СОГЛАСОВАНО

Начальник управления оборудования
ГлавНЕФТЕХИМПРОМ СССР
В.В.Давыдов
18 февраля 1983г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Союзнефтехиммаш
В.В.Плышевский
28 января 1983г.

УДК _____

Группа Г47

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КОЛОННЫ ВАКУУМНЫЕ
МЕТОДЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

РТМ 26-02- 26 -83
Взамен РТМ 26-02-26-73

Приказом по Союзнефтехиммаш от " " _____ 1983г.
№ _____ срок введения установлен
с 1 февраля 1984г.

Настоящий руководящий технический материал устанавливает методы гидравлического расчета вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками по ~~ОСТ 26-02-1401-76~~ и ~~ОСТ 26-02-1402-76~~ или по типу этих ОСТов.

Руководящий технический материал распространяется на гидравлические расчеты вакуумных колонн нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других смежных отраслей промышленности.

Настоящие методы гидравлического расчета включают в себя проектный и поверочный гидравлические расчеты вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками.

Издание официальное

Перепечатка воспрещена

gost.e-ecolog.ru

I. ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВ ТАРЕЛОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ВАКУУМНЫХ КОЛОННАХ

Контактные устройства, применяемые в вакуумных колоннах, должны характеризоваться следующими основными показателями: высокой производительностью при низком гидравлическом сопротивлении, высокой эффективностью и широким диапазоном эффективной работы

Ситчатые тарелки с отбойными элементами, применяемые в колоннах вакуумной перегонки мазута, обладают высокими допустимыми скоростями паров в сочетании с низким гидравлическим сопротивлением порядка 200 – 400 Па (I,5–3 мм рт. ст.). Они применяются при умеренных нагрузках по жидкости с напряженностью слива до 50 $м^3/(м.ч)$. Гидравлический расчет ситчатых тарелок с отбойными элементами выполняют по соответствующему действующему руководящему техническому материалу /IO/.

Клапанные прямоточные тарелки характеризуются более высоким кпд и более широким диапазоном эффективной работы при гидравлическом сопротивлении порядка 400–660 Па (3–5 мм рт. ст.). Они применяются и при низких (напряженность слива 6–IO $м^3/(м.ч)$) и при высоких (напряженность слива до 80 $м^3/(м.ч)$) жидкостных нагрузках.

Указанные типы тарелок могут применяться в вакуумных колоннах как раздельно, так и в различных сочетаниях.

При наличии в вакуумных колоннах обоих типов тарелок, клапанные прямоточные тарелки рекомендуется устанавливать в зонах циркуляционных орошений, где имеют место высокие жидкостные нагрузки, или в секциях, где резко меняются нагрузки по высоте и требуются контактные устройства с широким диапазоном эффективной работы. В зонах с невысокими жидкостными и высокими паровыми нагрузками при необходимости обеспечения небольшого перепада давления в колонне устанавливают ситчатые тарелки с отбойными элементами.

Выбор типа контактных устройств в каждом отдельном случае обуславливается назначением колонны, ее схемой, характером перерабатываемого сырья, требованиями к получаемым продуктам, паровыми и жидкостными нагрузками и другими условиями.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВАКУУМНЫХ КОЛОНН

Специфика гидравлического расчета контактных устройств в вакуумных колоннах состоит в том, что гидравлическое сопротивление контактных устройств не должно превышать принятой в технологическом расчете величины.

Гидравлический расчет вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками включает в себя проектный и поверочный гидравлические расчеты.

Назначение проектного расчета - определение основных размеров колонны (Д и Н) и типоразмера тарелок, обеспечивающих требуемый диапазон эффективной работы и допустимый перепад давления в концентрационной части колонны.

Назначение поверочного расчета - определение паро-жидкостных нагрузок, диапазона эффективной работы и гидравлического сопротивления тарелок при заданных конструктивных параметрах.

При проектном расчете вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками диаметр колонны и типоразмер тарелок определяют исходя из минимальных значений свободного сечения тарелки и сечения перелива и из оптимального значения периметра слива по ОСТ 26-02-1401-76 и ОСТ 26-02-1402-76.

Минимальное свободное сечение тарелки определяют по максимально-допустимому значению фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки при шаге рядов клапанов 50 мм. В процессе расчета шаг рядов клапанов может быть увеличен до 75 или 100 мм в зависимости от нагрузок.

Максимально-допустимое значение фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки определяется величиной межтарельчатого уноса жидкости 0,1 кг/кг.

Минимальное сечение перелива определяется максимально-допустимой скоростью жидкости в переливе.

Максимально-допустимые значения фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки принимают по графику области эффективной работы клапанных прямоточных тарелок в координатах $L_v, \frac{\Phi_0}{m_\Phi}$ (черт.1 ,правая ось ординат).

Минимально-допустимые значения фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелок принимают по графику в координатах L_v, Φ_0 (черт.1, левая ось ординат).

Окончательный выбор свободного сечения тарелок определяется требуемыми коэффициентами уменьшения и увеличения нагрузки

$[\varphi_{min}]$ и $[\varphi_{max}]$, заданным гидравлическим сопротивлением тарелки $\Delta P_з$ и допустимым перепадом давления в концентрационной части колонны $[\Delta P_к]$.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОЕКТНОГО РАСЧЕТА ВАКУУМНЫХ КОЛОНН С КЛАПАННЫМИ ПРЯМОТОЧНЫМИ ТАРЕЛКАМИ

Гидравлический расчет вакуумных колонн выполняют для паро-жидкостных нагрузок на тарелках, получаемых в результате технологического расчета колонн.

Расчет паро-жидкостных нагрузок в колоннах проводится для всех характерных сечений, где имеет место ввод или вывод наружних потоков. В табл. I приведены исходные данные, необходимые для выполнения проектного гидравлического расчета вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками. Количество расчетных сечений принимают в каждом конкретном случае.

4. ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ВАКУУМНЫХ КОЛОНН С КЛАПАННЫМИ ПРЯМОТОЧНЫМИ ТАРЕЛКАМИ

4.I. Определение диаметра колонны

Проектный расчет вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками выполняют одновременно по всем сечениям с учетом требуемого коэффициента увеличения нагрузки.

4.I.I. Рассчитывают коэффициент m_φ по уравнению

$$m_\varphi = \frac{19{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot (\sigma)^{0{,}295} \cdot (\rho_п)^{0{,}205}}{(M_п)^{0{,}425} \cdot (\rho'_ж)^{0{,}075}} \qquad (I)$$

Для вакуумных колонн перегонки мазута рекомендуется упрощенная формула

$$m_\varphi = 0{,}988 \cdot (\rho_п)^{0{,}205} \qquad (2)$$

4.I.2. Рассчитывают оптимальную величину периметра слива при напряженности слива 60 $м^3/(м.ч)$ по формуле

$$B_{опт} = \frac{[\varphi_{max}] \cdot Q}{60} \qquad (3)$$

4.I.3. Принимают расстояние между тарелками (не менее 400мм, так как в вакуумных колоннах меньшие расстояния не рекомендуются)

Таблица I

Исходные данные проектного гидравлического расчета вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками.

