Р У К О В О Д Я Щ И Й Н О Р М А Т И В Н Ы Й Д О К У М Е Н Т

МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА АБСОРБЦИОННЫХ КОЛОНН С КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННЫМИ ТАРЕЛКАМИ

РД 0352-101-86

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ЦКБН
_____ И.К. Глушко
"21" 03 1986 г.

Группа Г47

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА АБСОРБЦИОННЫХ КОЛОНН С КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННЫМИ ТАРЕЛКАМИ

РД 0352-101-86

Введен впервые

Указанием по ЦКБН от 05.05.1986 г. № 13 срок введения установлен с 01.06. 1986 г.

Настоящий нормативный документ распространяется на методику гидравлического расчета массообменной секции абсорбционных колонн с контактно-сепарационными тарелками, применяемых на объектах промысловой подготовки газа и газового конденсата, газоперерабатывающих предприятиях и др. объектах газовой и нефтяной промышленности.

Методика выполнена на условия применения массообменных элементов по чертежу ГПР 340.00.000. Максимальный объемный расход жидкости, проходящей через один элемент не должен превышать 0,15 м^3/ч.

I. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I.I. $\Phi_{к-с}$ – фактор скорости газа в контактно-сепарационном элементе при номинальной объемной производительности по газу;

I.2. C – фактор нагрузки;

I.3. $q_{ном(мах)}$ – номинальная (максимальная) объемная производительность по газу в рабочих условиях, $м^3/с$;

I.4. L_v – максимальный объемный расход жидкости на единицу длины сливной планки, $м^2/ч$ ($м^3/м \cdot ч$);

I.5. $\rho_г$ – плотность газа в рабочих условиях, $кг/м^3$;

I.6. $\rho_ж$ – плотность жидкости в рабочих условиях, $кг/м^3$;

I.7. $\rho'_ж$ – плотность жидкости по отношению к плотности воды;

I.8. $\rho'_п$ – плотность вспененной жидкости по отношению к плотности исходной жидкости;

I.9. $W_{доп}$ – допустимая скорость газа в контактно-сепарационном элементе, м/с;

I.I0. $W_{к-с}$ – скорость газа в контактно-сепарационном элементе, м/с;

I.II. $W_{пер}$ – скорость жидкости в переливе, м/с;

I.I2. $W_{гл}$ – скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки при рабочих условиях, м/с;

I.I3. W_0 – скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки при атмосферном давлении, м/с;

I.I4. $W_ж$ – скорость движения жидкости на глухой тарелке, м/с;

I.I5. $f_{эл}$ – площадь сечения элемента, $м^2$;

I.I6. $f_{раб}$ – рабочая площадь тарелки, занимаемая одним элементом, $м^2$;

I.I7. $F_{раб}$ – рабочая площадь контактно-сепарационной тарелки, $м^2$;

I.I8. $F_{пер}$ – площадь сечения перелива, $м^2$;

I.19. $L_{ном(мах)}$ - номинальная (максимальная) массовая производительность по жидкости, кг/ч;

I.20. $F''_к$ - площадь сечения колонны без учета площади опорных балок и опорных колец, $м^2$;

I.21. $n_ц$ - кратность циркуляции;

I.22. $h_{з.п.}$ - высота затворной планки приемного кармана, м;

I.23. $d_{тр}$ - внутренний диаметр сливной трубы, м;

I.24. $F_{оп.б.}$ - площадь опорных балок, $м^2$;

I.25. $F'_к$ - площадь сечения колонны с учетом площади опорных балок, $м^2$;

I.26. F_1 - площадь сегментного перелива тарелок, $м^2$;

I.27. F_2 - площадь сегмента приемного кармана, $м^2$;

I.28. $F_{к.р.}$ - расчетная площадь сечения колонны, $м^2$;

I.29. $F_к$ - площадь колонны отандартного диаметра, $м^2$;

I.30. $d_{эл.}$ - внутренний диаметр патрубка контактно-сепарационного элемента, м;

I.31. $c_{эл}$ - расстояние между элементами по наружному диаметру патрубка, м;

I.32. $Д''$ - диаметр колонны без учета площади опорных бадок и опорных колец, м;

I.33. $Д'$ - диаметр колонны с учетом площади опорных балок, м;

I.34. $Д_р$ - расчетный диаметр колонны, м;

I.35. Д - стандартный диаметр колонны, м

I.37. $d_{гл}$ - внутренний диаметр патрубка глухой тарелки, м;

I.38. $n_{к-с}$ - число контактно-сепарационных элементов на тарелке;

I.39. $n_б$ - число опорных балок;

I.40. а - ширина полотна тарелки, м;

I.41. a_1, a_2 - длина хорды сегмента, соответственно, перелива и

приемного кармана тарелки, м;

I.42. a_4 - линейный размер наиболее узкого сечения перелива, м;

I.43. b - ширина полотна тарелки, требуемая под опорную балку, м;

I.44. e - ширина полотна тарелки, требуемая под опорное кольцо, м;

I.45. α_1, α_2 - центральный угол сегмента соответственно перелива и приемного кармана тарелки, град;

