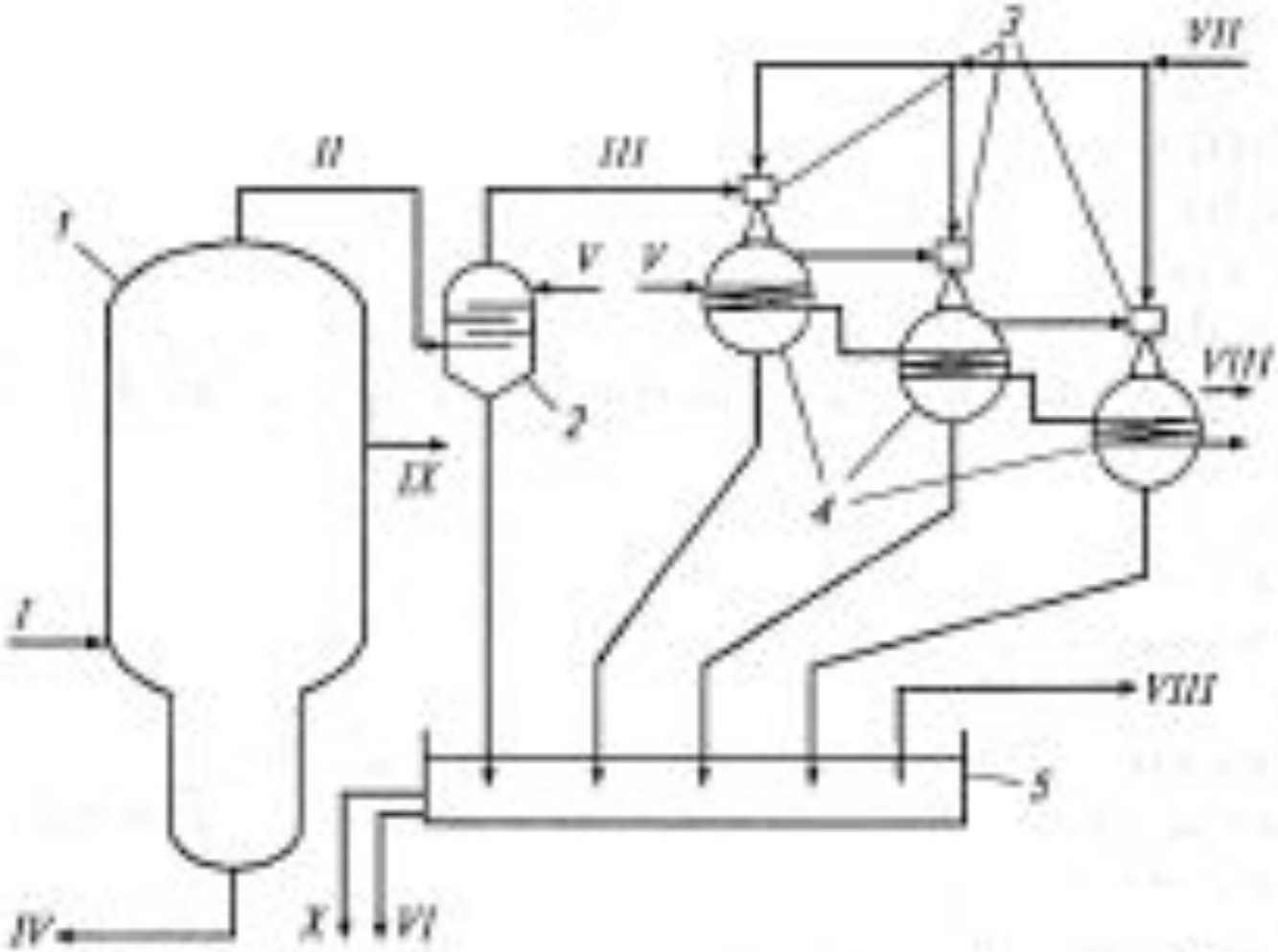


Рис. 8.12. Схема создания вакуума с подачей воды в барометрический конденсатор:

1 — колонна; *2* — барометрический конденсатор; *3* — эжекторы; *4* — конденсаторы водяного пара; *5* — барометрический ящик; *I* — сырье-мазут; *II* — несконденсированные пары и газы; *III* — вакуумные газы; *IV* — гудрон; *V* — вода; *VI* — вода на очистку; *VII* — водяной пар в эжекторы; *VIII* — газ; *IX* — дистилляты; *X* — углеводородный конденсат

