Министерство химического и нефтяного машиностроения

Руководящий технический материал

РТМ 26-02-51-80

Тарелки ректификационные S-образно-клапанные

Методика гидравлического расчёта

Москва

gost.e-ecolog.ru

"Утверждаю"

Начальник ВПО "Союзнефтехиммаш"

_____ Б.В.Пашевский

"15" 09 1980г.

Группа Г 47

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Тарелки ректификационные S-образно-клапанные. Методика гидравлического расчета.

РТМ 26-02-51-80

Срок введения установлен
с "1" января 1981г.

Настоящий руководящий технический материал представляет собой методику гидравлического расчета S-образно-клапанных тарелок, предназначенных для применения в ректификационных, абсорбционных и других тепломассообменных колонных аппаратах, работающих под атмосферным и избыточным давлении в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, газовой и других смежных отраслях промышленности.

По РТМ выполняется гидравлический расчет S-образно-клапанных тарелок с конструктивными размерами и параметрами как предусмотренными ОСТ-26-02-536-78, так и отличающимися от указанного отраслевого стандарта.

I. Общие положения методики.

I.I. Задачи гидравлического расчета.

По настоящему РТМ гидравлический расчет тарелок может быть выполнен для двух вариантов: проектного и поверочного.

Проектный расчет предназначается для определения диаметра, расстояния между тарелками, типоразмера и гидравлического сопротивления тарелок проектируемого колонного аппарата при заданной производительности и требуемом диапазоне эффективной работы.

Поверочный расчет предназначается для определения работоспособности ранее спроектированной колонны (тарелок) в заданных режимах работы, в том числе проверки величины рабочей площади тарелок, площади переливов, гидравлического сопротивления, высоты вспененной жидкости в переливе, диапазона эффективной работы тарелок.

Поверочный расчет может быть использован также при реконструкции существующих колонн в случае замены, например, тарелок с S-образными элементами на тарелки S-образно-клапанные с целью увеличения производительности и улучшения качества получаемых продуктов.

I.2. Исходные данные для гидравлического расчета.

Для выполнения проектного расчета исходными данными являются: назначение колонны, наименование сырья и получаемых продуктов, рабочие условия технологического процесса (температура, давление), объемные расходы жидкости и пара при рабочих условиях, плотности жидкости и пара при рабочих условиях, требуемый диапазон эффективной работы (см. таблицу I приложения I).

Для выполнения поверочного расчета исходными данными являются: назначение колонны, наименование сырья и получаемых продуктов, рабочие условия технологического процесса (температура, давление), объемные расходы жидкости и пара при рабочих условиях, плотности жидкости и пара при рабочих условиях, требуемый диапазон эффективной работы, диаметр тарелки, расстояние между тарелками, количество потоков, площадь сечения переливов боковых и центральных, периметр сливов боковых и центральных, рабочее сечение тарелки, свободное сечение отверстий под клапаны и шаг между клапанами, свободное сечение щелей S-образных элементов (см. таблицу 2 приложения I).

Исходные данные заполняют по сечениям колонны. Расчетные сечения назначаются для тех тарелок колонны, на которых паровые и жидкостные нагрузки достигают экстремальных значений или резко меняются по величине (тарелки питания, подачи орошений, под выводом циркуляционных орошений, вывода боковых погонов, низа колонны).

I.3. Область эффективной работы и расчетные графики.

В приложении 2 на черт.I-5 представлены области эффективной работы тарелок для различных расстояний между тарелками: на черт.1 - для H=450мм, на черт.2 - для H=500мм, на черт.3 - для H=600мм, на черт.4 - для H=700мм, на черт.5 - для H ⩾ 800мм.

На каждом из графиков показаны при заданном расстоянии между тарелками области эффективной работы при шаге между клапанами 100мм, для тарелок ТSК-100, при шаге 200мм для тарелок ТSК-200, а также для тарелок ТS из S-образных элементов без клапанов.

По оси ординат для коэффициента системы Кс=I отложены значения фактора скорости пара (газа), равного $W_p\sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{ж}-\rho_п}}$, отнесенного к рабочему сечению тарелки, а по оси абсцисс - напряженность слива.

Область эффективной работы на каждом графике своя: для S-образно-клапанных тарелок с шагом 100мм, 200мм и без клапанов. Области эффективной работы сверху ограничены линиями максимально допустимых нагрузок, определяемых уносом жидкости, равным 0,I кг/кг, снизу - линиями минимально допустимых нагрузок, определяемых беспровальной работой тарелок. Слева и справа области ограничены линиями допустимых напряженностей слива.

При проектном расчете представленные графики областей эффективной работы используются для определения рабочего сечения тарелки, максимально допустимых нагрузок на рабочее сечение тарелки, для определения рабочей точки на графиках эффективной работы, а также диапазона эффективной работы тарелок.

Уравнения, аппроксимирующие линии максимально и минимально допустимых нагрузок, приведены в приложении 3.

I.4. Уравнения для расчета геометрических параметров тарелок, диапазона эффективной работы, гидравлического сопротивления тарелок и перелива.

I.4.I. Сечения переливов тарелок определяются исходя из максимального объемного расхода жидкости и допустимой скорости жидкости в переливе.

Максимально допустимая скорость жидкости в переливе $[W_ж]_{max}$ выбирается как минимальная из трех значений скоростей:

$$W_1 = 17 \cdot 10^{-2} Кс \qquad (1)$$

$$W_2 = 0{,}7 \cdot 10^{-2} Кс \sqrt{\rho_{ж}-\rho_п} \qquad (2)$$

$$W_3 = 2{,}53 \cdot 10^{-4} Кс \sqrt{\rho_{ж}-\rho_п}\ \sqrt{H} \qquad (3)$$

$$[W_ж]_{max} = min\{W_1, W_2, W_3\} \qquad (4)$$

Коэффициент системы Кс выбирается из таблицы 3.