Наименование величин	Обозначение	Расчетные сечения I	2	3
I.Объемный расход паров, $м^3/с$	V			
2.Плотность паров, $кг/м^3$	$\rho_п$			
3.Динамическая вязкость паров, Па.с($кг.с/м^2$)	$\mu_п$			
4.Объемный расход жидкости, $м^3/ч$	Q			
5.Плотность жидкости, $кг/м^3$	$\rho_{ж}$			
6.Поверхностное натяжение, Н/м	σ			
7.Заданное гидравлическое сопротивление клапанных прямоточных тарелок, Па(мм рт.ст.)	$\Delta P_з$			
8.Допустимый перепад давления в концентрационной части колонны, Па(мм рт. ст.)	$[\Delta P_к]$			
9.Требуемый коэффициент увеличения нагрузки	$[\varphi_{max}]$			
I0.Требуемый коэффициент уменьшения нагрузки	$[\varphi_{min}]$			
II.Коэффициент системы	K_c			
I2.Высота сливного порога, мм	h			

4.I.4. По графику(черт.I) находят максимально-допустимый приведенный фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки при напряженности слива 60 $м^3$/(м.ч) и при принятом расстоянии между тарелками.

4.I.5. Рассчитывают по сечениям максимально-допустимый фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки по уравнению

$$[\Phi_{o\,max}] = \left[\frac{\Phi_o}{m_\varphi}\right]_{max} \cdot m_\varphi \qquad (4)$$

4.I.6. Рассчитывают минимальное свободное сечение тарелки по уравнению

$$S_{o\,min} = \frac{[\varphi_{max}] \cdot V}{[\Phi_{o\,max}]} \cdot \sqrt{\frac{\rho_п}{\rho'_{ж}}} \qquad (5)$$

4.I.7. Рассчитывают максимально-допустимую скорость жидкости в переливе по формулам:

$$[W_ж]_{max} = I7.I0^{-2} \cdot K_c \qquad (6)$$

$$[W_ж]_{max} = 0,7.I0^{-2} \cdot K_c \cdot \sqrt{\rho_ж - \rho_п} \qquad (7)$$

$$[W_ж]_{max} = 2,53.I0^{-4} \cdot K_c \cdot \sqrt{\rho_ж - \rho_п} \cdot \sqrt{H} \qquad (8)$$

Значения коэффициента K_c для некоторых процессов и систем приведены в табл.2.

Из трех значений максимально-допустимой скорости жидкости в переливе принимают наименьшее.

4.I.8. Рассчитывают минимальное сечение перелива по уравнению

$$S_{2\,min} = \frac{[\varphi_{max}] \cdot Q}{3600 \cdot [W_ж]_{max}} \qquad (9)$$

4.I.9. Принимают минимально возможный диаметр тарелки по ОСТ 26-02-I40I-76 и ОСТ 26-02-I402-76 , исходя из полученных величин $B_{опт}$, $S_{o\,min}$ и $S_{2\,min}$. Поиск требуемого диаметра необходимо начинать с однопоточных тарелок (p=I) для типов А и Б при шаге рядов клапанов t = 50 мм, затем поиск продолжается для двухпоточных тарелок (p=2) для обоих типов при t =50 мм, а затем переходят к четырехпоточным тарелками (p=4) также при t =50мм.

Таблица 2

Коэффициент системы K_c

Наименование процессов и систем	K_c
I.Атмосферная перегонка нефти, стабилизация и разделение углеводородных газов(кроме метана и этана	I,00
2.Абсорбция и десорбция углеводородов. Регенерация аминов и гликолей.	0,85
3.Абсорбция аминов и гликолей. Деметанизация и деэтанизация. Переработка растворов глицерина. Вакуумная перегонка мазута.	0,70
4.Разделение метил-этилкетонов.	0,60

При выборе диаметра должны выполняться условия

$$B \geqslant B_{опт} \quad (10)$$

$$S_o \geqslant S_{o\,min} \quad (11)$$

$$S_2 \geqslant S_{2\,min} \quad (12)$$

4.I.I0. По табл. 3 проверяют соответствие принятого расстояния между тарелками и выбранного диаметра. Если окажется, что ранее принятое расстояние между тарелками меньше табличного, принимают новое его значение по таблице 3 и повторяют расчет по пунктам 4.I.4 - 4.I.9.

Таблица 3

Д,м	I,0-I,6	I,8-2,0	2,2-2,4	2,6-5,0	5,5-6,4	7,0-8,0	9,0-I0,0
H,мм не менее	400	450	500	600	700	800	900

4.2.Определение паро-жидкостных нагрузок на тарелках и диапазона эффективной работы

4.2.I. Для принятых конструктивных параметров тарелок рассчитывают следующие параметры

$$L_v = \frac{[\varphi_{max}] \cdot Q}{B} \qquad (I3)$$

$$\Delta h = 2{,}84 \cdot (L_v)^{2/3} \qquad (I4)$$

$$\Phi_o = \frac{[\varphi_{max}] \cdot V}{S_o} \cdot \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho'_{ж}}} \qquad (I5)$$

$$\Phi_{o_{пр}} = \frac{V}{S_o} \cdot \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho'_{ж}}} \qquad (I6)$$

$$L_{v_{пр}} = \frac{Q}{B} \qquad (I7)$$

На график области эффективной работы клапанных прямоточных тарелок (черт.I) наносят точки с координатами (L_v ,Φ_o),($L_{v_{пр}}$,$\Phi_{o_{пр}}$) и (L_v , $\frac{\Phi_o}{m_\varphi}$).

4.2.2. Определяют диапазон эффективной работы клапанных прямоточных тарелок по графику (черт.I). Схема расчета показана на черт.2.

Проводят прямые(рабочие линии) через начало координат и точки с координатами($L_{v_{пр}}$,$\Phi_{o_{пр}}$) для всех расчетных сечений. Ординаты точек пересечения $\Phi_{o_{пр}}$ рабочих линий с линией минимально-допустимых паровых нагрузок соответствуют минимально-допустимым значениям фактора паровой нагрузки $[\Phi_{o\,min}]$.