I.46. h_1, h_2 - величина стрелки сегмента соответственно перелива и приемного кармана, м;

I.47. Δh_1 - зазор между сливной планкой и перегородкой приемного кармана, м;

I.48. $n_{тр}$ - число сливных труб;

I.49. Δh - подпор жидкости над сливной планкой, м;

I.50. $h_п$ - высота регулируемой сливной планки, м;

I.51. $h_ж$ - высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве тарелки (кроме нижней), м;

I.52. h_4 - недовод сливной планки до полотна тарелки, м;

I.53. $h'_п$ - высота вспененной жидкости в переливном устройстве тарелки (кроме нижней), м;

I.54. $h_{ж_н}$ - высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве нижней тарелки, м;

I.55. $h'_{п_н}$ - высота вспененной жидкости в переливном устройстве нижней тарелки, м;

I.56. $l_ж$ - объемный расход жидкости, проходящей через один элемент, $м^3/ч$;

I.57. $H_ж$ - высота слоя светлой жидкости на тарелке, м;

I.58. $H_т$ - расстояние между тарелками, м;

I.59. $H_{ном(мах,мин)}$ - номинальный (максимальный, минимальный) уровень жидкости на глухой тарелке, м;

I.60. H_I - расстояние от нижней тарелки до максимального уровня жидкости на глухой тарелке, м;

I.61. $\zeta_{к-с}$ - коэффициент сопротивления тарелки;

I.62. $K_{max(мин)}$ - коэффициент предельного отклонения производительности;

I.63. K_I - коэффициент запаса на площадь переливных перегородок;

I.64. K_2 - коэффициент;

I.65. ΔP - общий перепад давления тарелки, мм вод. ст.;

I.66. $\Delta P_{сух}$ - перепад давления на "сухой" тарелке, мм вод.ст;

I.67. $\Delta P_ж$ - потеря напора газового потока в слое жидкости на тарелке, мм вод. ст.;

I.68. P - абсолютное рабочее давление в колонне, МПа;

I.69. $\tau_{доп}$ - допустимое время пребывания жидкости на глухой тарелке, мин.;

I.70. ΔP_0 - общее гидравлическое сопротивление тарелок, МПа;

I.71. $\Delta P_{гл}$ - гидравлическое сопротивление патрубка глухой тарелки, мм вод. ст.;

I.72. $\zeta_{гл}$ - коэффициент сопротивления патрубка глухой тарелки;

I.73. $\zeta_{вх}$ - коэффициент сопротивления на входе патрубка глухой тарелки;

I.74. $\zeta_{вых}$ - коэффициент сопротивления на выходе патрубка глухой тарелки;

I.75. $K_п$ - коэффициент неучтенных потерь;

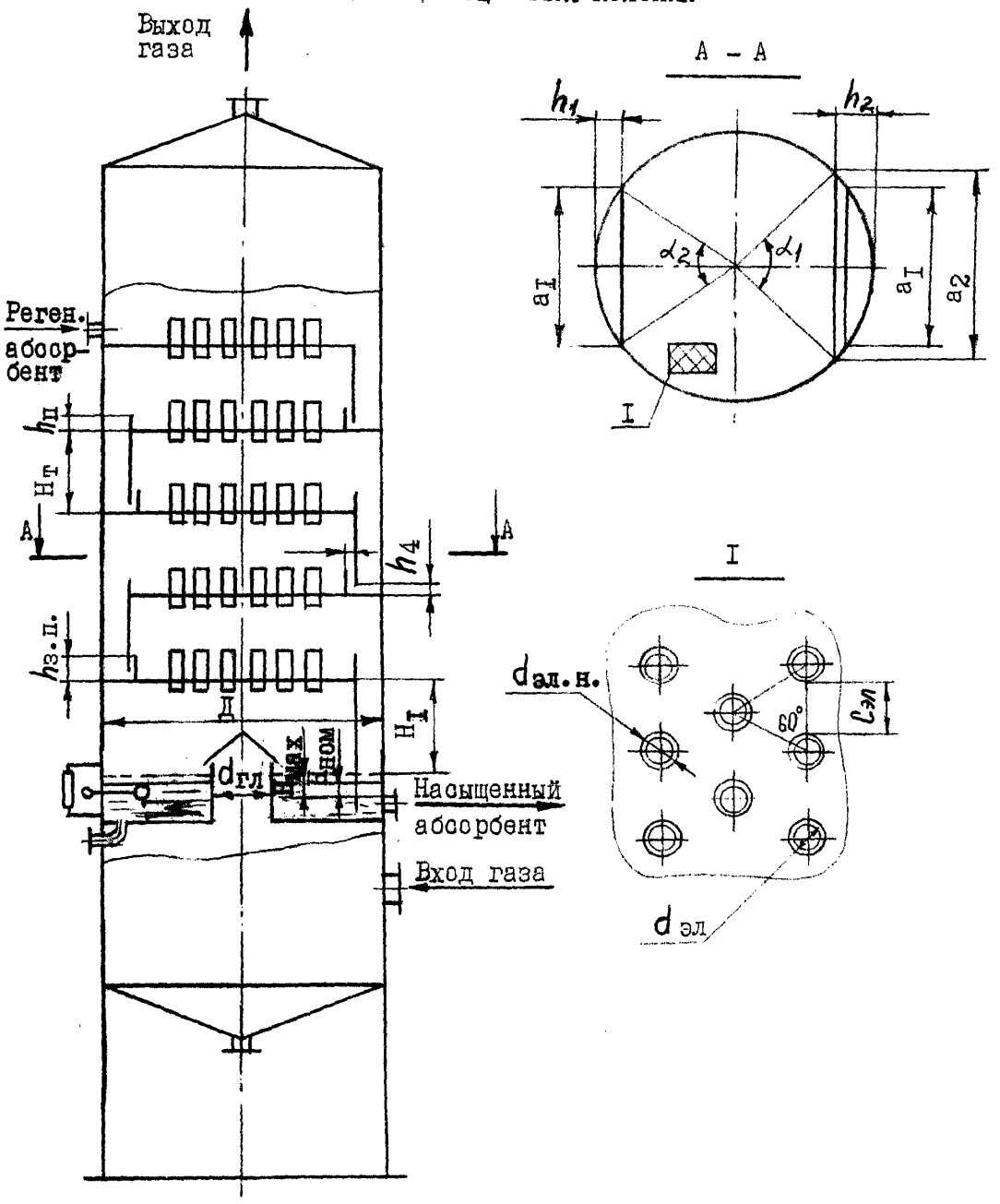
I.76. n - число контактно-сепарационных тарелок;