Минимально-допустимое сечение перелива тарелок определяют по уравнению:

$$[S_n]_{min} = \frac{Q}{3600[W_x]_{max}} \qquad (5)$$

I.4.2. Минимально-допустимое рабочее сечение тарелки определяется по уравнению:

$$[S_p] = \frac{V\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}}{K_c\left[W_p\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}\right]_{max}} \qquad (6)$$

I.4.3. Диапазон эффективной работы тарелки определяется, исходя из положения рабочей точки (значение рабочей нагрузки $W_p\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}$) и минимально допустимой нагрузки для тарелки с определенным шагом между клапанами и межтарельчатым расстоянием:

$$n_э = \frac{W_p\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}}{\left[W_p\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}\right]_{min}} \qquad (7)$$

I.4.4. Минимально-допустимый периметр слива

$$[B]_{min} = \frac{Q}{[L_w]} \qquad (8)$$

I.4.5. Гидравлическое сопротивление тарелки

$$\Delta P = \Delta P_{сух} + \Delta P_{ж} \qquad (9)$$

$$\Delta P_{сух} = \zeta\frac{W_{ш}^2}{2g}\cdot\frac{\rho_n}{\rho'_{ж}}; \quad \zeta = 4{,}5 \qquad (10)$$

$$W_{ш} = \frac{V_{ш}}{f_{ш}} \qquad (11)$$

где: $V_{ш} = \alpha V$

Для S-образно-клапанных тарелок при определении величины α проверяется следующее условие:

$$\frac{V\sqrt{\rho_n}}{f_{ш}}\left(0{,}09\frac{f_{ш}}{f_к} + 0{,}55\right) \geqslant 12{,}74 \qquad (IIa)$$

Если условие (IIa) выполняется, то величина α определяется по уравнению:

$$\alpha = 0{,}09\frac{f_{ш}}{f_к} + 0{,}55$$

Если условие (IIa) не выполняется, то величина α определяется по уравнению:

$$\alpha = 0{,}03\frac{f_{ш}}{f_к} + 0{,}85$$

для тарелок из S-образных элементов без клапанов α=I,0

$$\Delta P_{ж} = K_т[27+\Delta h+h+\frac{0,02}{\rho_{ж}'}(w_щ\sqrt{\rho_п})^{2,4}] \qquad (I2)$$

для тарелок S-образно-клапанных Кт=0,5
для тарелок из S-образных элементов без клапанов Кт=I,0

Высота сливного порога h для S-образно-клапанных тарелок принимается равной 40мм при удельных нагрузках по жидкости $L_v \leq 80 м^3/мч$. При $L_v > 80 м^3/м.ч$ высота сливного порога h принимается равной 20мм. На тарелках из S-образных элементов сливной порог не устанавливается (h=0,0).

Высота подпора жидкости над сливным порогом Δh вычисляется по формуле:

$$\Delta h = 3,0 \cdot L_v^{2/3}$$

I.4.6. Гидравлическое сопротивление перелива

$$\Delta P_п = 19,3\left(\frac{L_v}{a_п}\right)^2 \qquad (I3)$$

I.4.7. Высота вспененной жидкости в переливе

$$H_п = 2(80+h+\Delta h+\Delta P+\Delta P_п) \qquad (I4)$$

Учитывая, что высота S-образного элемента равна 80мм, то для нормальной работы тарелки должно быть выполнено следующее условие:

$$H_п \leq H+h+80 \qquad (I5)$$

2. Проектный расчет

При проектном расчете вначале задается расстояние между тарелками из ряда расстояний: 450,500,600,700,800 и 900мм, предусмотренного ОСТ 26-02-536-78 на S-образно-клапанные тарелки.

При заданном расстоянии между тарелками определяется минимальный диаметр тарелки и соответствующая модификация конструкции по ОСТ 26-02-536-78.

Выбор минимального диаметра осуществляется методом последовательного приближения и состоит из нескольких этапов. На черт. 6 иллюстрируется последовательность расчета геометрических параметров тарелки, используя область эффективной работы.

На I-ом этапе определяется ориентировочный минимальный диаметр тарелки. Для этого, исходя из рекомендуемой максимальной напряженности слива $[L_v]$ = 80м^3/м.час при заданном расстоянии между тарелками определяют минимально допустимые величины 3-х параметров: сечения перелива - по уравнениям (I) - (5), рабочего сечения тарелки - по уравнению (6), периметра слива - по уравнению (8). На этом этапе при расчете по уравнению (6) величина $[W_p\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}]_{max}$ принимается для $[L_v]$ = 80м^3/м.час при шаге между клапанами t =100мм для заданного Н, т.е. ордината y_A точки А (черт.6), а в уравнении (8) - $[L_v]$=80м^3/м.ч.

По каждому из этих 3-х значений параметров выбираются из пяти модификаций тарелок (2-х модификаций одноточных, 2-х модификаций двухпоточных и одной модификации четырехпоточных) отраслевого стандарта соответствующие им минимальные значения 3-х диаметров $Д_1, Д_2, Д_3$. В качестве первого приближения принимается максимальный, диаметр $Д'$ из $Д_1, Д_2, Д_3$, т.е. $Д = max \{Д_1, Д_2, Д_3\}$.

На 2-м этапе по фактическим параметрам тарелки диаметра $Д^I$ определяется положение рабочей точки A^I на графике области эффективной работы. Иллюстративный график показан на черт.6.

Ордината точки A^I определяется по уравнению:

$$W_p\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}} = \frac{V\sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}-\rho_n}}}{K_c S_p} \qquad (I6)$$

где S_p - принимается из ОСТ для тарелки диаметром $Д^I$.