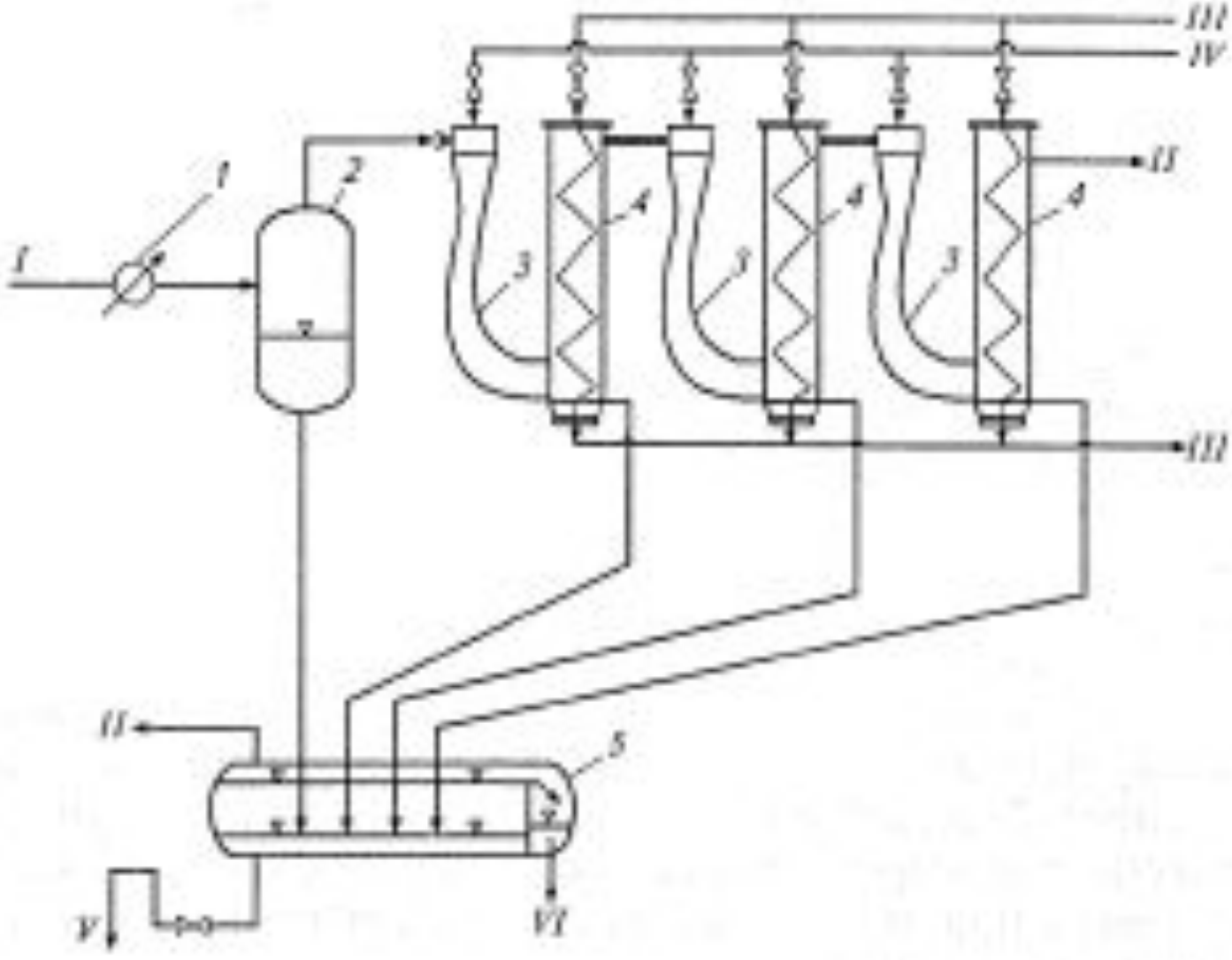
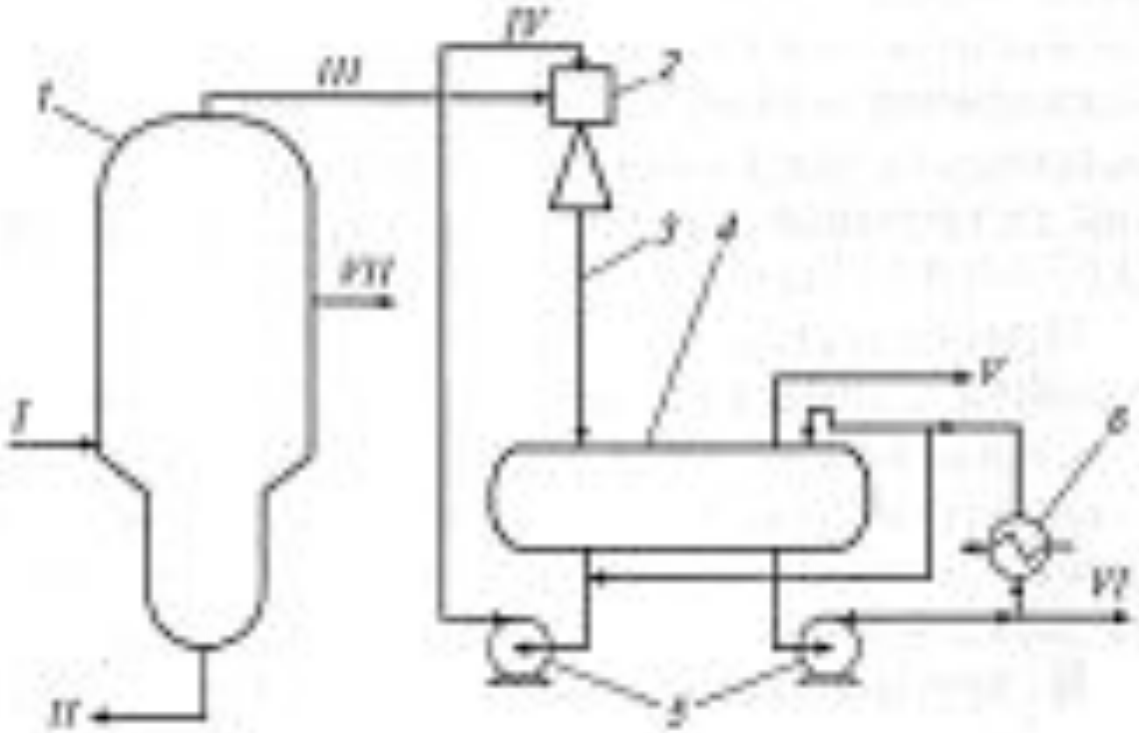


Рис. 8.13. Система создания вакуума:

1 — холодильник-конденсатор; *2* — вакуумный сепаратор; *3* — эжекторы; *4* — конденсаторы; *5* — отстойник;
I — несконденсированные пары и газы; *II* — газ; *III* — вода; *IV* — водяной пар; *V* — водяной конденсат; *VI* — газойль

Рис. 8.14. Схема одноступенчатой системы создания вакуума с жидкостным эжектором:

1 — вакуумная колонна; *2* — жидкостной эжектор; *3* — вертикальный стояк; *4* — разделительная емкость; *5* — насосы; *6* — холодильник;
I — сырье-мазут; *II* — гудрон; *III* — несконденсированные пары и газы; *IV* — циркулирующий нефтепродукт; *V* — газ; *VI* — избыток нефтепродукта; *VII* — дистиллеты