I.77. $d_{эл.н.}$ - наружный диаметр патрубка контактно-сепарационного элемента, м;

I.78. $e_{\%}$ - относительный массовый унос жидкости с газом с верхней тарелки, %;

I.79. $K_{мин}$ - требуемый коэффициент уменьшения производительности (по опросному листу).

2. АБСОРБЦИОННАЯ КОЛОННА



3. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

3.1. Номинальная объемная производительность по газу в рабочих условиях, $q_{ном}$	–	$м^3/с$
3.2. Коэффициент предельного отклонения производительности, $K_{мах(мин)}$	–	I,I(0,5)
3.3. Абсолютное рабочее давление в колонне, P	–	МПа
3.4. Плотность газа в рабочих условиях, $\rho_г$	–	$кг/м^3$
3.5. Номинальная (максимальная) массовая производительность по жидкости, $L_{ном(мах)}$	–	кг/ч
3.6. Плотность жидкости в рабочих условиях, $\rho_ж$	–	$кг/м^3$
3.7. Внутренний диаметр патрубка контактно-сепарационного элемента, $d_{эл}$	–	0,06 м
3.8. Расстояние между элементами по наружному диаметру патрубка, $c_{эл}$	–	0,038 м
3.9. Высота регулируемой сливной планки на тарелке, $h_п$:		
I) максимальная	–	0,08 м
2) минимальная	–	0,00 м
3) номинальная	–	0,05 м
3.I0. Коэффициент сопротивления тарелки, $\zeta_{к-с}$	–	8
3.II. Ширина полотна тарелки, a	–	0,3 м
3.I2. Ширина полотна тарелки, требуемая под опорную балку, b	–	0,06 м
3.I3. Ширина полотна тарелки, требуемая под опорное кольцо, e	–	0,04 м
3.I4. Скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки при атмосферном давлении, W_0	–	25 м/с
3.I5. Допустимое время пребывания жидкости на глухой тарелке, $\tau_{доп}$	–	3 мин
3.I6. Скорость жидкости в переливе, $W_{пер}$	–	от 0,I до 0,2 м/с
3.I7. Коэффициент, K_2	–	250
3.I8. Число контактно-сепарационных тарелок, //	–	шт

3.19. Наружный диаметр патрубка контактно-сепарационного элемента, $d_{эл.н.}$ - 0,062 м

4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛОНН С КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННЫМИ ТАРЕЛКАМИ

4.1. Определение числа контактно-сепарационных элементов на тарелке

4.1.1. Допустимая скорость газа в контактно-сепарационном элементе

$$W_{доп} = \frac{\Phi_{к-с}}{\sqrt{\rho_г}}, \text{ м/с},$$

где $\Phi_{к-с}$ – фактор скорости газа в контактно-сепарационном элементе при номинальной объемной производительности по газу определен экспериментально и принимается по табл. 1.

Таблица 1.

Наименование процесса	Давление, МПа	Температура, °С	$\Phi_{к-с}$	$\rho'_п$
1. Гликолевая осушка газов, не подлежащих очистке от кислых компонентов H_2S и CO_2	5 5-10,0	5-40	24,3	0,55
2. Гликолевая осушка газов, подлежащих очистке от кислых компонентов H_2S и CO_2	-"-	-"-	16,0	0,40

Для других процессов (например, абсорбции углеводородов) с тем же массовым соотношением жидкостных и газовых нагрузок, что и в процессах гликолевой осушки, фактор скорости определяется по формуле

$$\Phi_{к-с} = C\sqrt{\rho_ж - \rho_г},$$

где C = 0,755 – фактор нагрузки (определен для фактора скорости $\Phi_{к-с}$ = 24,3, $\rho_г$ = 60-70 кг/м³ и $\rho_ж$ = 1100 кг/м³), $\rho'_п$ принять 0,55.