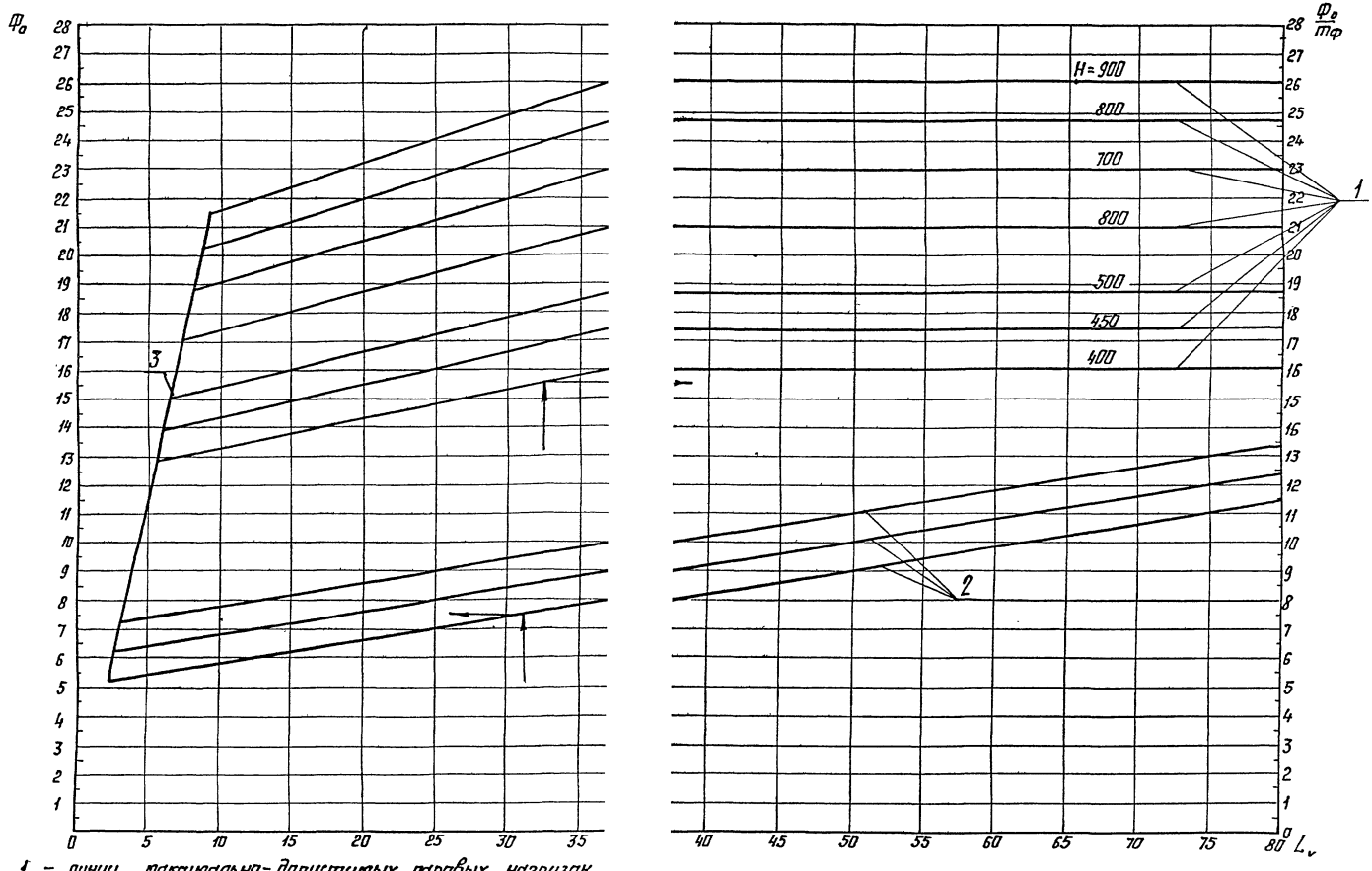
Рассчитывают коэффициент уменьшения нагрузки по уравнению

$$\varphi_{min} = \frac{[\Phi_{o\,min}]}{\Phi_{o_{пр}}} \qquad (I8)$$

Проверяют условие

$$\varphi_{min} \leqslant [\varphi_{min}] \qquad (I9)$$

График области эффективной работы клапанных прямоточных тарелок

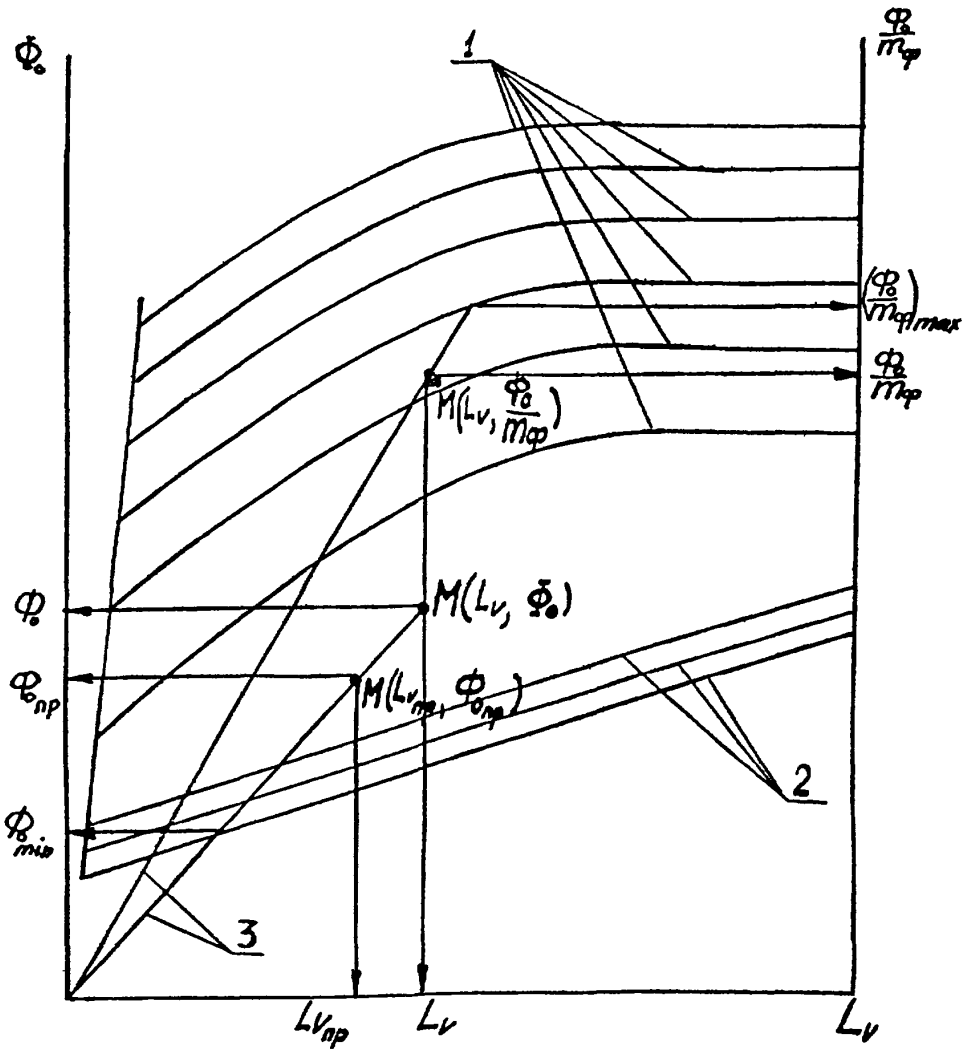


1 – линии максимально-допустимых паровых нагрузок
2 – линии минимально-допустимых паровых нагрузок
3 – линия максимально-допустимых жидкостных нагру.

ГК

Черт. 1

Схема определения диапазона эффективной работы клапанных прямоточных тарелок



1 - линии максимально-допустимых паровых нагрузок

2 - линии минимально-допустимых паровых нагрузок

3 - рабочие линии; $\varphi_{min} = \frac{[\Phi_{0_{min}}]}{\Phi_{0_{пр}}}$; $[\varphi_{max}] = \frac{\left[\frac{\Phi_0}{m_\phi}\right]_{max}}{\frac{\Phi_0}{m_\phi}}$

Черт. 2

Если условие (I9) не выполняется, необходимо уменьшить свободное сечение тарелки. Уменьшение свободного сечения тарелки данного диаметра осуществляется переходом к другой модификации тарлки, либо к ближайшему большему шагу рядов клапанов, либо уменьшением числа рядов клапанов при принятом шаге рядов клапанов 50 мм. Если требуется незначительное уменьшение свободного сечения тарелки, рекомендуется не пробивать несколько рядов клапанов со стороны входа жидкости на тарелку. Для сохранения при этом эффективной работы тарелки рекомендуется оставлять не менее 4 рядов клапанов на потоке.