Абсцисса точки A^I определяется по уравнению:

$$L_v = \frac{Q}{B} \qquad (I7)$$

где В - принимается из ОСТ для тарелки диаметром $Д^I$.

При определении тарелки диаметром $Д^I$ могут иметь место три возможных случая:

I) если диаметр тарелки $Д^I$ определяется сечением перелива, то для дальнейшего расчета принимается тарелка диаметром $Д^I$.

2) если диаметр тарелки $Д^I$ определяется периметром слива и имеет запас как по сечению перелива, так и по рабочему сечению более 10%, то диаметр тарелки может быть уменьшен, увеличивая тем самым напряженность слива, но не более $100 м^3/м.час$, в противном случае для дальнейшего расчета принимается диаметр $Д^I$.

3) если диаметр тарелки $Д^I$ определяется ее рабочим сечением и имеет запас как по периметру слива, так и по сечению перелива более 10%, а фактическое $L_V < 15 м^3/м.час$, то диаметр тарелки может быть уменьшен до ближайшего меньшего значения диаметра. В противном случае для дальнейшего расчета принимается диаметр $Д^I$.

Для уменьшенного значения диаметра, полученному во втором и третьем вышеуказанных случаях, определяется положение рабочей точки на графике эффективной работы. Координаты этой точки определяются по уравнениям (16) и (17), в которых S_p и B принимаются соответствующими для уменьшенного диаметра тарелки. Обязательным условием правильного определения диаметра, подлежащего дальнейшему расчету, является положение рабочей точки внутри области эффективной работы.

Дальнейший расчет тарелки заключается в проверке условия (15) на "захлебывание", для чего предварительно определяется ее гидравлическое сопротивление и высота вспененной жидкости в переливе по уравнениям (9) – (14). При определении гидравлического сопротивления "сухой" тарелки $\Delta P_{сух}$ свободное сечение тарелки (ее клапанной части) принимается в зависимости от положения рабочей точки на графике области эффективной работы:

– если точка (T_1) находится между линиями 1 и 2, то свободное сечение клапанной части принимается при шаге между клапанами t = 100мм, т.е. для тарелки TSK-100

– если точка (T_2) находится между линиями 2 и 3, то свободное сечение клапанной части принимается при шаге t = 200мм, т.е. для тарелки TSK-200.

– если точка (T_3) находится ниже линии 3, то свободное сечение принимается для тарелки из S-образных элементов без клапанов, т.е. для тарелки TS.

В случае, если условие (15) не удовлетворяется, то либо возможен переход на тарелки с бо́льшим свободным сечением, например, с TS на TSK-200 или с TSK-200 на TSK-100, либо увеличивается диаметр тарелки или расстояние между тарелками, после чего вновь проводится расчет гидравлического сопротивления и проверка условия (15).

Заключительным этапом проектного расчета является проверка условия

$$n_э \geqslant [n_э] \qquad (18)$$

Величина $П_э$ определяется следующим образом.

Через начало координат и рабочую точку проводится прямая, являющаяся рабочей линией и определяются координаты точки пересечения этой линии с линией минимально-допустимых нагрузок, тогда например, для точки T_I:

$$П_э = \frac{y_{T_1}}{y_{min_{T_1}}} = \frac{x_{T_1}}{x_{min_{T_1}}} \qquad (19)$$

3. Поверочный расчет

При проведении поверочного расчета определяются координаты рабочей точки по уравнениям (16) и (17), после чего она наносится на график области эффективной работы для соответствующего расстояния между тарелками.

Для последующего расчета обязательным условием является положение рабочей точки внутри области эффективной работы.

Затем определяется диапазон эффективной работы по уравнению (19) и проверяется условие (18).

Для проверки площади перелива определяется скорость жидкости в переливе по уравнению:

$$W_{жс} = \frac{Q}{3600\, S_п} \qquad (20)$$

Затем проверяетоя условие

$$W_{жс} \leqslant [W_{жс}]_{max} \qquad (21)$$

где величина $[W_{жс}]_{max}$ определяется по уравнениям (1)-(4)

Для проверки рабочего сечения тарелки определяется фактор скорости по уравнению

$$W_р \sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{жс} - \rho_п}} = \frac{V\sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{жс} - \rho_п}}}{K_c S_р} \qquad (22)$$

а затем проверяется условие

$$W_р \sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{жс} - \rho_п}} \leqslant \left[W_р \sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{жс} - \rho_п}} \right]_{max}, \qquad (23)$$

в котором величина максимально-допустимого фактора скорости определяется как ордината пересечения рабочей линии с линией максимально-допустимых нагрузок на графике области эффективной работы.

Поверочный расчет гидравлического сопротивления тарелки и ее перелива выполняется по уравнениям (9)÷(I5).

Зам.директора института		Г.В.Шамонтов
Зав.отделом № [redacted]		Л.С.Мирзоян
Зав.отделом № I7		В.А.Шейнман
Зав.лабораторией № I7Л2		Ю.Н.Лебедев
Старший научный сотрудник		М.А.Берковский
Младший научный сотрудник		А.Г.Вихман

Приложение I

Таблица I

Исходные данные для проектного гидравлического расчета тарелок колонны (наименование колонны, сырья и получаемых продуктов)

Параметры	Расчетные сечения			
	I	II	III	IУ
Рабочая температура процесса, °С				
Рабочее давление процесса, кг/см^2				
Объемный расход пара при рабочих условиях,(максимальный), м^3/сек				
Объемный расход жидкости при рабочих условиях (максимальный), м^3/час				
Плотность пара при рабочих условиях, кг/м^3				
Плотность жидкости при рабочих условиях, кг/м^3				
Требуемый диапазон эффективной работы				

Определение требуемого диапазона эффективной работы.