Для новых пределов давлений и температур $\Phi_{к-с}$ принимается по по табл.1 с последующим уточнением расчетных параметров по результатам приемочных испытаний опытного оборудования.

4.1.2. Число контактно-сепарационных элементов на тарелке

$$n'_{к-с} = \frac{q_{ном}}{f_{эл} \cdot W_{доп}} ,$$

где $$f_{эл} = 0{,}785\ d^2_{эл} , м^2$$

Расчетное значение $n'_{к-с}$ округляется до ближайшего большего целого значения $n_{к-с}$.

4.2. Определение предварительного диаметра колонны

4.2.1. Рабочая площадь контактно-сепарационной тарелки

$$F_{раб} = n_{к-с} \cdot f_{раб} , м^2$$

где $f_{раб}$ - рабочая площадь тарелки, занимаемая одним элементом, определяется в зависимости от разбивки элементов на полотне тарелки. При разбивке по равностороннему треугольнику

$$f_{раб} = (d_{эл.н.} + c_{эл})^2 \cdot Sin 60^0 , м^2$$

4.2.2. Площадь сечения перелива

$$F_{пер} = \frac{L_{max} \cdot K_I}{3600 \cdot W_{пер} \cdot \rho_ж} , м^2$$

где $W_{пер}$ - скорость жидкости в переливе принимается из условия

$$W_{пер} = 0{,}1 - 0{,}2 м/с \qquad /1/$$

K_I - коэффициент запаса на площадь переливных перегородок принимается равным 1,05.

4.2.3. Площадь свободного сечения колонны без учета площади опорных балок и опорных колец

$$F''_к = F_{раб} + 2\,F_{пер}\ ,\ м^2$$

4.2.4. Диаметр колонны без учета площади опорных балок и опорных колец

$$Д'' = 1{,}13\sqrt{F''_к}\ ,\ м$$

4.2.5. Число опорных балок

$$n'_б = \frac{Д''}{a} - 1\ ,$$

где a – ширина полотна тарелки определяется конструктивно в зависимости от размеров люка и количества рядов элементов на полотне.

Полученное значение $n'_б$ округлить до ближайшего большего целого числа $n_б$.

4.2.6. Площадь опорных балок

$$F_{оп.б.} = в \cdot Д'' \cdot n_б\ ,\ м^2;$$

где $в$ – ширина полотна тарелки под опорную балку (определяется конструктивно).

4.2.7. Площадь сечения колонны с учетом площади опорных балок

$$F'_к = F''_к + F_{оп.б.}\ ,\ м^2$$

4.2.8. Диаметр колонны с учетом площади опорных балок

$$Д' = 1{,}13\sqrt{F'_к}\ ,\ м$$

4.3. Определение размеров переливного устройства

4.3.1. Длина хорды a'_I, центральный угол α'_I и площадь сегмент-

ного перелива F'_I тарелок определяются путем решения системы уравнений /2/:

$$h_I = \frac{Д'}{2}(1 - Cos\frac{\alpha'_I}{2}), \text{ м} \qquad (4.1.)$$

$$a'_I = Д' \cdot Sin\frac{\alpha'_I}{2}, \text{ м} \qquad (4.2.)$$

$$F'_I = \frac{(Д')^2}{8}(\frac{\pi\alpha'_I}{180} - Sin\alpha'_I), \text{ м}^2 \qquad (4.3.)$$

Из уравнения (4.1.) определяется угол α'_I при минимальной величине стрелки h_{Imin}= 0,1 м по формуле

$$\alpha'_I = 2arccos(1 - \frac{2h_{Imin}}{Д'}), \text{ град}$$

Проверка условия $\alpha'_I < 180^0$. Далее решаются уравнения (4.2.) и (4.3.) с последующей проверкой условия $F'_I \geq F_{пер}$. При невыполнении увеличивается h_{Imin} с шагом 0,01 м с последующим пересчетом значений по п. 4.3.1. **При $\alpha'_I \geq 180^0$ корректируются исходные данные.**

4.3.2. Длина хорды a'_2, центральный угол α'_2 и площадь сегмента приемного кармана F'_2 определяются путем решения системы уравнений, аналогичной в п. 4.3.1. :

$$h_2 = \frac{Д'}{2}(1 - Cos\frac{\alpha'_2}{2}), \text{ м}$$

Из данного уравнения определяется угол α'_2, как

$$\alpha'_2 = 2arccos(1 - \frac{2h_2}{Д'}), \text{ град,}$$

где $h_2 = h_I + \Delta h_I$, м

Δh_I - зазор между сливной планкой и перегородкой приемного кармана принимается из условия Δh_I = 0,04 м.