4.2.3. Определяют максимально-допустимые значения паровых нагрузок для всех расчетных сечений на графике (черт.I), для чего проводят прямые (рабочие линии) через начало координат и точки с координатами (L_v , $\frac{\Phi_0}{m_\Phi}$) до пересечения с линиями максимально-допустимых паровых нагрузок. Ординаты точек пересечения этих линий соответствуют максимально-допустимым значениям паровых факторов в свободном сечении тарелок $\left[\frac{\Phi_0}{m_\Phi}\right]_{max}$ при выбранных конструктивных параметрах и принятом расстоянии между тарелками.

Проверяют условие

$$\frac{\Phi_0}{m_\Phi} \leq \left[\frac{\Phi_0}{m_\Phi}\right]_{max} \qquad (20)$$

Если условие (20) не выполняется, необходимо увеличить свободное сечение тарелки либо расстояние между тарелками. Увеличение свободного сечения тарелки осуществляется выбором другой модификации тарелки или переходом к большему диаметру.

В случаях, когда увеличение диаметра нежелательно, а увеличение расстояния между тарелками не дает желаемых результатов, что может иметь место при низких плотностях пара ($\rho_п < 0{,}2$ кг/м^3) и напряженности слива менее I5 м^3/(м.ч), на клапанных прямоточных тарелках рекомендуется устанавливать отбойные элементы из просечно-вытяжного листа по типу ситчатых тарелок с отбойными элементами (ОСТ 26-02-2054) . Свободное сечение просечно - вытяжного листа отбойных элементов должно быть не менее 50 %. Применение отбойных элементов на клапанных прямоточных тарелках позволяет увеличить максимально-допустимые паровые нагрузки на 20-30 %.При этом гидравлическое сопротивление

тарелок увеличивается на I5-20%. Отбойные элементы на клапанных прямоточных тарелках применяются при напряженности слива до 50 $м^3/(м.ч)$.

При выборе новых конструктивных параметров тарелок должен быть повторно проведен расчет по уравнениям (I3)-(20).

4.2.4. При невыполнении условия (I9) выбор нового значения свободного сечения тарелок выполняют, исходя из минимально-допустимого фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки $[\Phi_{O min}]$ с учетом требуемого коэффициента уменьшения нагрузки $[\varphi_{min}]$ и заданного гидравлического сопротивления тарелки ΔP_3.

Рассчитывают максимальное свободное сечение тарелки, исходя из минимально-допустимой паровой нагрузки $[\Phi_{O min}]$ и требуемого коэффициента уменьшения нагрузки $[\varphi_{min}]$

$$S_{o max} = \frac{[\varphi_{min}] \cdot V}{[\Phi_{O min}]} \cdot \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho'_{ж}}} \qquad (2I)$$

Рассчитывают фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, исходя из заданного гидравлического сопротивления тарелки ΔP_3.

$$\Phi_{O p} = \sqrt{\frac{\Delta P_3 - 4,I76 \cdot \Delta h}{I,695 \cdot \rho'_{ж}}} \qquad (22)$$

Рассчитывают свободное сечение тарелки, исходя из заданного гидравлического сопротивления тарелки.

$$S_{o p} = \frac{S_o \cdot \Phi_O}{\Phi_{O p}} \qquad (23)$$

Вновь принимаемое свободное сечение тарелки S'_o должно удовлетворять условию

$$S_{o p} \leqslant S'_o \leqslant S_{o max} \qquad (24)$$

Если окажется, что $S_{o p} > S_{o max}$, то это значит, что требуемый коэффициент уменьшения нагрузки $[\varphi_{min}]$ и заданное гидравлическое сопротивление тарелки ΔP_3 несовместимы и необходимо откорректировать исходные данные: либо увеличить ΔP_3, либо увеличить $[\varphi_{min}]$.

Для вновь принятых значений свободного сечения тарелок S_o' выполняют расчет по уравнениям (I3)-(20).

4.3.Расчет гидравлического сопротивления клапанных прямоточных тарелок

Работа клапанных прямоточных тарелок характеризуется двумя гидродинамическими режимами I и II в зависимости от соотношения паровых и жидкостных нагрузок. Переход от режима I к режиму II определяется граничными условиями. Расчет гидравлического сопротивления тарелок выполняют для всех расчетных сечений.

4.3.I. Рассчитывают фактор F_{S_o}

$$F_{S_o} = \Phi_o \cdot \sqrt{\rho'_{ж}} \qquad (25)$$

4.3.2. Рассчитывают гидравлическое сопротивление сухой тарелки.

При условии $F_{S_o} \geqslant 13{,}4$

$$\Delta P_{сух} = 1{,}785 \cdot \left(F_{S_o} \right)^2 \qquad (26)$$

При условии $F_{S_o} < 13{,}4$

$$\Delta P_{сух} = 168 \cdot \left(F_{S_o} \right)^{0{,}25} \qquad (27)$$

4.3.3. Проверяют граничные условия режимов I и II

$$F_{S_o} \cdot (5{,}2 - 0{,}0318 \cdot \Delta h) < h \qquad (28)$$

При выполнении условия (28) на тарелке имеет место I режим, при невыполнении - II режим.

4.3.4. Для режима I рассчитывают гидравлическое сопротивление газожидкостного слоя на тарелке

При $F_{S_o} < 8{,}66$

$$\Delta P_{ж} = \left[A - 37{,}7 \cdot F_{S_o} + 3{,}4 \cdot (h + \Delta h) + 0{,}41 \cdot F_{S_o} \cdot (h + \Delta h) \right] \cdot \rho'_{ж} \qquad (29)$$

При $F_{s_0} \geqslant 8{,}66$

$$\Delta P_{ж} = \left[A - 37{,}7 \cdot F_{s_0} + 7{,}0 \cdot (h + \Delta h) \right] \cdot \rho'_{ж} \qquad (30)$$

где A = I9,6 при t = 50 мм
A = I42,0 при t > 50 мм

4.3.5. Для режима I рассчитывают гидравлическое сопротивление тарелки

$$\Delta P = \Delta P_{сух} + \Delta P_{ж} \qquad (3I)$$

4.3.6. Для режима II рассчитывают гидравлическое сопротивление тарелки

При условии $F_{s_0} \geqslant I3{,}4$

$$\Delta P = \Delta P_{сух} \cdot \left(0{,}95 + \frac{2{,}34 \cdot \rho'_{ж} \Delta h}{(F_{s_0})^2} \right) \qquad (32)$$

При условии $F_{s_0} < I3{,}4$

$$\Delta P = \Delta P_{сух} \cdot \left(0{,}95 + \frac{0{,}I75 \cdot \rho'_{ж} \Delta h}{F_{s_0}} \right) \qquad (33)$$

4.3.7. Рассчитывают суммарное гидравлическое сопротивление тарелок концентрационной части колонны $\Delta P_{К}$ с учетом гидравлического сопротивления отбойников , глухих тарелок и других внутренних устройств колонны и проверяют условие

$$\Delta P_{К} \leqslant [\Delta P_{К}] \qquad (34)$$

При невыполнении условия (34) необходимо уменьшить сопротивление тарелок за счет уменьшения высоты сливного порога, увеличения свободного сечения тарелки или увеличения диаметра. Превышение фактического перепада давления в концентрационной части колонны над допустимым на 660 – I330 Па (5–I0 мм рт. ст.) считается возможным.