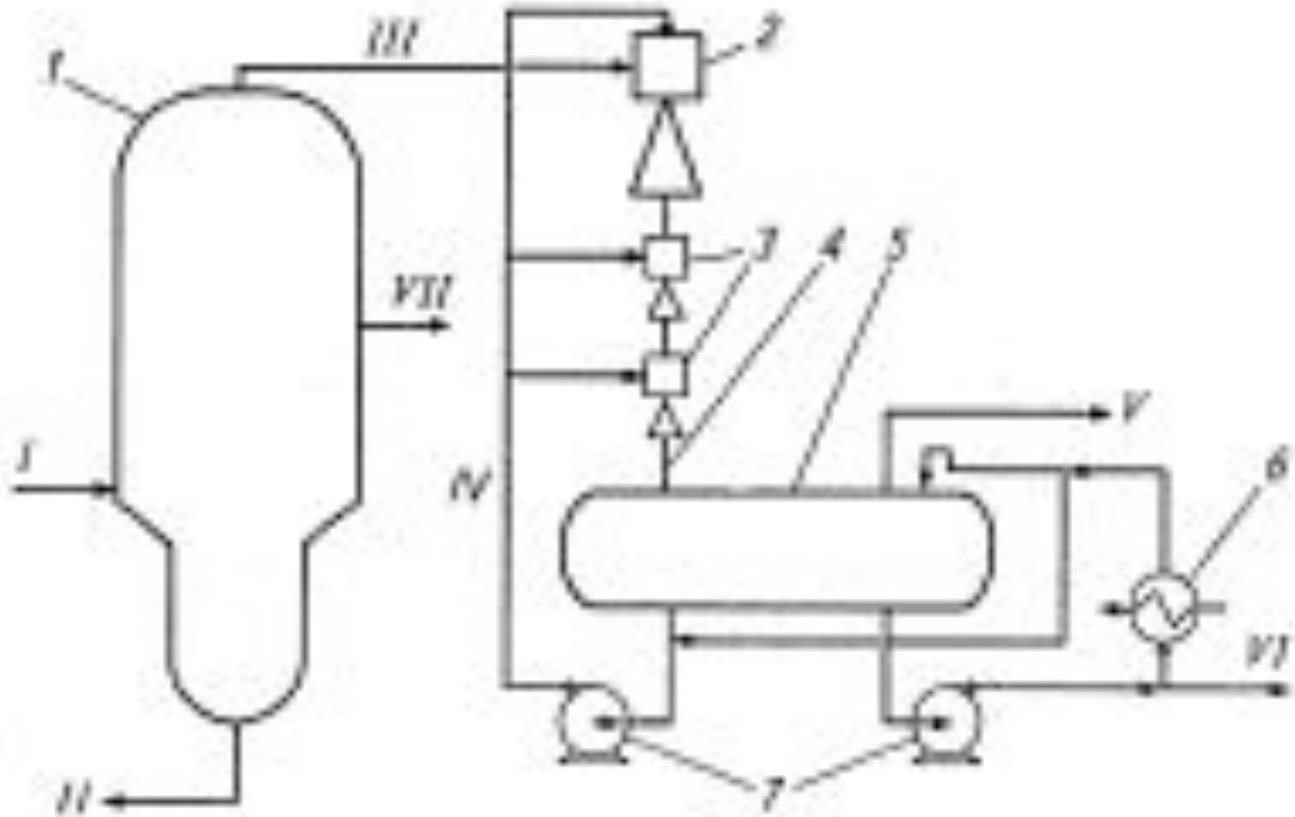
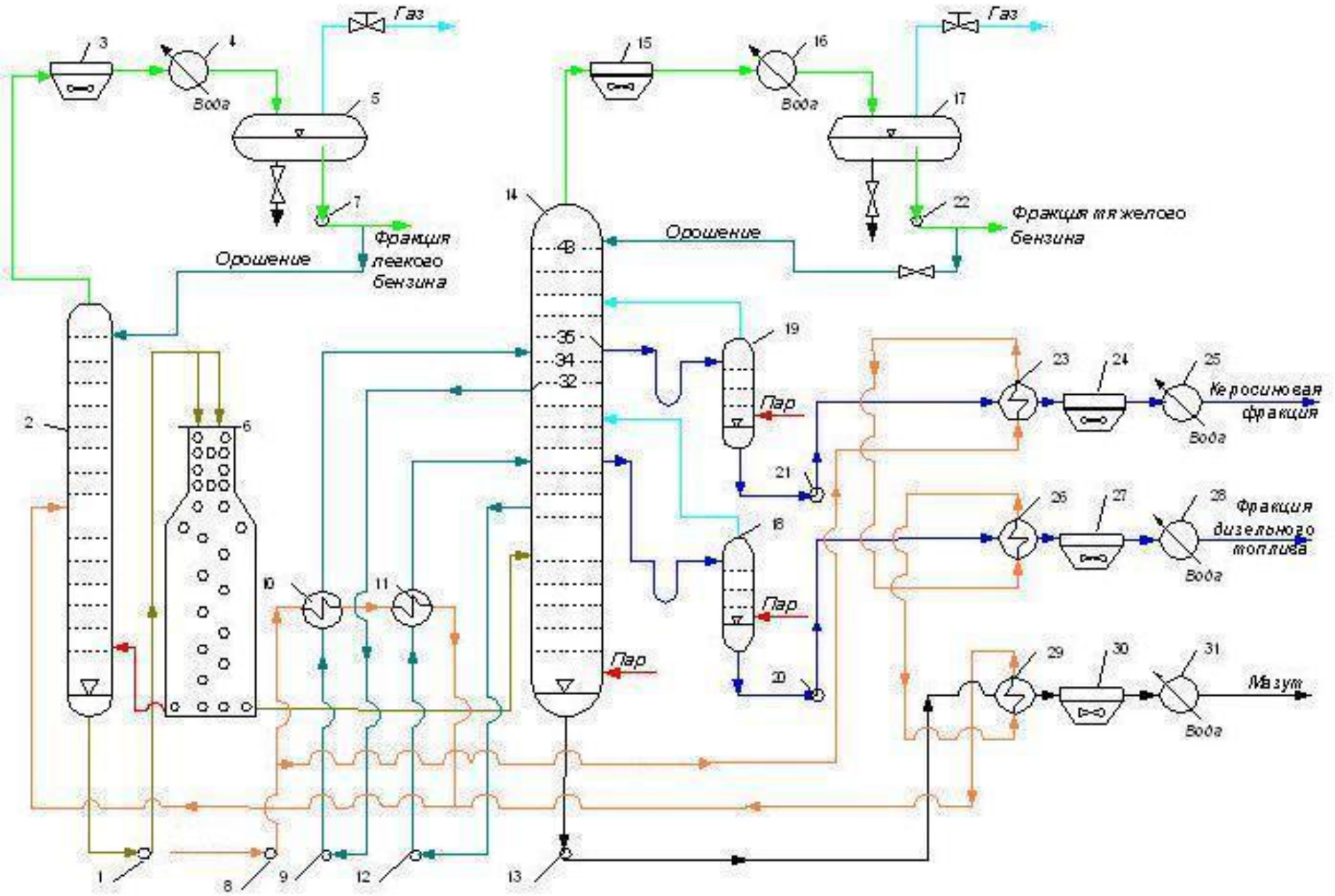