Далее рассчитываются

$$a'_2 = Д' \cdot Sin\frac{\alpha'_2}{2}, \text{ м}$$

$$F'_2 = \frac{(Д')^2}{8}\left(\frac{\pi\alpha'_2}{180} - Sin\alpha'_2\right), \text{ м}^2$$

4.4. Определение стандартного диаметра колонны

4.4.1. Расчетная площадь сечения колонны

$$F_{к.р.} = F_{раб} + F_{оп.б.} + F'_1 + F'_2, \text{ м}^2$$

4.4.2. Расчетный диаметр колонны

$$Д_р = 1{,}13\sqrt{F_{к.р.}} + 2e, \text{ м},$$

где e – ширина полотна тарелки, требуемая под опорное кольцо (принимается конструктивно).

По расчетному диаметру колонны $Д_р$ принимается ближайший больший диаметр колонны Д, соответствующий нормальному ряду диаметров по ГОСТ 9617-76, **при $Д_р > Д$ расчет закончить.**

4.4.3. Площадь колонны стандартного диаметра

$$F_к = 0{,}785\, Д^2, \text{ м}^2$$

4.4.4. Уточнение размеров перелива

$$\alpha_1 = 2arccos\left(1 - \frac{2h_1}{Д}\right), \text{ град}$$

$$a_1 = Д \cdot Sin\frac{\alpha_1}{2}, \text{ м}$$

$$F_1 = \frac{Д^2}{2}\left(\frac{\pi\alpha_1}{180} - Sin\alpha_1\right), \text{ м}^2$$

В расчете принять h_I в соответствии с п. 4.3.1.

$$\alpha_2 = 2\arccos\left(1 - \frac{2h_2}{Д}\right), \text{ град}$$

$$a_2 = Д \sin\frac{\alpha_2}{2}, \text{ м}$$

$$F_2 = \frac{Д^2}{8}\left(\frac{\pi\alpha_2}{180} - \sin\alpha_2\right), \text{ м}^2$$

h_2 принять по п. 4.3.2.

4.4.5. Максимальный объемный расход жидкости на единицу длины сливной планки

$$L_V = \frac{L_{max}}{\rho_ж \cdot a_I} \leq 50, \text{ м}^2/\text{ч } (\text{м}^3/\text{м}\cdot\text{ч})$$

При невыполнении условия принять следующий больший диаметр колонны Д по ГОСТ 9617-76 с последующим пересчетом параметров с п. 4.4.3.

4.5. Расчет гидравлического сопротивления тарелок

4.5.1. Общий перепад давления тарелки

$$\Delta P = \Delta P_{сух} + \Delta P_ж \cong \Delta P_{сух}, \text{ мм вод.ст.}$$

Перепад давления на "сухой" тарелке

$$\Delta P_{сух} = \zeta_{к-с} \frac{W^2_{к-с} \cdot \rho_г}{2g}, \text{ мм вод. ст.,}$$

где $\zeta_{к-с}$ – коэффициент сопротивления тарелки принимается равным 8.

Скорость газа в контактно-сепарационном элементе

$$W_{к-с} = \frac{q_{max}}{n_{к-с} \cdot f_{эл}}, \text{ м/с,}$$

где $q_{max} = K_{max} \cdot q_{ном}, \text{ м}^3/\text{с}$

4.5.2. Высота регулируемой сливной планки на тарелке принимается равной

1) для нижней тарелки $h_{п\ мах} = 0{,}08$ м,

2) для верхней тарелки $h_{п\ мин} = 0{,}00$ м,

3) для остальных тарелок $h_{п\ ном} = 0{,}05$ м.

4.5.3. Подпор жидкости над сливной планкой

$$\Delta h = 0{,}003I\, L_v^{2/3},\ м$$

4.5.4. Высота слоя светлой жидкости на тарелке

$$H_ж = h_п + \Delta h,\ м$$

4.5.5. Об"емный расход жидкости, проходящей через один элемент при номинальной высоте сливной планки определяется по экспериментальной формуле

$$\ell_{ж.ном.} = 0{,}054 + I{,}I4 h_{п.ном.},\ м^3/ч$$

4.5.6. Условие нормальной работы тарелки

$$\ell_{ж.ном.} n_{к-с} \geq \frac{L_{мах}}{\rho_ж}$$

При невыполнении условия принять $h_{п.ном.} = h_{п.мах}$ и повторить расчет с п. 4.5.5. При следующем невыполнении условия увеличить $n_{к-с}$ до требуемой величины с последующей проверкой условия $K_{мин} W_{доп} \leq W'_{доп} \cdot K'_{мин}$, в котором $W_{доп}$ определяется по п. 4.I.I., $W'_{доп}$ – из формулы п. 4.I.2 с подстановкой нового значения $n_{к-с}$.