4.3.8. Рассчитывают гидравлическое сопротивление перелива

$$\Delta h_{п} = 0{,}I90 \cdot \left(\frac{L_v}{a_{п}} \right)^2 \cdot \rho_{ж} \qquad (35)$$

4.3.9. Рассчитывают уровень светлой жидкости в переливе по уравнению

$$h'_{св} = h + \Delta h + \frac{\Delta h_п + \Delta P}{9{,}81 \cdot \rho'_{ж}} \qquad (36)$$

4.3.10. Рассчитывают коэффициент вспениваемости по уравнению

$$K = \frac{2{,}3}{\left[\frac{Q \cdot \rho_{ж}}{3600 V \rho_п}\sqrt{\frac{\rho_п}{\rho'_{ж}}}\right]^{0{,}125}} \qquad (37)$$

4.3.11. Проверяют условие

$$h'_{св} \leq \frac{H + h}{K} \qquad (38)$$

В случае, если условие (38) не выполняется, необходимо увеличить расстояние между тарелками.

5. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВАКУУМНЫХ КОЛОНН С КЛАПАННЫМИ ПРЯМОТОЧНЫМИ ТАРЕЛКАМИ

5.1. Исходными данными для поверочного расчета вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками являются:

1) конструктивные параметры тарелок по ОСТ 26-02-1401-76, ОСТ 26-02-1402-76 или по типу этих ОСТов (Д, Н, S_0, S_2, В, h, $a_п$, ℓ;

2) парожидкостные нагрузки на тарелках и физические свойства паров и жидкости – V, $\rho_п$, Q, $\rho_{ж}$, $M_п$, σ, K_c;

3) требуемые коэффициенты увеличения и уменьшения нагрузки $[\varphi_{max}]$ и $[\varphi_{min}]$;

4) допустимый перепад давления в концентрационной части колонны $[\Delta P_к]$

5.2. Рассчитывают коэффициент m_φ по уравнению (1) или (2) во всех расчетных сечениях колонны.

5.3. Рассчитывают величины L_v, Δh, Φ_0, $\frac{\Phi_0}{m_\varphi}$, $\Phi_{0_{пр}}$, $L_{v_{пр}}$ по уравнениям (13) –(17);

5.4. На графике (черт.1) области эффективной работы клапанных прямоточных тарелок проводят прямые (рабочие линии) через начало координат и точки с координатами ($L_{v_{пр}}$, $\Phi_{0_{пр}}$).

Определяют по графику величины $[\Phi_{o\,min}]$, рассчитывают величины φ_{min} по уравнению (I8) и проверяют условие (I9).

5.5. На графике (черт.I) проводят прямые (рабочие линии) через начало координат и точки с координатами (L_v , $\frac{\Phi_o}{m_{\tilde{\Phi}}}$).

Определяют по графику величины $\left[\frac{\Phi_o}{m_{\tilde{\Phi}}}\right]_{max}$ и проверяют условие (20).

5.6. Рассчитывают скорость жидкости в переливе

$$W_{ж} = \frac{[\varphi_{max}] \cdot Q}{3600 \cdot S_2} \qquad (39)$$

По уравнениям (6)- (8) рассчитывают максимально-допустимую скорость жидкости в переливе $[W_{ж}]_{max}$ и проверяют условие

$$W_{ж} \leq [W_{ж}]_{max} \qquad (40)$$

5.7. Рассчитывают гидравлическое сопротивление тарелок по уравнениям (25) - (33), рассчитывают перепад давления в концетрационной части колонны с учетом всех внутренних устройств колонны и проверяют условие (34). Рассчитывают высоту газожидкостного слоя в переливе по уравнениям (35) - (37) и проверяют условие (38).

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Рекомендуемое

Аппроксимация линий допустимых нагрузок для клапанных прямоточных тарелок

I. Линии максимально-допустимых паровых нагрузок клапанных прямоточных тарелок апроксимируются следующими уравнениями:

При $L_v \geq 37,6$

$$\left[\frac{\Phi_o}{m_{ф}}\right]_{max} = 2I.\left[-0,74I.\left(\frac{H}{1000}\right)^2 + I,9II.\left(\frac{H}{1000}\right) + 0,I2\right] \quad . \quad . \quad .(4I)$$

При $L_v < 37,6$

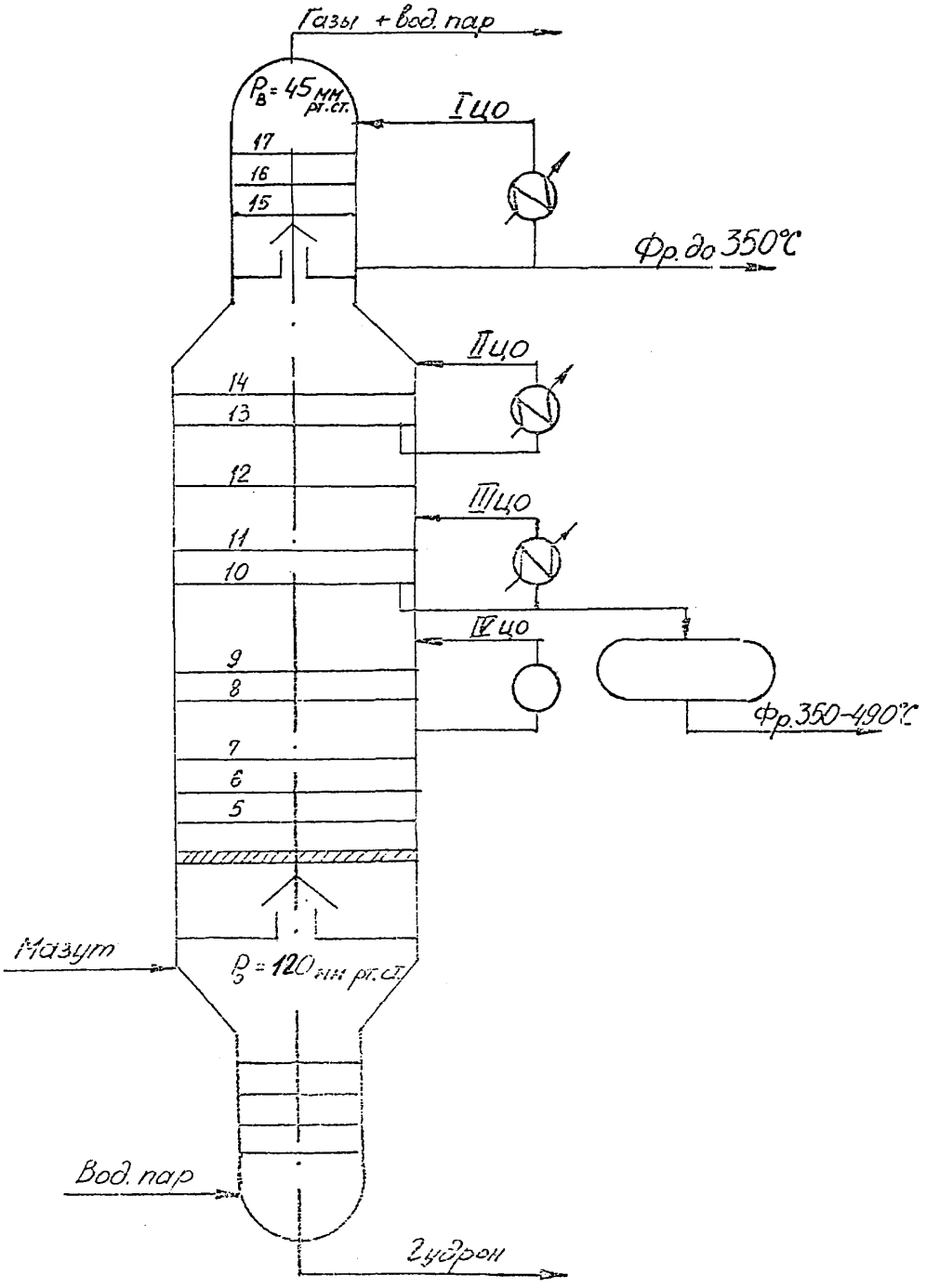
$$\left[\frac{\Phi_o}{m_{ф}}\right]_{max} = (I6 + 0,I33.L_v).\left[-0,74I.\left(\frac{H}{1000}\right)^2 + I,9II.\left(\frac{H}{1000}\right) + 0,I2\right] \quad . \quad . \quad .