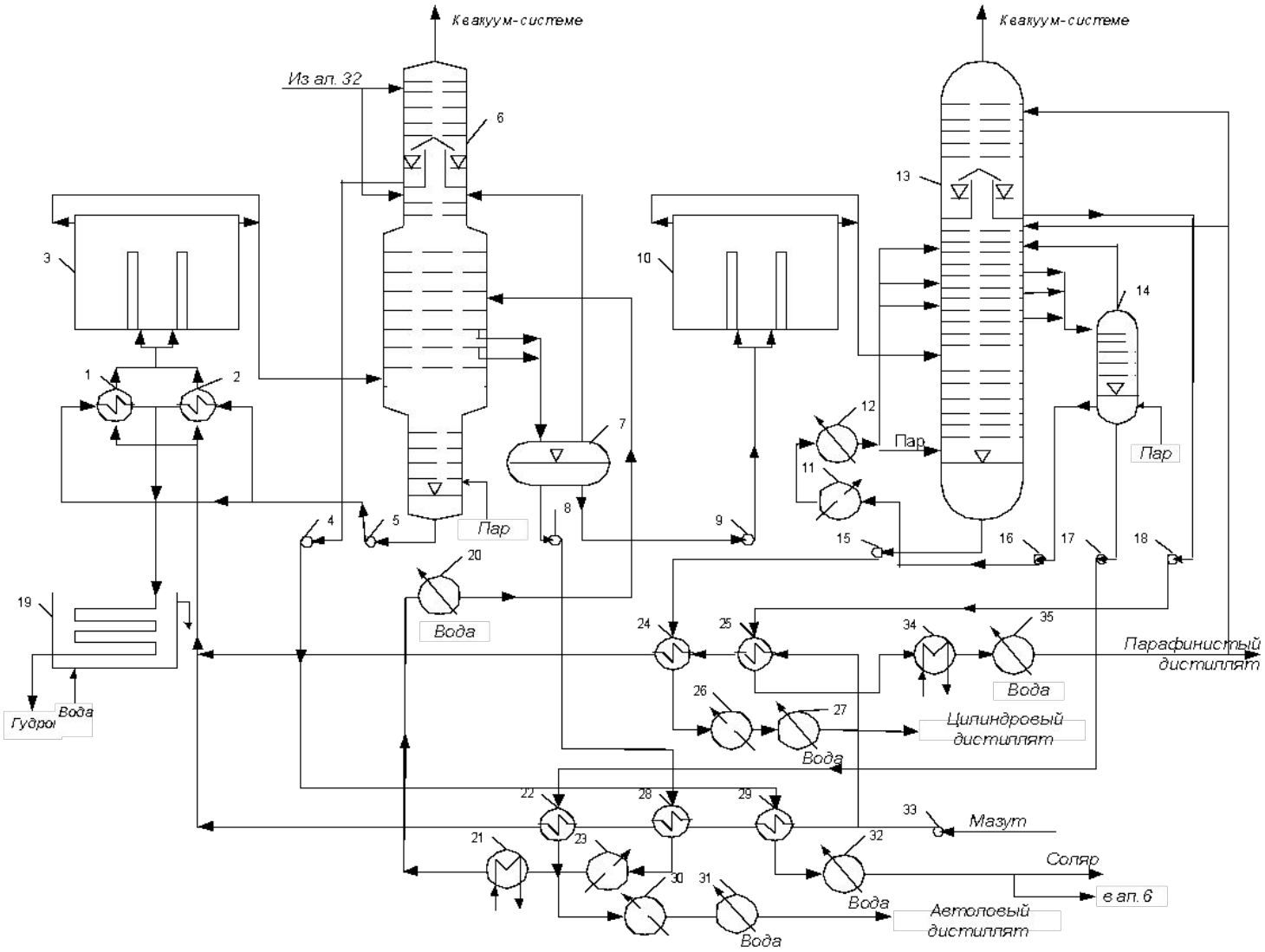
Рис. 8.15. Схема многоступенчатой системы создания вакуума с жидкостными эжекторами:

1 — колонна; *2* — жидкостной эжектор; *3* — промежуточные эжекторы; *4* — стояк; *5* — разделительная емкость; *6* — холодильник; *7* — насосы;
I — сырье-мазут; *II* — гудрон; *III* — несконденсированные пары и газы; *IV* — циркулирующий нефтепродукт; *V* — газ; *VI* — избыток нефтепродукта; *VII* — дистилляты