4.5.7. Кратность циркуляции жидкости на тарелке

$$n_ц = \frac{\ell_{ж.мин.} n_{к-с}}{L_{мах}} \rho_ж$$

4.6. Расчет гидравлического сопротивления переливного устройства тарелок (кроме нижней) и определение расстояния между тарелками

4.6.1. Высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве тарелки, кроме нижней

$$h_ж = h_{з.п.} + \Delta h + \frac{\Delta P}{10^3 \rho'_ж} + \frac{\Delta P_{ж.п.}}{10^3 \rho'_ж}, \text{ м},$$

где $h_{з.п.}$ – высота затворной планки приемного кармана принимается равной 0,1 м

$\rho'_ж$ – плотность жидкости по отношению к плотности воды определяется по формуле

$$\rho'_ж \cong \frac{\rho_ж}{1000}$$

Сопротивление движению жидкости в переливе

$$\Delta P_{ж.п.} = K_2 \left(\frac{L_v}{3600 \cdot a_4}\right)^2, \text{ мм вод.ст.},$$

где K_2 – коэффициент, принимается равным 250 /3/;

a_4 – линейный размер наиболее узкого сечения перелива выбирается по меньшему из значений:

$$a_4 = h_2 - h_1 \quad \text{или} \quad a_4 = h_4, \text{ м},$$

где h_4 – недовод сливной планки до полотна тарелки принимается конструктивно из условия

$$h_4 = 0{,}04., \text{ м}$$

4.6.2. Высота вспененной жидкости в переливном устройстве тарелок (кроме нижней)

$$h'_п = \frac{h_ж}{\rho'_п}, \text{ м}$$

$\rho'_п$ – плотность вспененной жидкости по отношению к плотности исходной жидкости принимается по табл. I.

4.6.3. Условие нормальной работы переливного устройства тарелок (кроме нижней)

$$h'_п < H_т + h_{п.ном.},$$

откуда определяется расстояние между тарелками, как

$$H_т > h'_п - h_{п.ном.}, \text{ м}$$

и округляется до ближайшего большего значения по ГОСТ 21944-76.

4.7. Расчет высоты столба жидкости на глухой тарелке

4.7.1. Внутренний диаметр патрубка глухой тарелки

$$d'_{гл} = 1{,}13\sqrt{\frac{q_{max}}{W_{гл}}}, \text{ м}$$

Скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки

$$W_{гл} = \frac{W_0}{\sqrt{10{,}1 \cdot P}}, \text{ м/с}, \qquad /3/$$

где W_0 – скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки при атмосферном давлении принимается равной 25 м/с.

По полученному значению $d'_{гл}$ принимается ближайший стандартный диаметр патрубка $d_{гл}$.

4.7.2. Номинальный уровень жидкости на глухой тарелке

$$H_{ном} = \tau_{доп} \cdot W_ж \cdot 60 \geqslant 0{,}35 \text{ м}$$

где $\tau_{доп}$ – время пребывания жидкости на глухой тарелке, выбирается из условия $\tau_{доп}$ = 3–5 мин (для насосов), $\tau_{доп}$ = 1–3 мин (для клапанов).

При $H_{ном} < 0{,}35$ м принять $H_{ном} = 0{,}35$ м.

Скорость движения жидкости на глухой тарелке

$$W_ж = \frac{L_{ном}}{0{,}785\ (Д^2 - d_{гл}^2) \cdot 3600 \cdot \rho_ж}\ , м/с$$

Расчетное значение $H_{ном}$ округлить до второго десятичного знака.

4.7.3. Максимальный уровень жидкости на глухой тарелке

$$H_{мах} = H_{ном} + 0{,}15,\ м$$

4.7.4. Минимальный уровень жидкости на глухой тарелке

$$H_{мин} = H_{ном} - 0{,}15,\ м$$

4.8. Расчет гидравлического сопротивления переливного устройства нижней тарелки

4.8.1. Высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве нижней тарелки

$$h_{ж.н.} = H_{мах} + \frac{\Delta P_{к-с}}{10^3 \cdot \rho'_ж} + \frac{\Delta P_{ж.п.}}{10^3 \cdot \rho'_ж}\ , м$$

4.8.2. Высота вспененной жидкости в переливном устройстве нижней тарелки

$$h'_{п.н.} = \frac{h_{ж.н.}}{\rho'_п}\ , м$$

4.8.3. Условие нормальной работы переливного устройства нижней тарелки

$$h'_{п.н.} < H_{мах} + H_I + h_{п.мах}\ , м,$$

откуда H_I - расстояние от нижней тарелки до максимального уровня жидкости на глухой тарелке определяется как

$$H_I \geqslant h'_{п.н.} - h_{п.мах} - H_{мах} \geq H_т,\ м$$

Полученное значение H_I округлить до первого десятичного знака.

4.9. Расчет переливного устройства нижней тарелки, выполненного в виде сливной трубы

4.9.1. Внутренний диаметр сливной трубы

$$d'_{тр} = 1{,}13\sqrt{\frac{F_{пер}}{n_{тр}}}\ , м\ ,$$

где $n_{тр} \geqslant 1$ – число сливных труб. Значение $n_{тр} > 1$ принимается при $d'_{тр} > 200$ мм.

По полученному значению $d'_{тр}$ принимается ближайший больший стандартный диаметр трубы $d_{тр}$.