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Пример расчета вакуумной колонны перегонки мазута с клапанными прямоточными тарелками.

Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I (верх)	II-II	III-III	IУ - IУ	У-У	УI-УI
		Исходные данные					
I. Объемный расход паров, $м^3/с$	V	75,53	I90,79	I97,8I	I76,75	I22,37	56,32
2. Плотность паров при рабочих условиях, $кг/м^3$	$\rho_п$	0,I34	0,465	0,645	0,720	0,760	0,338
3. Объемный расход жидкости, $м^3/ч$	Q	I32,89	650,00	575,44	373,68	I96,05	379,82
4. Плотность жидкости при рабочих условиях, $кг/м^3$	$\rho_ж$	790	750	735	730	740	800
5. Заданное гидравлическое сопротивление тарелки, Па	$\Delta P_з$			727,95 (5,46)			
6. Допустимый перепад давления в концентрационной части колонны, Па (мм рт. ст.)	$[\Delta P_к]$			9997,5(75)			
7. Требуемый коэффициент увеличения нагрузки	$[\varphi_{max}]$			I,I			
8. Требуемый коэффициент уменьшения нагрузки	$[\varphi_{min}]$			0,668			
9. Коэффициент системы	K_c			0,7			
I0. Высота сливного порога, мм	h			40			

Схема вакуумной колонны перегонки мазута



Черт. 21.

Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I(верх)	II-II	III-III	IУ-IУ	У-У	УI-УI
		Определение диаметра колонны					
Коэффициент m_φ по уравнению (2)	m_φ	0,654	0,845	0,902	0,924	0,935	0,790
Принимаем расстояние между тарелками, мм	H	600	600	600	600	600	600
По графику (черт.I) при L_v =60м³/(м.ч) определяем $\left[\frac{\Phi_0}{m_\varphi}\right]_{max}$		2I	2I	2I	2I	2I	2I
$\left[\Phi_{0_{max}}\right]$ по ур-ю(4)		I3,73	I7,75	I8,94	I9,40	I9,64	I6,59
$S_{0_{min}}$ по ур-ю(5)		2,493	9,293	I0,765	9,940	6,920	2,430
$[w_ж]_{max}$ по ур-ю(6)		0,II9	0,II9	0,II9	0,II9	0,II9	0,II9
$[w_ж]_{max}$ по ур-ю(7)		0,I38	0,I34	0,I33	0,I32	0,I33	0,I39
$[w_ж]_{max}$ по ур-ю(8)		0,I22	0,II9	0,II8	0,II7	0,II8	0,I23
Принимаем максимально-допустимую скорость жидкости в переливе, м/с	$[w_ж]_{max}$	0,II9	0,II9	0,II8	0,II7	0,II8	0,II9
Минимальное сечение перелива по ур-ю(9), м²	$S_{2_{min}}$	0,34I	I,669	I,490	0,975	0,508	0,975
Оптимальная величина периметра слива по ур-ю(3)	$B_{опт}$	2,43	II,92	I0,55	6,85	3,59	6,96

Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I(Верх)	II-II	III-III	IУ-IУ	У-У	УI-УI
По ОСТ26-02-I40I-76 принимаем конструктивные параметры тарелок:							
Диаметр,м	Д	4,500	9,000	9,000	9,000	9,000	4,500
Число потоков	р	2	2	2	2	2	2
Тип/шаг рядов клапанов,мм		Б/50	Б/50	Б/50	Б/50	Б/50	Б/50
Свободное сечение тарелки/Относительное свободное сечение тарелки	S/F_c	2,542/0,I60	II,073/0,I74	II,073/0,I74	II,073/0,I74	II,073/0,I74	2,542/0,I60
Сечение перелива/Периметр слива	S_2/B	I,6I/5,34	4,97/I0,30	4,97/I0,30	4,97/I0,30	4,97/I0,30	I,6I/5,34
Длина пути жидкости, м	ℓ	I,540	3,320	3,320	3,320	3,320	I,540
Принимаем по табл.3 для ø9000м: расстояние между тарелками	H		900	900	900	900	
Для ø9000м повторяем расчет по ур-ям(4)-(I2)							
По графику(чертI)	$\left[\frac{\Phi_o}{m_\phi}\right]_{max}$		26	26	26	26	
	$[\Phi_{o\,max}]$		2I,97	23,45	24,02	24,3I	
	$S_{o\,min}$		7,508	8,694	8,030	5,590	
По ур-ю (6)	$[W_{жс}]_{max}$		0,II9	0,II9	0,II9	0,II9	
По ур-ю (7)	$[W_{жс}]_{max}$		0,I38	0,I34	0,I33	0,I32	
По ур-ю (8)	$[W_{ж}]_{max}$		0,I45	0,I44	0,I43	0,I44	