Величина требуемого диапазона эффективной работы тарелки $[n_э]$ определяется по следующему уравнению:

$$[n_э] = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

$$n_1 \geq 1{,}0;\ n_2 \geq 1{,}0;\ n_3 \geq 1{,}0.$$

где n_1 – отношение максимальной или минимальной величины доли отгона к минимальной при изменении состава сырья

n_2 – отношение максимальной величины парового (жидкостного) потока к минимальному по высоте секции колонны при постоянном составе сырья и производительности аппарата

n_3 – отношение максимальной производительности аппарата к минимальной

Таблица 2

Исходные данные для поверочного гидравлического расчета тарелок колонны (наименование колонны, сырья и получаемых продуктов)

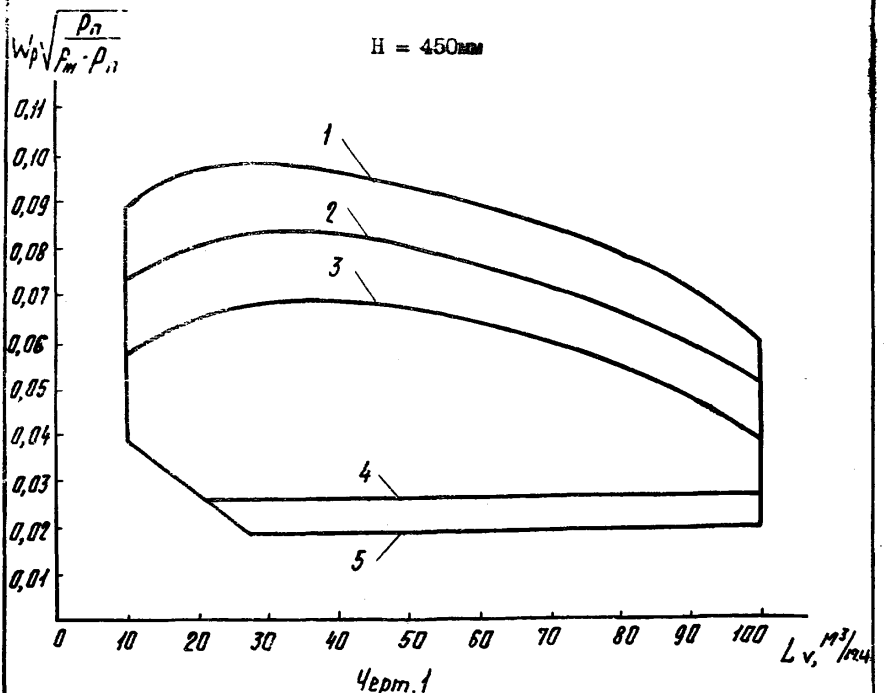
Параметры	Расчетные сечения			
	I	II	III	IУ
Рабочая температура процесса, ^{o}C				
Рабочее давление процесса, $кг/м^2$				
Диаметр тарелки, мм				
Количество потоков				
Площадь сечения переливов, $м^2$				
Периметр сливов, м				
Ширина наиболее узкого сечения перелива, мм				
Рабочее сечение тарелки, $м^2$				
Свободное сечение отверстий под клапаны, $м^2$				
Свободное сечение щелей S-образных элементов, $м^2$				
Шаг между клапанами, мм				
Расстояние между тарелками, мм				
Объемный расход пара при рабочих условиях (максимальный), $м^3/сек$				
Объемный расход жидкости при рабочих условиях (максимальный), $м^3/час$				
Плотность пара при рабочих условиях, $кг/м^3$				
Плотность жидкости при рабочих условиях, $кг/м^3$				
Требуемый диапазон эффективной работы				

Таблица 3

Коэффициент системы Кс

Система пар (газ) - жидкость, технологический процесс, аппарат	Коэффициент Кс
Атмосферная перегонка нефти, стабилизация, разделение углеводородных газов (кроме легких типа метана, этана)	I,0
Фтористые соединения	0,9
Углеводородные абсорберы и десорберы, аминовые и гликолевые регенераторы	0,85
Вакуумная перегонка мазута, аминовые и гликолевые абсорберы, растворы глицерина, деметанизаторы, деэтанизаторы	0,7
Разделение метил-этилкетона (МЭК)	0,6