4.9.2. Высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве нижней тарелки

$$h_{ж.н.} = H_{max} + \frac{\Delta P_{ж-с}}{10^3 \cdot \rho'_ж} + \frac{\Delta P_{ж.п.}}{10^3 \cdot \rho'_ж}\ , м,$$

где

$$\Delta P_{ж.п.} = K_2 \left(\frac{L_v}{3600 \cdot a_4}\right)^2\ , мм вод. ст.$$

$$L_v = \frac{L_{max}}{\rho_ж \cdot \pi d_{тр} \cdot n_{тр}} \leqslant 50$$

$$a_4 = 1{,}13\sqrt{d^2_{тр}}$$

4.9.3. Высота вспененной жидкости в переливном устройстве нижней тарелки и расстояние от нижней тарелки до максимального уровня жидкости на глухой тарелке определяются по п.п. 4.8.2., 4.8.3.

4.10. Общее гидравлическое сопротивление тарелок

$$\Delta P_0 = K_П(n\Delta P + \Delta P_{гл})\cdot 10^{-5}, \text{ МПа}$$

Гидравлическое сопротивление патрубка глухой тарелки

$$\Delta P_{гл} = \zeta_{гл} \frac{W^2_{гл}\rho_г}{2g}, \text{ мм вод. ст.,}$$

где $\zeta_{гл}$ - коэффициент сопротивления патрубка глухой тарелки определяется по формуле $\zeta_{гл} = \zeta_{вх} + \zeta_{вых}$,

где $\zeta_{вх}$=0,5; $\zeta_{вых}$=1,5 - коэффициенты сопротивления соответственно на входе и выходе патрубка глухой тарелки;

$K_П$=1,1 - коэффициент неучтенных потерь;

n - число контактно- сепарационных тарелок.

4.11. Относительный массовый унос жидкости с газом с верхней тарелки $e_ж$ = 0,2 % (принят по результатам приемочных испытаний). Для новых пределов параметров процесса унос уточняется по результатам новых приемочных испытаний.

Пример расчета абсорбера по данной "Методике" приведен в приложении I.

Исполнитель - ЦКБН

Главный инженер — Ю.А. Кащицкий

Зав. отделом стандартизации — А.Ю. Пролесковский

Зав. отделом разработки — О.С. Петрашкевич

ГКП — Г.К. Зиберт

Конструктор I категории — Л.Б. Галдина

Согласовано:

ГКП метрологической службы — Л.И. Белешева

Зав. отделом № 19 — Б.П. Хохлов

Зав. сектором ЭВМ — В.С. Сергеев

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Справочное

ПРИМЕР РАСЧЕТА

I. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

I.I. Номинальная объемная производительность по газу в рабочих условиях, $q_{ном}$	- I,39 $м^3/с$
I.2. Коэффициент предельного отклонения производительности, $K_{мах(мин)}$	- I,I (0,5)
I.3. Абсолютное рабочее давление в колонне, P	- 8,I МПа
I.4. Плотность газа в рабочих условиях, $\rho_г$	- 7I,5 $кг/м^3$
I.5. Номинальная (максимальная) массовая производительность по жидкости, $L_{ном(мах)}$	- I5470 кг/ч
I.6. Плотность жидкости в рабочих условиях, $\rho_ж$	- II05 $кг/м^3$
I.7. Внутренний диаметр патрубка контактно-сепарационного элемента, $d_{эл}$	- 0,06 м
I.8. Расстояние между элементами по наружному диаметру патрубка, $C_{эл}$	- 0,038 м
I.9. Высота регулируемой сливной планки на тарелке, $h_п$:	
I) максимальная	- 0,08 м
2) минимальная	- 0,00 м
3) номинальная	- 0,05 м
I.I0. Коэффициент сопротивления тарелки, $\zeta_{к-с}$	- 8
I.II. Ширина полотна тарелки, a	- 0,3 м
I.I2. Ширина полотна тарелки, требуемая под опорную балку, δ	- 0,06 м
I.I3. Ширина полотна тарелки, требуемая под опорное кольцо, e	- 0,05 м
I.I4. Скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки при атмосферном давлении, W_0	- 25 м/с
I.I5. Допустимое время пребывания жидкости на глухой тарелке, $\tau_{доп}$	- 3 мин
I.I6. Скорость жидкости в переливе, $W_{пер}$	- 0,I5 м/с

I.I7. Коэффициент, K_2 - 260

I.I8. Число контактно-сепарационных тарелок, n - 4 шт

I.I9. Наружный диаметр патрубка контактно-сепарационного элемента, $d_{эл.н.}$ - 0,062 м

2. РАСЧЕТ

2.I. Определение числа контактно-сепарационных элементов на тарелке

2.I.I. Допустимая скорость газа в контактно-сепарационном элементе

$$W_{доп} = \frac{\Phi_{к-с}}{\sqrt{\rho_г}} = \frac{24,3}{\sqrt{7I,5}} = 2,87 \text{ м/с}$$

2.I.2. Число контактно-сепарационных элементов на тарелке

$$n'_{к-с} = \frac{q_{ном}}{f_{эл} \cdot W_{доп}} = \frac{I,39}{0,00283 \cdot 2,87} = I73,75$$

$$f_{эл} = 0,785 d^2_{эл} = 0,785 \cdot 0,06^2 = 0,00283 \text{ м}^2$$

Принимаем $n_{к-с} = I74$.