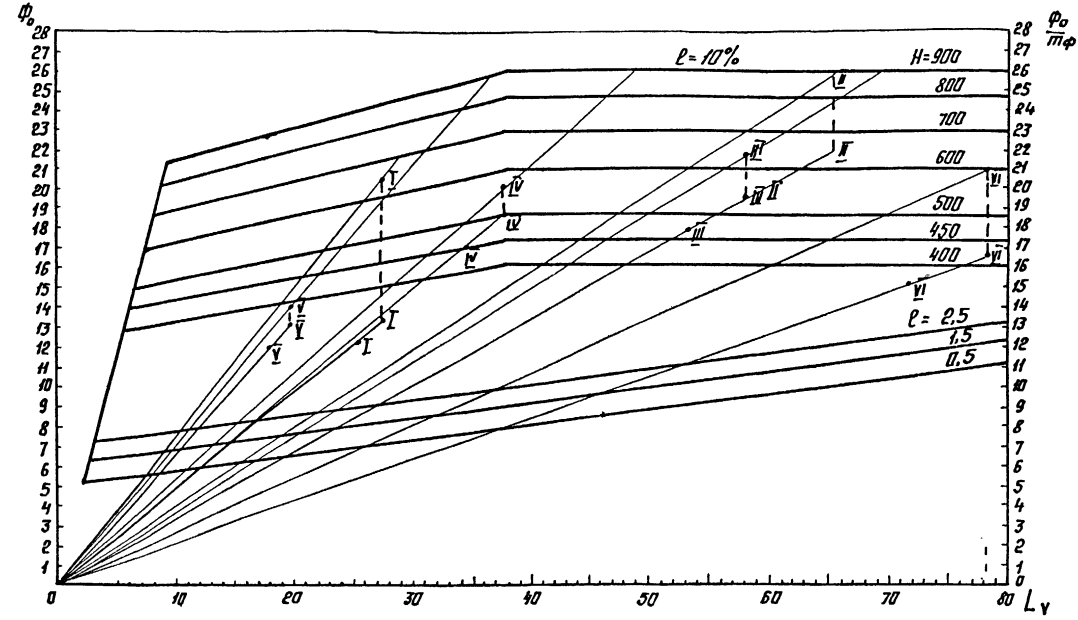
Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I(Верх)	II-II	III-III	IУ-IУ	У-У	УI-УI
Принимаем минимальную из 3-х величин	$[w_{ж}]_{max}$		0,II9	0,II9	0,II9	0,II9	
	S_{2min}		I,669	I,477	0,960	0,503	
По ОСТ26-02-I40I-76 принимаем конструктивные параметры	Д		9000	9000	9000	9000	
	p		2	2	2	2	
	T_{un}/t		A/50	A/50	A/50	A/50	
	S_o/F_c		I0,375/0,I63	I0,375/0,I63	I0,375/0,I63	I0,375/0,I63	
	S_2/B		6,2I/I0,92	6,2I/I0,92	6,2I/I0,92	6,2I/I0,92	
	ℓ		3,I40	3,I40	3,I40	3,I40	
		Расчет фактических нагрузок на тарелках					
Напряженность слива, $м^3/(м.ч)$	L_v	27,37	65,45	57,97	37,64	I9,74	78,2I
Подпор над сливным порогом, мм	Δh	25,79	46,I5	42,46	3I,86	I9,96	5I,97
Фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, $кг^{0,5}/(с.м^{0,5})$	Φ_o	I3,46	I5,89	I9,65	I8,59	I3,I0	I5,84
Фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки при проектной нагрузке, $кг^{0,5}/(с.м^{0,5})$	$\Phi_{o_{пр}}$	I2,24	I4,45	I7,86	I6,90	II,9I	I4,40

Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I(Верх)	II-II	III-III	IУ-IУ	У-У	УI-УI
Приведенный фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, кг^{0,5}/(с.м^{0,5})	$\frac{\Phi_c}{m_\varphi}$	20,57	I8,8I	2I,78	20,I2	I4,0I	20,02
Коэффициент уменьшения нагрузки	φ_{min}	0,589<0,668	0,7I9>0,668 не выполняется	0,5I3<0,668	0,494<0,668	0,668=0,668	0,694>0,668 не выполняется
Минимально-допустимый фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, кг^{0,5}/(с.м^{0,5})	$[\Phi_{c_{min}}]$	7,2I	I0,40	9,I6	8,35	7,95	I0,00
Максимально-допустимый фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, кг^{0,5}/(с.м^{0,5}) (приведенный).	$\left[\frac{\Phi}{m_\varphi}\right]_{max}$	I9,2	26,0	26,0	26,0	25,8	2I,0
Проверяем условие (20)		20,57>I9,20 не выполняется	I8,8I<26,00	2I,78<26,00	20,I2<26,00	I4,0I<25,80	20,02<2I,00
		Принимаем H=700мм					
По графику (черт.1)	$\left[\frac{\Phi_c}{m_\varphi}\right]_{max}$	2I,50					
Проверяем условие (20)		20,57<2I,50					
Максимальное свободное сечение тарелки по ур-ю (2I), м^2	$S_{c_{max}}$		9,656				2,445
Свободное сечение тарелки при t=75мм по ОСТ26-02-I40I-76			7,028				I,723

Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I(верх)	II-II	III-III	IУ-IУ	У-У	УI-УI
Фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, полученный исходя из заданного гидравлического сопротивления, $кг^{0,5}/(с.м^{0,5})$	$Ф_{o_р}$		22,07				I9,4I
Свободное сечение тарелки, полученной по заданному сопротивлению, $м^2$	$S_{o_р}$		7,470				2,074
Принимаем	S_o	7,470=	7,470< 9,656			2,074<	2,430<2445
Повторяем расчет по уравнениям (I5)-(I6), (I8)-(20)	$Ф_o$		22,00				I6,57
	$Ф_{o_{пр}}$		20,I0				I5,07
	$\frac{Ф_o}{m_ф}$		26,00				20,97
По графику (черт.1)	$[Ф_{o\,min}]$		9,2				9,7
	φ_{min}		0,46 < 0,668				0,65<0,668
По графику (черт.1)	$\left[\frac{Ф_o}{m_ф}\right]_{max}$		26,00=26,00				2I,00>20,97
	Расчет гидравлического сопротивления						
По ур-ю (25)	F_{S_o}	II,95	I9,03	I6,86	I5,9	II,24	I4,8I
По ур-ям (26), (27)	$\Delta P_{сух}$	3II,96	646,57	507,56	45I,35	308,03	39I,6I

Наименование величин	Обозначение	Номера расчетных сечений					
		I-I	II-II	III-III	IУ-IУ	У-У	УI-УI
Гидравлическое сопротивление тарелки, Па (мм рт. ст.)	ΔP	389,65 (2,92)	695,04 (5,2I)	6I2,I4 (4,59)	526,3I (3,94)	366,2I (2,75)	545,93 (4,I)
Перепад давления в концентрационной части колонны, Па(мм рт. ст.)	$\Delta P_к$	3. 389,65 + I33,3 + 3. 695,04 + 2. 6I2,I4 + 2. 526,3I + 3. 366,2I + + I33,3 + I33,3 = 7029,5 < 9997,5					
Гидравлическое сопротивление перелива, Па	$\Delta h_п$	3I,07	I69,29	I30,00	54,5I	I5,I8	257,94
Высота светлой жидкости в переливе, мм	$h'_{св}$	I20,II	203,48	I85,30	I53,05	II3,27	I99,43
Коэффициент вспениваемости по уравнению(37)	К	2,25	2,25	2,34	2,45	2,55	2,00
Величина	$\frac{H + h}{К}$	328,9	4I7,8	40I,7	383,7	368,6	320,00
Проверка условия(38)		I20,II < 328,9	203,48<4I7,8	I85,3<40I,7	I53,05<383,7	II3,27<368,6	I99,43<320,0

Область эффективной работы клапанных прямоточных тарелок



Черт. 2.1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

I. РТМ 26-02-26-73 "Колонны вакуумные.Методика гидравлического расчета".
2. ОСТ 26-02-I40I-76 "Тарелки клапанные прямоточные для аппаратов колонного типа. Параметры, конструкция и основные размеры".
3. ОСТ 26-02-I402-76 "Тарелки клапанные прямоточные четырехпоточные колонных аппаратов. Параметры, конструкция и основные размеры."
4. ОН 26-02-29-66. Отраслевая нормаль. "Тарелки ректификационные клапанные прямоточные. Конструкция и основные размеры".
5. ОН 26-02-I44-69. Отраслевая нормаль. "Тарелки ректификационные клапанные прямоточные четырехпоточные.Конструкция и основные размеры."
6. Методика гидравлического расчета клапанных тарелок "Глитч". Бюллетень №4900, Даллас, Техас.
7. Симонов В.А. "Исследование гидравлических характеристик тарельчатых колонн в условиях вакуумной ректификации" - кандидатская диссертация, Москва, I98Iг.
8. Креймер М.Л. "Показатели работы вакуумного блока АВТ типа А-I2/5 ", Нефтепереработка и нефтехимия, №6, I975г.
9. Махтумов Д.Н., Одинцов О.К. и др. "Опыт эксплуатации клапанных прямоточных тарелок" , Эксплуатация, модернизация и ремонт оборудования, №I2, I975г.
IO. РТМ 26-02- -83 "Тарелки ситчатые с отбойными элементами. Методы гидравлического расчета".