Приложение 2



Черт.1

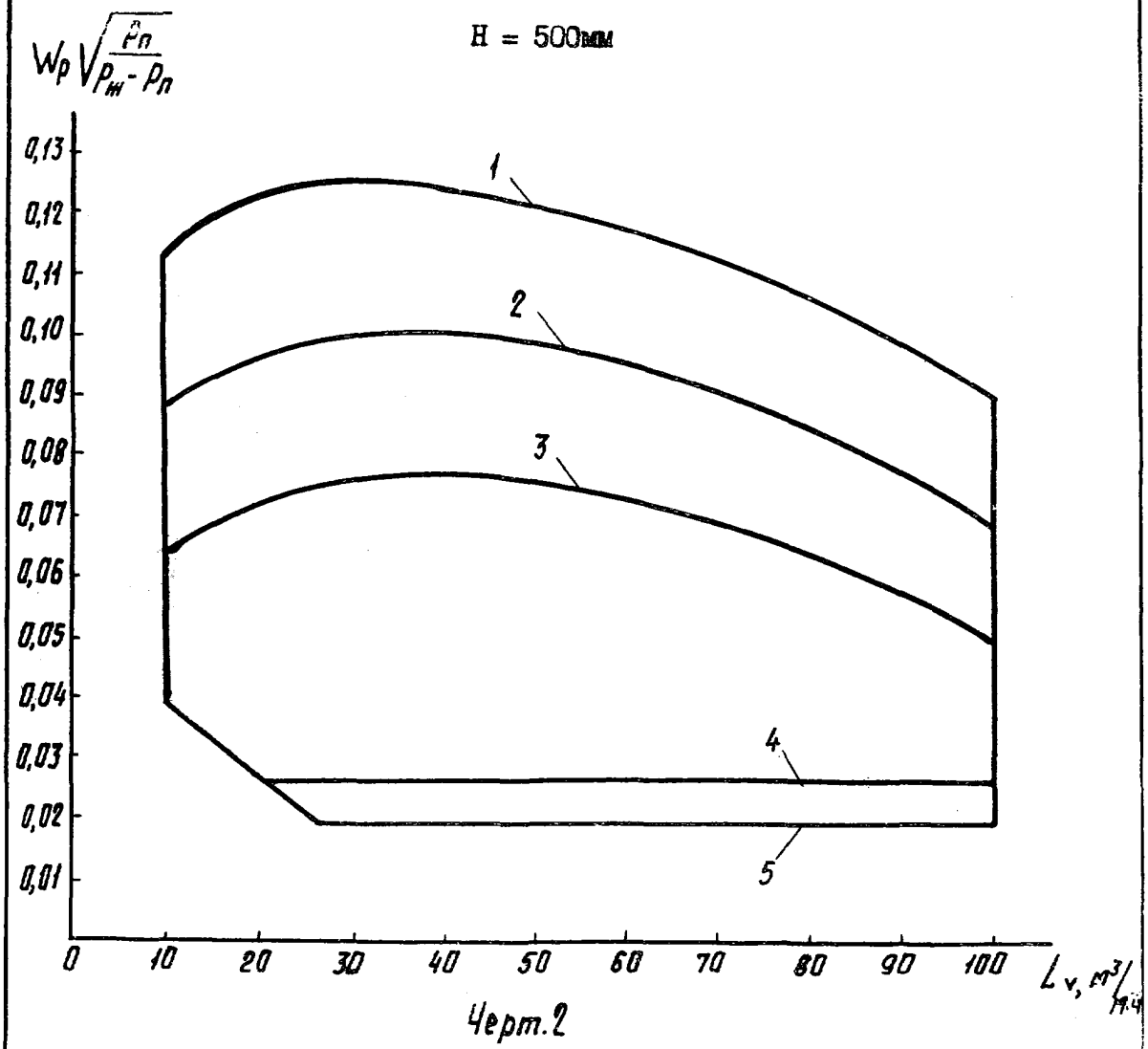
I – линия максимально допустимых нагрузок для тарелок ТЗК-100

2 – линия максимально допустимых нагрузок для тарелок ТЗК-200

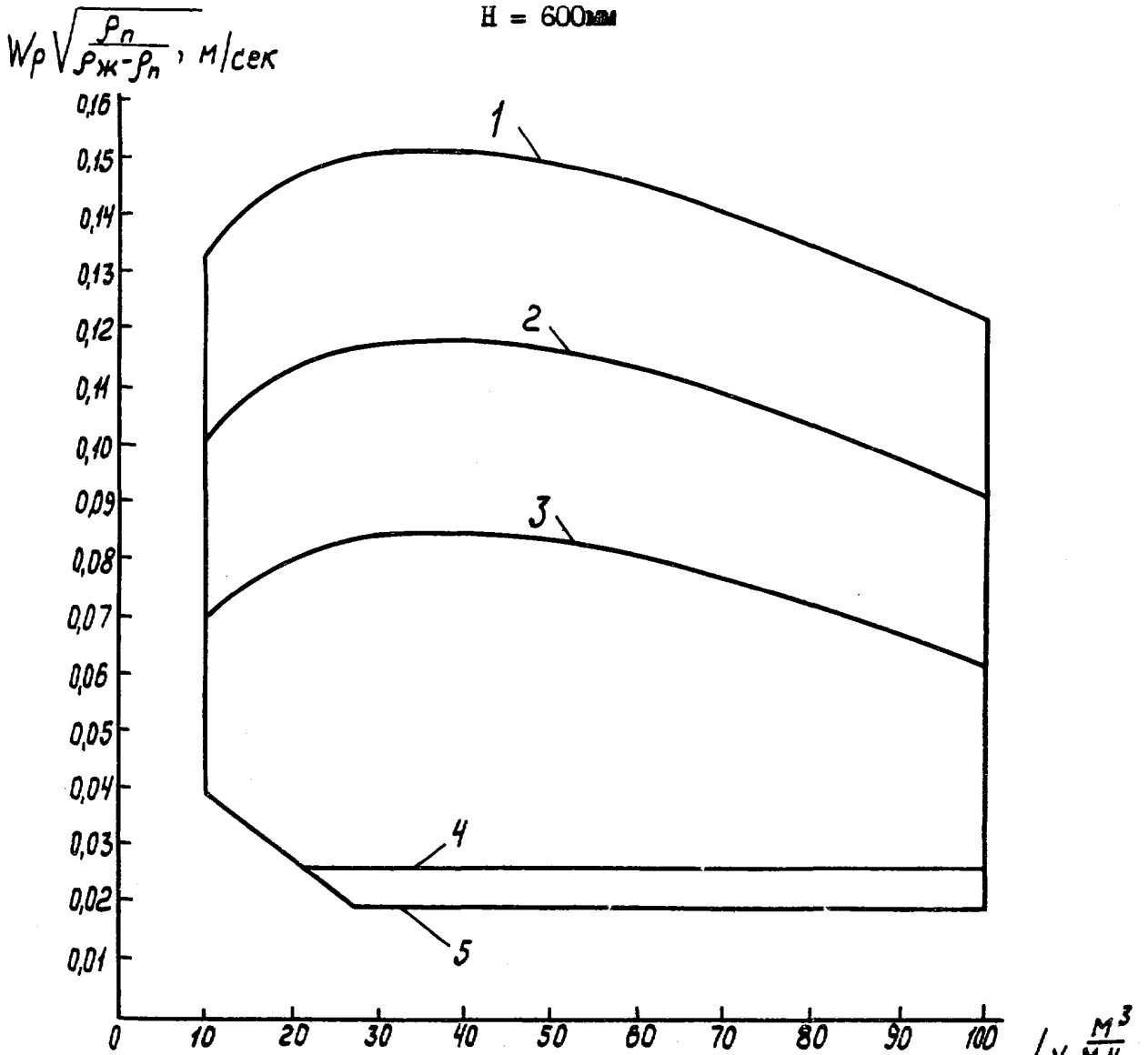
3 – линия максимально допустимых нагрузок для тарелок ТЗ