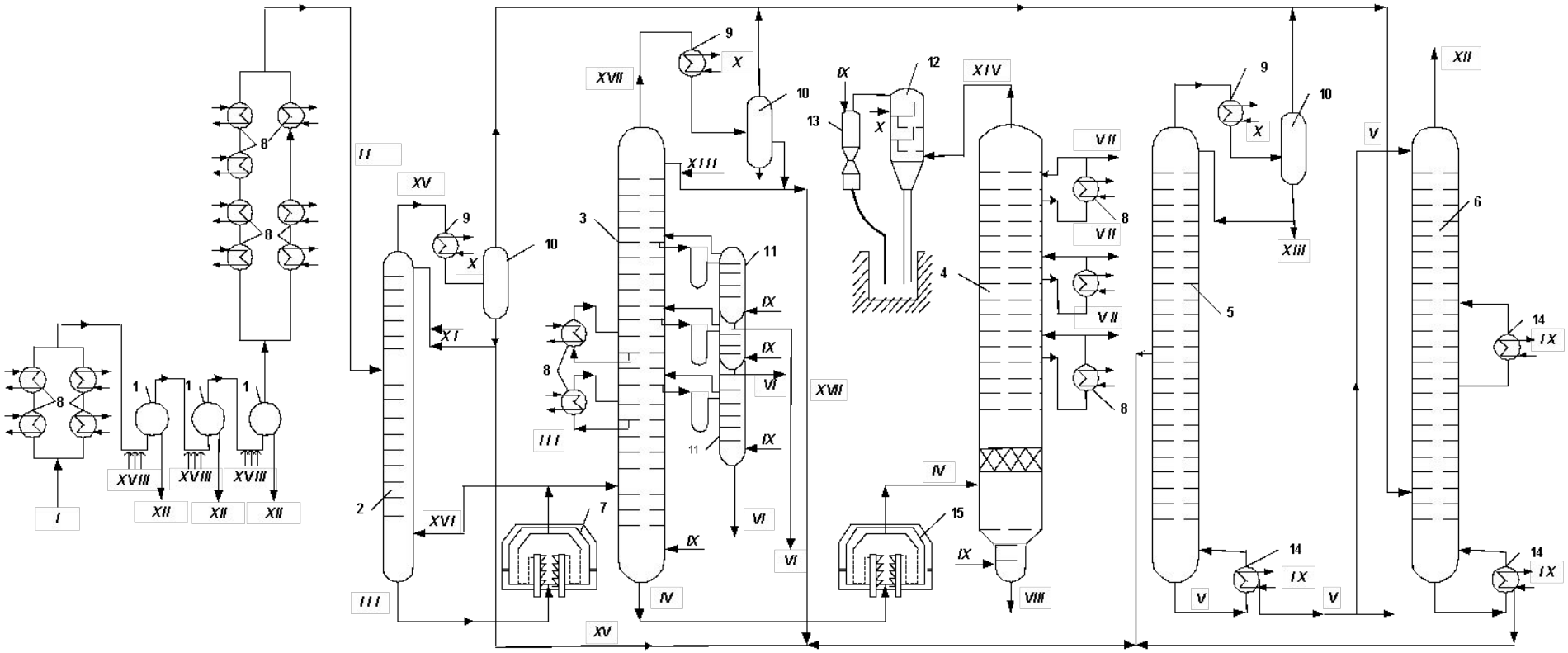
Технологическая схема установки атмосферной перегонки нефти



Технологическая схема двухступенчатой установки вакуумной перегонки мазута



1, 2, 22, 24, 25, 28, 29 - теплообменники; 3, 10 – трубчатые печи; 4, 5, 8, 9, 15-17, 18, 33 – насосы; 6, 13 – вакуумные колонны; 7 – вакуумный приемник; 11, 23, 26, 30 – котлы – утилизаторы; 12, 19, 20, 27, 31, 32, 35 – холодильники; 14 – отпарная колонна; 21, 34 – подогреватели.



Принципиальная схема установки АВТ с блоком вторичной перегонки бензиновых фракций

1 – электродегидратор, 2 – отбензинивающая колонна; 3 – основная атмосферная колонна; 4 – вакуумная колонна; 5 – стабилизационная колонна;
6 – абсорбер; 7 – атмосферная печь; 8 – теплообменники; 9 – конденсаторы-холодильники; 10 – газосепараторы; 11 – отпарные колонны;
12 – барометрический конденсатор; 13 – эжектор; 14 – паровые подогреватели; 15 – вакуумная печь.
Линии: I - сырая нефть, II - обезвоженная и обессоленная нефть, III - отбензиненная нефть; IV - мазут; V - стабильный бензин; VI - боковые продукты атмосферной колонны; VII - боковые продукты вакуумной колонны; VIII - гудрон; IX - водяной пар; X - оборотная вода; XI - аммиачная вода;
XII - сухой газ; XIII - сжиженный газ; XIV - несконденсировавшиеся пары и газы; XV - легкий бензин; XVI - горячая струя; XVII - тяжелый бензин; XVIII – вода, деэмульгатор и щелочь; XIX - дренаж воды и солей.

Таблица 8.4. Материальный баланс установки ЭЛОУ-АВТ

	% (мас.) на нефть	т/сут	тыс. т/год
Взято:			
нестабильная нефть	100	17640,0	6000,0
вода в нефти	2,0	3,5	12,0
Всего	102,0	17643,5	6012,0
Получено:			
газ	1,50	259,5	90
фракция, °С:			
н.к. — 62	2,53	477,6	152
62—140	9,27	1603,5	557
140—180	5,90	1020,6	354
180—220	7,10	1220,1	425
220—280	9,30	1608,7	559
280—350	10,70	1890,8	641
350—500	21,00	3682,5	1260
гудрон (> 500 °С)	32,00	5535,2	1920
потери	0,70	121,1	42
вода (остаточная)	0,20	34,6	12
вода и соли	1,80	311,4	108
Всего	102,0	17643,5	6012,0