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Φ_o – фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

$\Phi_{o_{пр}}$ – фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки при проектных нагрузках, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

$[\Phi_{o_{min}}]$ – минимально-допустимое значение фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

$\Phi_{o_р}$ – фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, рассчитанный по заданному гидравлическому сопротивлению тарелки , $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

$[\Phi_{o_{max}}]$ – максимально-допустимое значение фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

A – численный коэффициент в уравнениях (29) и (30)

$a_п$ – линейный размер наиболее узкого сечения в переливе, мм

B – периметр слива, м

$B_{опт}$ – оптимальная величина периметра слива, м

Д – диаметр колонны, м

e – относительная величина межтарельчатого уноса жидкости, вычисляемая как отношение веса унесенной жидкости к весу паров, кг/кг

F_{s_o} – фактор скорости паров в свободном сечении тарелки, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

H – расстояние между тарелками, мм

h – высота сливного порога, мм

Δh – подпор над сливным порогом, мм

$\Delta h_п$ – гидравлическое сопротивление перелива, Па

$h'_{c_в}$ – уровень светлой жидкости в переливе, мм

K_c – коэффициент системы (коэффициент запаса, учитывающий склонность систем к пенообразованию)

K – коэффициент вспениваемости (безразмерный)

ℓ – длина пути жидкости (одного потока), м

L_v – напряженность слива, $м^3/(м.ч)$

$L_{v_{пр}}$ – напряженность слива при проектных нагрузках, $м^3/(м.ч)$

$m_{ф}$ – коэффициент, учитывающий влияние физических свойств парожидкостной системы на величину межтарельчатого уноса жидкости

p – число потоков на тарелке

$\Delta P_з$ – заданное гидравлическое сопротивление тарелки, Па

ΔP – гидравлическое сопротивление тарелки, Па

$[\Delta P_к]$ – допустимый перепад давления в концентрационной части колонны, Па

$\Delta P_к$ – перепад давления в концентрационной части колонны, Па

$\Delta P_{сух}$ – гидравлическое сопротивление сухой тарелки, Па

$\Delta P_ж$ – гидравлическое сопротивление газожидкостного слоя на тарелке, Па

Q – объемный расход жидкости при рабочих условиях, $м^3/ч$

S_o – свободное сечение тарелки, $м^2$

$S_{o_{min}}$ – минимальное свободное сечение тарелки, $м^2$

$S_{o_{max}}$ – максимальное свободное сечение тарелки, рассчитанное по требуемому коэффициенту уменьшения нагрузки, $м^2$

S_{o_p} – свободное сечение тарелки, рассчитанное по заданному гидравлическому сопротивлению тарелки , $м^2$

S_2 – сечение перелива, $м^2$

$S_{2_{min}}$ – минимальное сечение перелива, $м^2$

t – шаг рядов клапанов, мм

V – объемный расход паров при рабочих условиях, $м^3/с$

$W_ж$ – скорость жидкости в переливе, м/с

$[W_ж]_{max}$ – максимально-допустимая скорость жидкости в переливе, м/с

$\mu_п$ – динамическая вязкость паров при рабочих условиях, Па.с

$\rho_п$ – плотность паров при рабочих условиях, $кг/м^3$

$\rho_ж$ – плотность жидкости при рабочих условиях, $кг/м^3$

$\rho'_{ж}$ – относительная плотность жидкости, вычисляемая как плотность жидкости при рабочих условиях, деленная на плотность воды при 4°С ($\rho'_{ж} = \rho_{ж} \cdot 10^{-3}$)

σ – поверхностное натяжение , Н/м

$[\varphi_{min}]$ – требуемый коэффициент уменьшения нагрузки

φ_{min} – коэффициент уменьшения нагрузки

$[\varphi_{max}]$ – требуемый коэффициент увеличения нагрузки

$\frac{\Phi_0}{m_\phi}$ – приведенный фактор паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

$\left[\frac{\Phi_0}{m_\phi}\right]_{max}$ – максимально-допустимое значение приведенного фактора паровой нагрузки в свободном сечении тарелки, $\frac{кг^{0,5}}{(с.м^{0,5})}$

кпд – коэффициент полезного действия тарелки

СОДЕРЖАНИЕ

I. Характеристика типов тарелок, применяемых в вакуумных колоннах 2
2. Основные положения гидравлического расчета вакуумных колонн 3
3. Исходные данные проектного расчета вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками 4
4. Проектный расчет вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками 4
5. Поверочный расчет вакуумных колонн с клапанными прямоточными тарелками 15
Приложение I 17
Приложение 2 18
Список использованных источников 27
Условные обозначения 28

Зам. директора института Г.В.Мамонтов
Зав. отделом №4I Э.Г.Стамбулян
Зав. отделом №I7 В.А.Шейнман
Зав. лабораторией №I7ЛI, к.т.н. Ю.Н.Лебедев
Зав. сектором отдела №4I Т.В.Булчинская
Гл. конструктор проекта Ю.З.Вольшонок
Ответственный исполнитель, ст. науч.сотр. И.А.Зильберберг

УТВЕРЖДАЮ

Председатель ТК 260 "Оборудование химическое и нефтегазоперерабатывающее"

А.Заваров

Лист утверждения

Изменение №I

РТМ 26-02-26-83 " Колонны вакуумные. Методы гидравлического расчета".

Исполнители :

АОот "ВНИИНЕФТЕМАШ"

Заместитель генерального директора — В.В.Гуревич

Заведующий отделом №6 — Б.Н.Семанидо

Заведующий отделом №3 — Т.В.Булчинская

Старший научный сотрудник — В.Е.Вайсман

Ведущий инженер — Н.Д.Джалилова

Извещение №1

об изменении РТМ26-02-26-83

Дата введения 01.06.97

Изм.	Содержание изменения	Лист	Листов
		I	I
I			

Пункт 4.2.3. Абзац 3. Девятая строка.

После слов "Применение отбойных элементов" дополнить словами "укомплектованных насадкой из сетки рукавной по ТУ26-02-1172-96"

По всему тексту руководящего документа заменить

ОСТ26-02-1401-76 на АТК26-02-1-89

ОСТ26-02-1402-76 на АТК26-02-2-89

Пункт 4.2.3. ОСТ26-02-2054-79 заменить на АТК26-02-3-89.

gost.e-ecolog.ru