4 – линия минимально допустимых нагрузок для тарелок ТЗК-100 и ТЗК-200

5 – линия минимально допустимых нагрузок для тарелок ТЗ

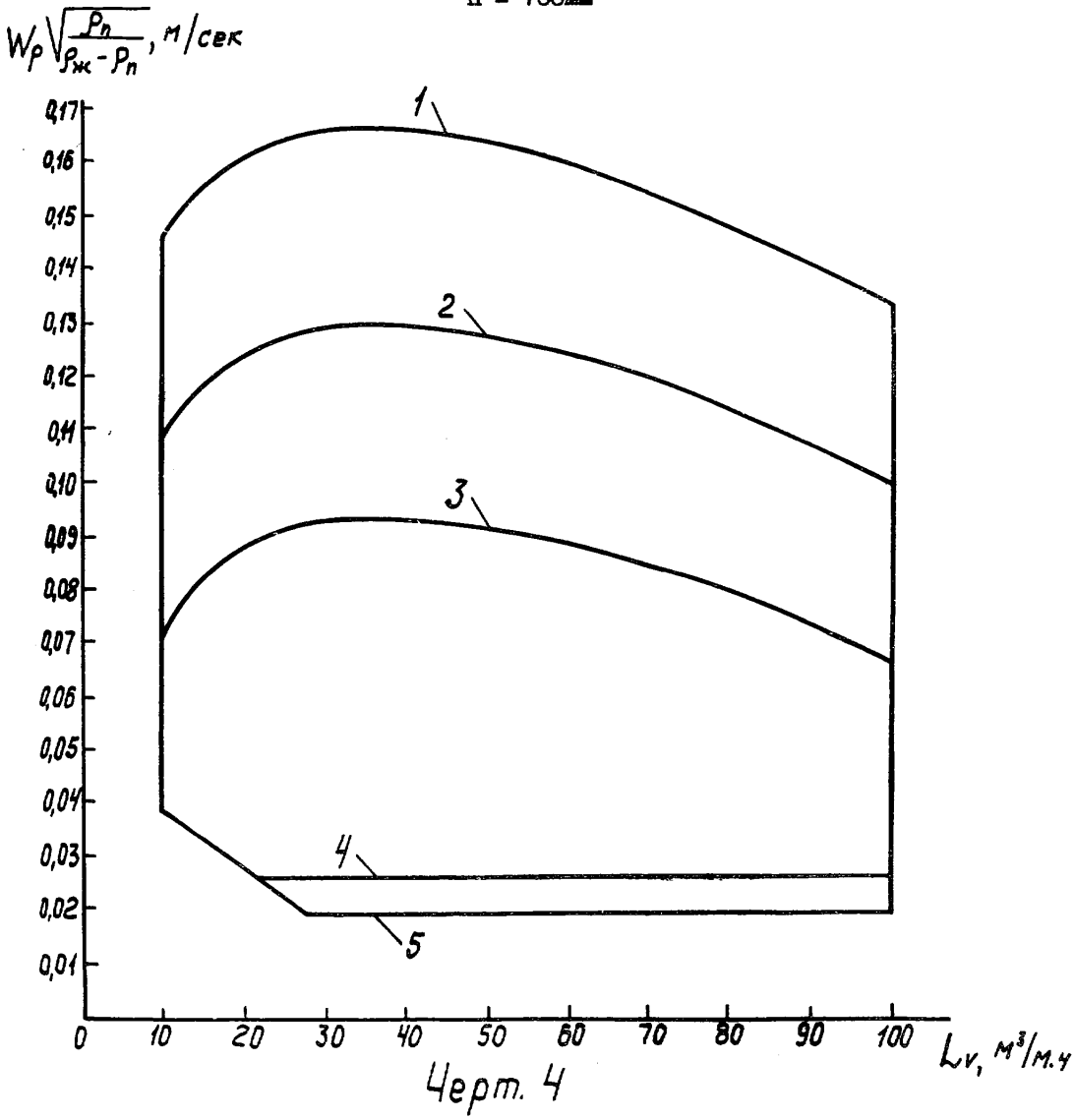

$W_p\sqrt{\frac{\rho_п}{p_м - p_п}}$
H = 500мм
0,13
0,12
0,11
0,10
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
1
2
3
4
5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
L_v, м³/с

Черт.2


H = 600мм
$W_p\sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_ж-\rho_п}}$, м/сек
0,16
0,15
0,14
0,13
0,12
0,11
0,10
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
1
2
3
4
5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Lv, $\frac{м^3}{м.ч}$