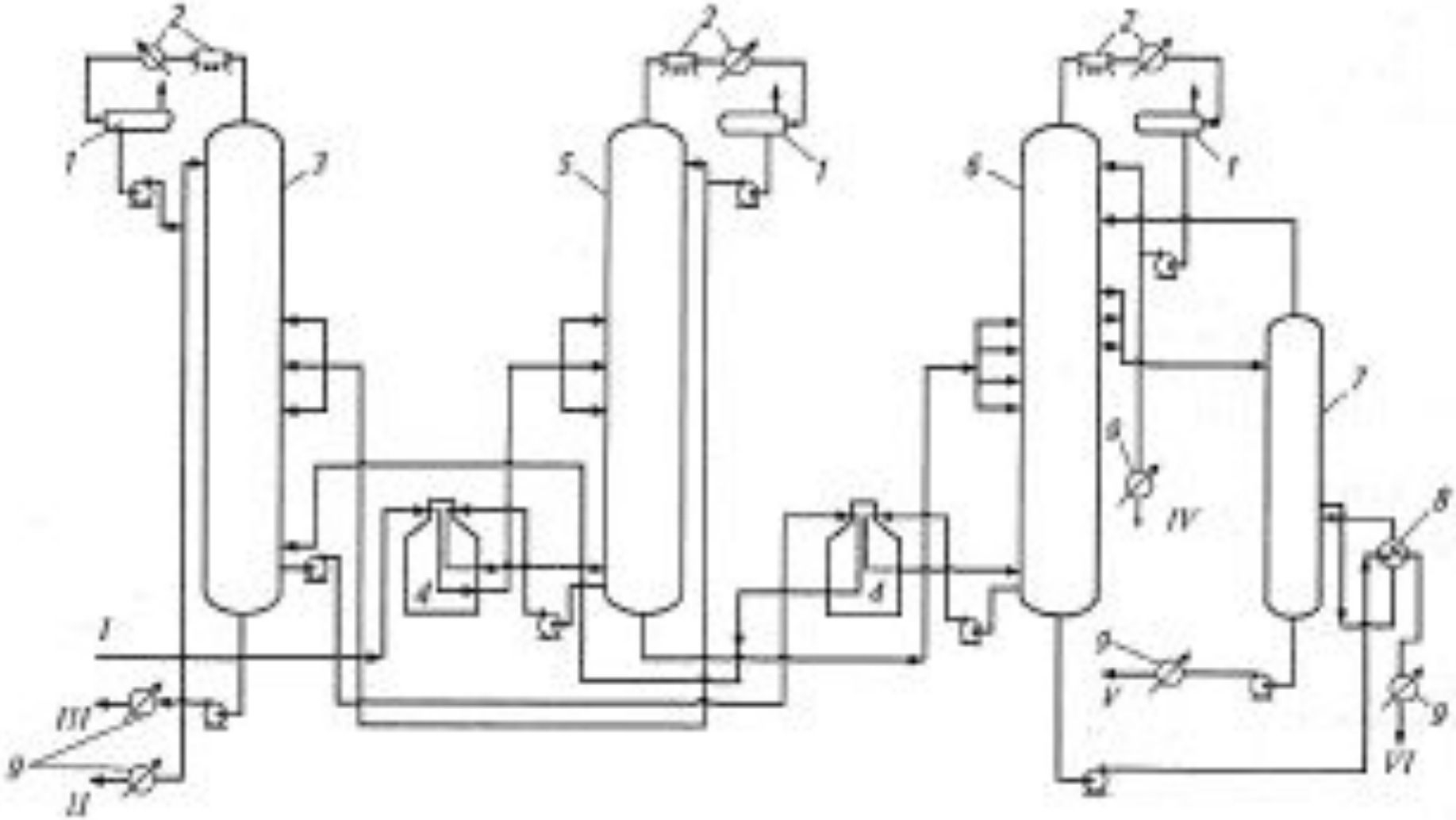


Рис. 8.16. Схема блока вторичной перегонки бензина:

1 — емкости-сепараторы верхнего продукта; *2* — конденсаторы-холодильники; *3, 5, 6* — фракционирующие колонны; *4* — печи; *7* — отпарная колонна; *8* — кипятильник; *9* — холодильники; *I* — широкая бензиновая фракция; II — н.к. — 62 °С; *III* — 62—85 °С; *IV* — 85—120 °С; *V* — 120—140 °С; *VI* — 140—180 °С

Для сернистой нефти типа ромашкинской выход фракций приведен ниже, % (мас.) на бензин (А), на нефть (Б):

	А	Б
Головная (н.к. — 62 °С)	10,6	2,0
Бензольная (62—85 °С)	14,4	2,6
Толуольная (85—120 °С)	23,4	4,2
Ксилольная (120—140 °С)	17,6	3,2
Остаток (140—180 °С)	34,0	10,5
Всего	100,0	22,5

Характеристика сырья и продуктов блока вторичной перегонки фракций приведена в табл. 8.2.

Таблица 8.2. Характеристика сырья и продуктов блока вторичной перегонки бензина

Фракция, °С	Плотность при 20 °С, кг/м³	Содержание серы, % (мас.)	Октановое число (моторный метод)	Фракционный состав, перегонется, °С		
				10 %	50 %	90 %
			Сырье			
н.к. — 180	733	0,08	45,5	85	121	162
			Продукты			
н.к. — 62	646	0,007	70	—	—	—
62—85	695	0,02	53	70	72	79
85—120	723	0,04	48	93	103	114
120—140	744	0,07	40	124	127	132
140—180	766	0,14	30	144	155	175

Таблица 8.3. Параметры работы колонн вторичной перегонки

	Колонны (по рис. 8.16)			
	3	5	6	7
Давление наверху колонны, МПа	0,3	0,2	0,2	1,2
Температура, °С:				
верха	104	78	105	130
низа	170	122	168	—
Диаметр, мм	3	2	3	1,2
Число тарелок, шт.	60	60	60	8
Кратность орошения	2:1	2,5:1	1,5:1	—
Расстояние между тарелками, мм	500	500	500	500

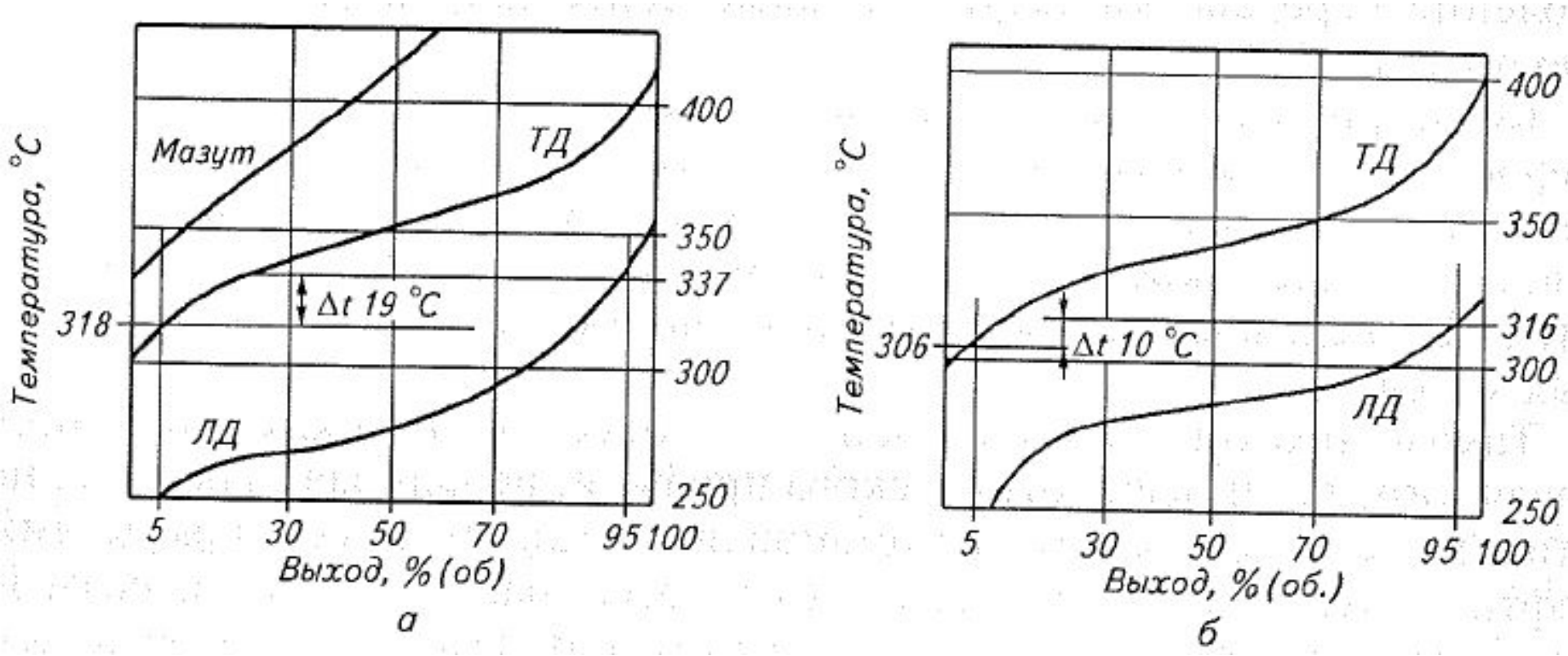
Интенсификация процесса прямой перегонки нефти