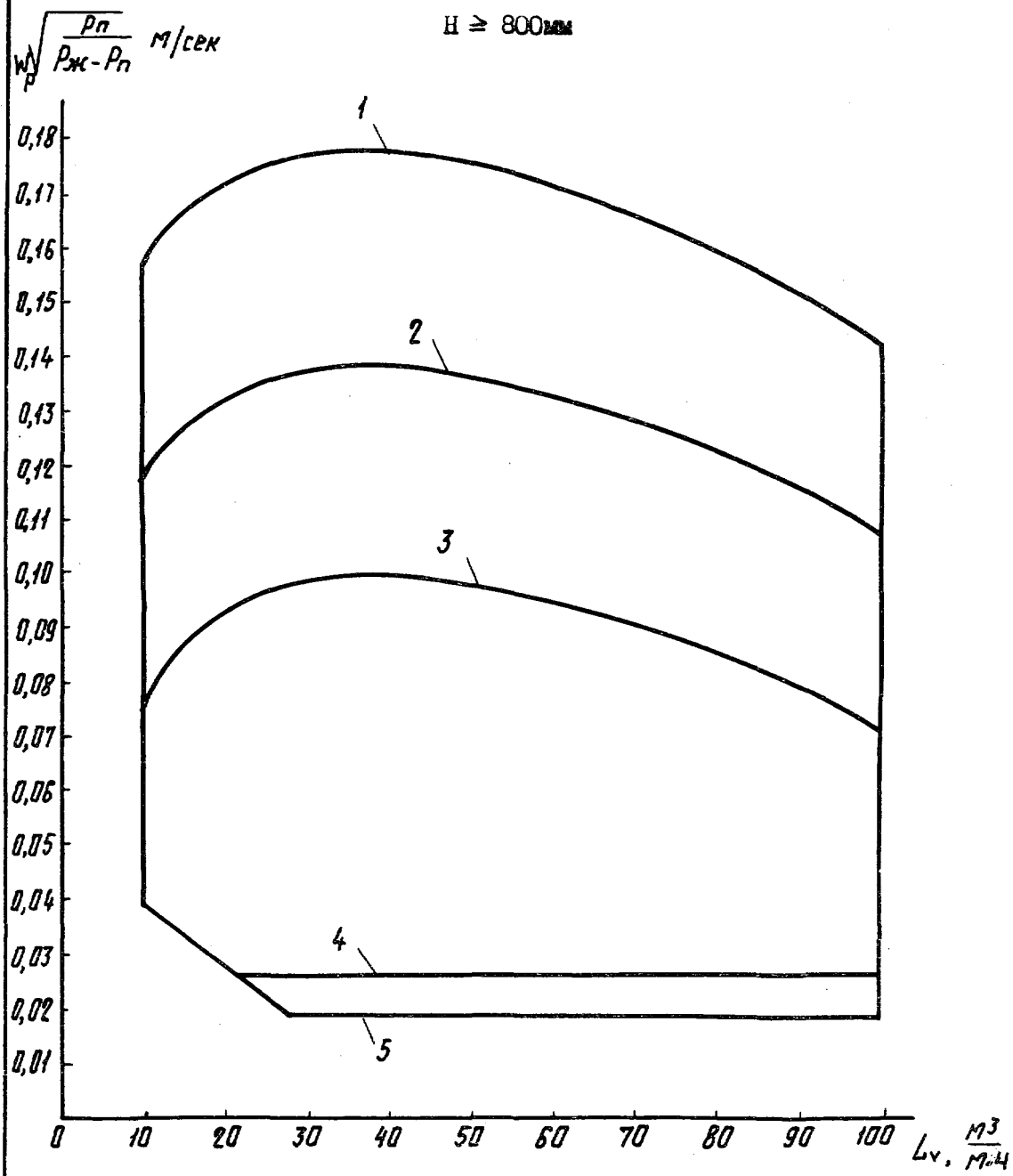
Черт.3

H = 700мм

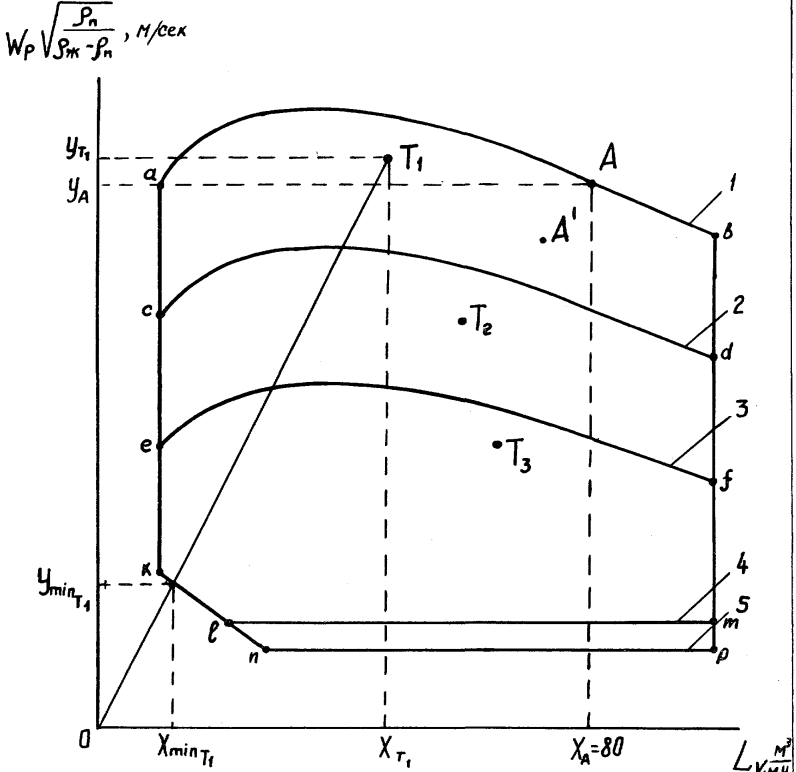


Черт. 4

НИ-953 Лист 17


$w_p\sqrt{\frac{P_п}{P_ж - P_п}}$ м/сек
H ≥ 800мм
0,18
0,17
0,16
0,15
0,14
0,13
0,12
0,11
0,10
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
1
2
3
4
5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
L_v, $\frac{м^3}{м \cdot ч}$

Черт. 5



Черт. 6

Область эффективной работы:

для тарелок TSK-100 – $abm\ell k$

для тарелок TSK-200 – $cdm\ell k$

для тарелок TS – $efpnk$

Приложение 3.

Уравнения, аппроксимирующие линии максимально допустимых нагрузок.

Зависимость максимально допустимой нагрузки от напряженности слива аппароксимирована полиномом 2-ой степени

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

где $y = \left[W_p \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_{ж} - \rho_n}}\right]_{max}$; $x = L_v$;

1. H = 450мм

   Для тарелок TS : $y = 0{,}0498 + 0{,}0008583x + 0{,}0000098x^2$

   Для тарелок TSK-200: $y = 0{,}0661 + 0{,}0007874x - 0{,}0000097x^2$

   Для тарелок TSK-100: $y = 0{,}0829999 + 0{,}0006916x - 0{,}0000091x^2$

2. H =500мм

   Для тарелок TS : $y = 0{,}0589 + 0{,}0007749x - 0{,}0000087x^2$

   Для тарелок TSK-200: $y = 0{,}083666 + 0{,}0007499x - 0{,}0000091x^2$

   Для тарелок TSK-100: $y = 0{,}111333 + 0{,}0006x - 0{,}0000083x^2$

3. H = 600мм

   Для тарелок TS : $y = 0{,}06806 + 0{,}0006375x - 0{,}0000072x^2$

   Для тарелок TSK-200: $y = 0{,}10250 + 0{,}0006249x - 0{,}0000074x^2$

   Для тарелок TSK-100: $y = 0{,}126999 + 0{,}0012624x - 0{,}0000132x^2$

4. H = 700мм

   Для тарелок TS : $y = 0{,}0569 + 0{,}0014958x - 0{,}0000145x^2$

   Для тарелок TSK-200: $y = 0{,}0937999 + 0{,}0014666x - 0{,}0000146x^2$

   Для тарелок TSK-100: $y = 0{,}1340999 + 0{,}0013291x - 0{,}0000139x^2$

5. H = 800мм

   Для тарелок TS : $y = 0{,}0609999 + 0{,}00155x - 0{,}0000149x^2$

   Для тарелок TSK-200: $y = 0{,}1041999 + 0{,}0014249x - 0{,}0000144x^2$

   Для тарелок TSK-100: $y = 0{,}1427999 + 0{,}0014749x - 0{,}0000154x^2$

Уравнения линий минимально допустимых нагрузок.

Величины минимально допустимых нагрузок для тарелок TS и TSK не зависят от расстояния между тарелками и выражаются уравнением прямой линии:

$$y = ax + b;$$

где $y = \left[W_p \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{ж} - \rho_n}}\right]_{min}$; $x = L_v$;

1. Для тарелок TS

$y = -0,00114x + 0,05$ при $10 \leq L_v \leq 27,3$

$y = 0,019$ при $27,3 < L_v \leq 100$

2. Для тарелок TSK-100 и TSK-200

$y = -0,00114x + 0,05$ при $10 \leq L_v \leq 21,3$

$y = 0,026$ при $21,3 < L_v \leq 100$

Условные обозначения

a_n – ширина наиболее узкого сечения перелива, мм

B – периметр слива, м

$[B]_{min}$ – минимально допустимый периметр слива, м

$Д$ – диаметр колонны, мм

$f_к$ – свободное сечение отверстий под клапаны, $м^2$

$f_щ$ – свободное сечение щелей S-образных элементов, $м^2$

g – ускорение свободного падения, $м/сек^2$

H – расстояние между тарелками, мм

$H_п$ – высота вспененной жидкости в переливе, мм

h – высота сливного порога, мм

Δh – высота подпора над сливным порогом, мм

K_c – коэффициент системы

$K_т$ – коэффициент аэрации жидкости на тарелке

L_v – напряженность слива, $м^3/м.ч$

$n_э$ – диапазон эффективной работы тарелки

$[n_э]$ – требуемый диапазон эффективной работы тарелки

ΔP – гидравлическое сопротивление тарелки, мм.ст.жидк.

$\Delta P_{сух}$ – гидравлическое сопротивление сухой тарелки, мм.ст.жидк.

$\Delta P_{ж}$ – гидравлическое сопротивление газожидкостного слоя на тарелке, мм.ст.жидк.

Q – расход жидкости, $м^3/ч$

$S_п$ – сечение перелива, $м^2$

$[S_п]_{min}$ – минимально допустимое сечение перелива, $м^2$

$S_р$ – рабочее сечение тарелки, м^2

$[S_р]_{min}$ – минимально допустимое рабочее сечение тарелки, м^2

V – расход пара (газа), м^3/сек

$V_{щ}$ – расход пара (газа) через щели S-образных элементов, м^3/сек

$W_р$ – скорость пара (газа), отнесенная к рабочему сечению тарелки, м/сек

$W_{щ}$ – скорость пара (газа) в щелях S-образных элементов, м/сек

$W_{ж}$ – скорость жидкости в переливе, м/сек

$[W_{ж}]_{max}$ – максимально допустимая скорость жидкости в переливе, м/сек

α – доля от общего расхода пара (газа), проходящая через щели S-образных элементов

ζ – коэффициент сопротивления сухой тарелки

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м^3

$\rho'_{ж}$ – плотность жидкости по отношению к плотности воды

$\rho_п$ – плотность пара (газа), кг/м^3

$\left[W_р\sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{ж}-\rho_п}}\right]_{max}$ – максимально допустимый фактор скорости, отнесенный к рабочему сечению тарелки, м/сек

$\left[W_р\sqrt{\frac{\rho_п}{\rho_{ж}-\rho_п}}\right]_{min}$ – минимально допустимый фактор скорости, отнесенный к рабочему сечению тарелки, м/сек

gost.e-ecolog.ru