Регуляторные насадки (разделительные устройства в колоннах)

Металлическая

Пластиковая

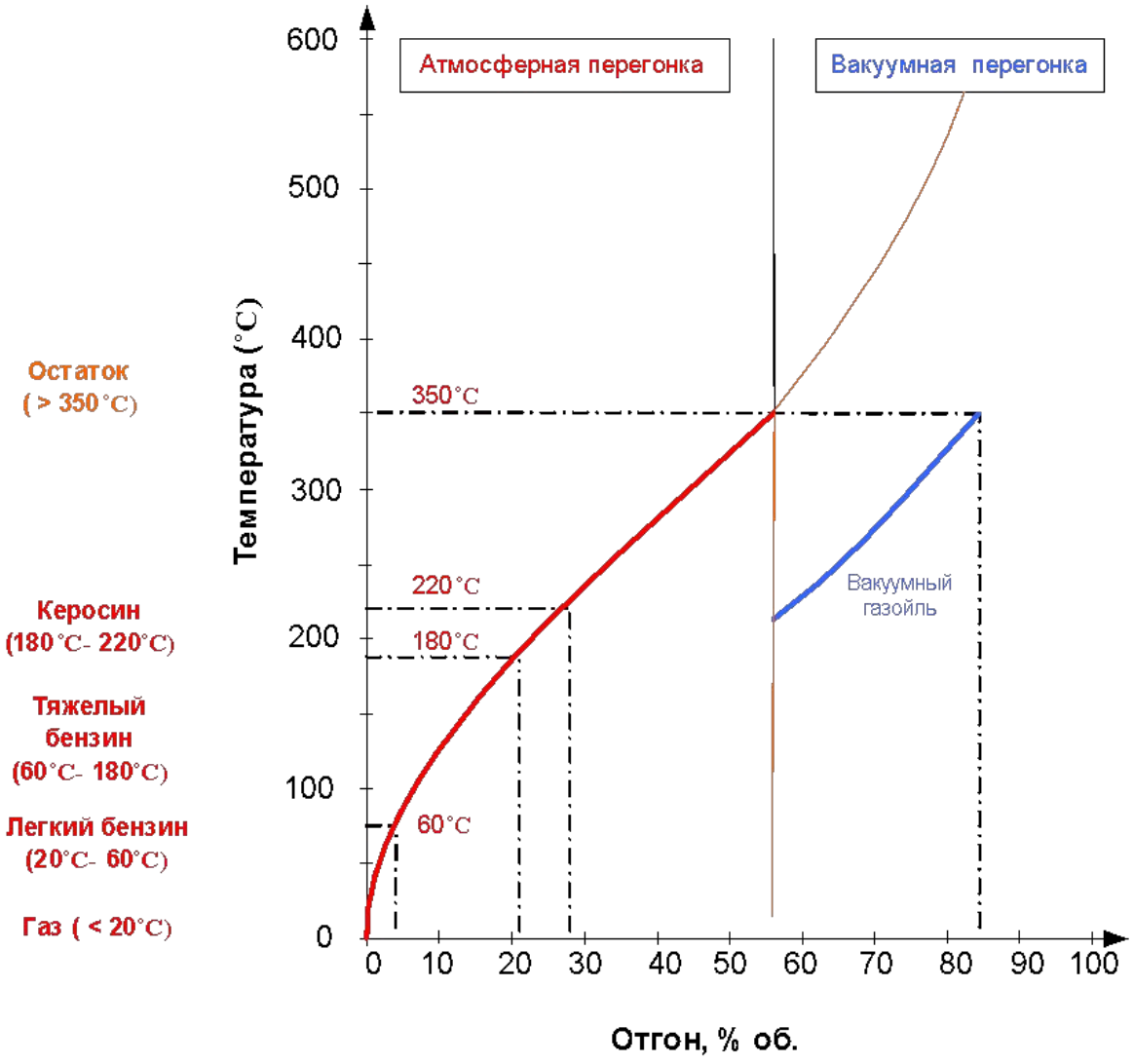
Атмосферная перегонка



Кривые разгонки продуктов, полученных в обычной тарельчатой (а) и насадочной (б) колоннах.

	Вариант *а*	Вариант *б*
Температура, °С:		
выкипания 95 % ЛД	337	316
выкипания 5 % ТД	318	306
к.к. ТД	420	400
Наложение, Δt, °С	–19	–10
Температура застывания, °С:		
ЛД	–5	–8
ТД	+20	+10

Кривые ИТК нефти



Вакуумная перегонка

Таблица 8.6. Технологические параметры работы колонны

Продукт	До реконструкции	После реконструкции
Давление, кПа (мм рт.ст.):		
вверху колонны	5,85 (44)	4,25 (32)
в зоне ввода сырья	10,60 (80)	5,98 (45)
Перепад давления, кПа (мм рт.ст.)	4,75 (36)	1,73 (13)
Температура, °С:		
вверху колонны	68	64
в зоне ввода сырья	371	398
внизу колонны	324	353
на выходе из печи	392	412
Перепад температур на трансферной линии, °С	21	14

Таблица 8.7. Выход продуктов вакуумной колонны (в пересчете на нефть)

Продукт	До реконструкции	После реконструкции
Вакуумный дистиллят, % (мас.):		
легкий	7,40	7,23
тяжелый	20,59	28,53
Затемненный продукт, % (мас.)	3,51	2,42
Гудрон, % (мас.)	20,87	14,19

Характеристика гудрона до (1) и после (2) реконструкции вакуумного блока установки АВТ

Показатели	Гудрон	
	1	2
Плотность при 20 ºС, кг/м^3	~960	1020
Вязкость условная при 80 ºС, с	22,3-24	170
Температура вспышки, ºС	160	220-240
Содержание фракций до 500 ºС, % мас.	30	17

Регулирование фазового перехода жидкость - пар

Уравнение Кельвина-Томсона связывает парциальное давление над плоской и искривленной поверхностью, в частности, с радиусом капли r, характеризующим степень кривизны (чем меньше r, тем больше кривизна поверхности):

$$RT \ln \frac{p_r}{p_0} = \frac{2\sigma \bar{V}}{r}, \qquad (8.3)$$

где R — универсальная газовая постоянная, T — абсолютная температура, $\bar{V}$ — парциальный молярный объем, σ — поверхностное натяжение, p_r и p_0 — парциальное давление паров над каплей радиусом r и плоской поверхностью соответственно.

Например, для капли воды $r = 10^{-5}$ см, $\sigma = 73$ дин/см, $\bar{V} = 18$ см^3/моль, $p_r/p_0 = 0{,}01$, т. е. давление увеличивается на 1 %. Для капли с $r = 10^{-6}$ см, $p_r/p_0 = 1{,}11$, т. е. на 11 %.

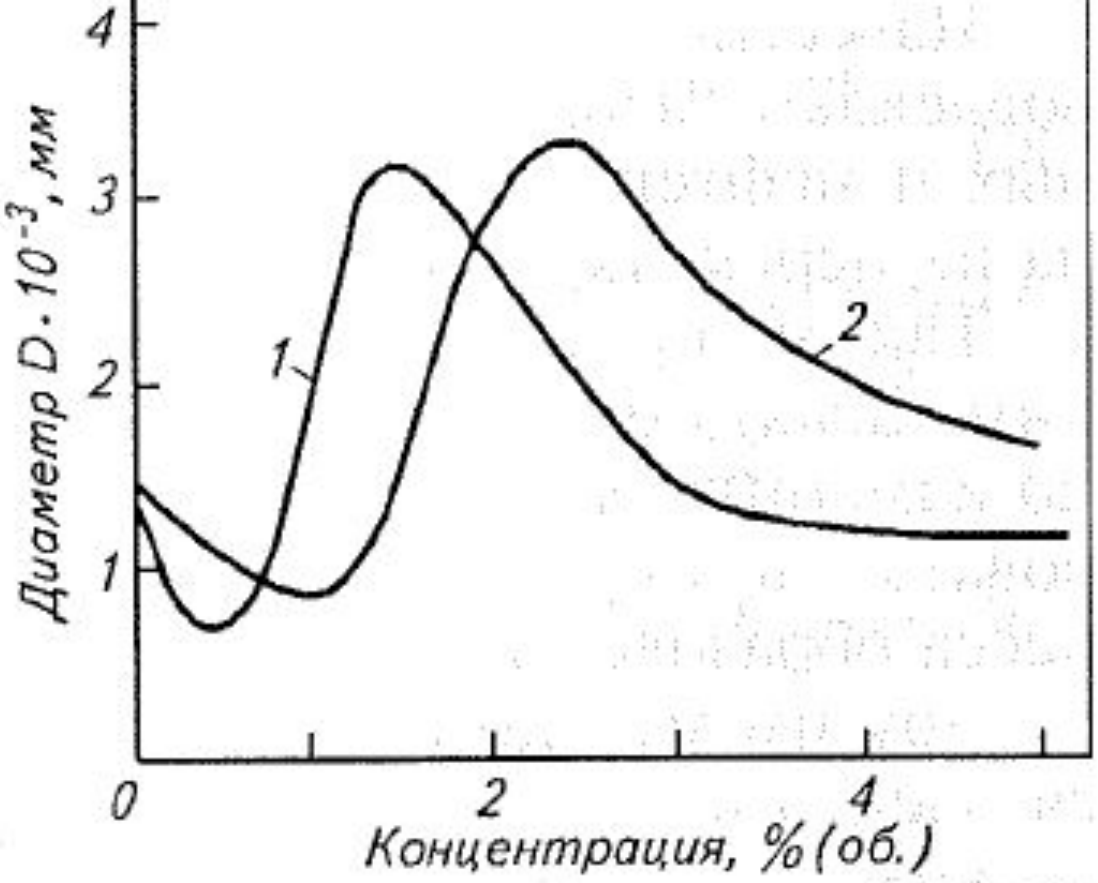


Рис. 8.20. Зависимость диаметра *D* отрывного пузырька пара от концентрации спирта при кипении бинарных смесей (по результатам статистической обработки кинограмм):

1 — вода — изоамиловый спирт; *2* — вода — *н*-бутиловый спирт

Таблица 8.8. Фактор устойчивости сырья $Ф_a$ и выход продуктов перегонки западно-сибирской нефти в присутствии деэмульгатора (прогалита)*

Концентрация прогалита, % (мас.)	$Ф_a$	Выход фракций, % (мас.)					
		до 180 °С	180—240 °С	240—350 °С	Σ до 350 °С	350—500 °С	ост. > 500 °С
0	0,85	17,1	11,9	13,5	42,5	25,1	32,4
$5 \cdot 10^{-2}$	0,93	17,3	11,6	14,8	43,7	24,2	32,1
$5 \cdot 10^{-3}$	0,96	17,1	11,7	17,4	46,2	21,4	32,4
$5 \cdot 10^{-4}$	0,88	17,2	11,0	16,6	44,8	22,3	32,9

*Данные Н. К. Матвеевой, Т. П. Клоковой, О. Ф. Глаголевой.