2.2. Определение предварительного диаметра колонны

2.2.I. Рабочая площадь контактно-сепарационной тарелки

$$F_{раб} = n_{к-с} \cdot f_{раб} = I74 \cdot 0,008526 = I,48 \text{ м}^2$$

$$f_{раб} = (d_{эл.н.} + c_{эл})^2 \cdot Sin 60^0 = (0,062 + 0,038)^2 \cdot 0,87 =$$
$$= 0,008526 \text{ м}^2$$

2.2.2. Площадь сечения перелива

$$F_{пер} = \frac{L_{max} \cdot K_I}{3600 \cdot W_{пер} \cdot \rho_ж} = \frac{I5470 \cdot I,05}{3600 \cdot 0,I5 \cdot II05} = 0,0272 \text{ м}^2$$

2.2.3. Площадь свободного сечения колонны без учета площади

опорных балок и опорных колец

$$F''_к = F_{раб} + 2F_{пер} = 1{,}48 + 2 \cdot 0{,}0272 = 1{,}534 \text{ м}^2$$

2.2.4. Диаметр колонны без учета площади опорных балок и опорных колец

$$Д'' = 1{,}13\sqrt{F''_к} = 1{,}13\sqrt{1{,}534} = 1{,}4 \text{ м}$$

2.2.5. Число опорных балок

$$n'_б = \frac{Д''}{a} - 1 = \frac{1{,}4}{0{,}3} - 1 = 3{,}7$$

Принимаем $n_б = 4$.

2.2.6. Площадь опорных балок

$$F_{оп.б.} = b \cdot Д'' \cdot n_б = 0{,}06 \cdot 1{,}4 \cdot 4 = 0{,}336 \text{ м}^2$$

2.2.7. Площадь сечения колонны с учетом площади опорных балок

$$F'_к = F''_к + F_{оп.б.} = 1{,}534 + 0{,}336 = 1{,}87 \text{ м}^2$$

2.2.8. Диаметр колонны с учетом площади опорных балок

$$Д' = 1{,}13\sqrt{F'_к} = 1{,}13 \cdot \sqrt{1{,}87} = 1{,}545 \text{ м}$$

2.3. Определение размеров переливного устройства

2.3.1. Центральный угол сегментного перелива

$$\alpha'_1 = 2\arccos\left(1 - \frac{2h_{1мин}}{Д'}\right) = 2\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 0{,}1}{1{,}545}\right) = 59^0$$

Длина хорды сегментного перелива

$$a_1 = Д' \cdot \sin\frac{\alpha'_1}{2} = 1{,}545 \sin\frac{59^\circ}{2} = 0{,}76 \text{ м}$$

Площадь сегментного перелива

$$F'_1 = \frac{(Д')^2}{8}\left(\frac{\pi\alpha'_1}{180} - \sin\alpha'_1\right) = \frac{1{,}545^2}{8}\left(\frac{3{,}142 \cdot 59^\circ}{180} - 0{,}857\right) = 0{,}05 \text{ м}^2$$

Проверка $F_I' = 0,05 > F_{пер} = 0,0272$

2.3.2. Центральный угол сегмента приемного кармана

$$\alpha_2' = 2\arccos\left(1 - \frac{2h_2}{Д'}\right) = 2\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 0,14}{1,545}\right) = 70^0$$

Длина хорды сегмента приемного кармана

$$a_2 = Д' \cdot \sin\frac{\alpha' 2}{2} = 1,545 \sin\frac{70^\circ}{2} = 0,866 \text{ м}$$

Площадь сегмента приемного кармана

$$F_2' = \frac{(Д')^2}{8}\left(\frac{\pi \alpha' 2}{180} - \sin\alpha_2'\right) = \frac{1,545^2}{8}\left(\frac{3,142 \cdot 70^\circ}{180} - \sin 70^0\right) = 0,084 м^2$$

2.4. Определение стандартного диаметра колонны

2.4.1. Расчетная площадь сечения колонны

$$F_{к.р.} = F_{раб} + F_{оп.б.} + F_I' + F_2' = 1,48 + 0,336 + 0,05 + 0,084 = 1,95 \text{ м}^2$$

2.4.2. Расчетный диаметр колонны

$$Д_р = 1,13\sqrt{F_{к.р.}} + 2e = 1,13\sqrt{1,95} + 2 \cdot 0,05 = 1,68 \text{ м}$$

В соответствии с нормальным рядом диаметров принимаем диаметр колонны Д = 1,8 м.

2.4.3. Площадь колонны стандартного диаметра

$$F_к = 0,785 Д^2 = 0,785 \cdot 1,8^2 = 2,5434 \text{ м}^2$$

2.4.4. Уточнение размеров перелива

$$\alpha_I = 2\arccos\left(1 - \frac{2h_I}{Д}\right) = 2\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 0,1}{1,8}\right) = 54,5^0$$

$$a_I = Д \sin\frac{\alpha_I}{2} = 1,8 \sin\frac{54,5^\circ}{2} = 0,824 \text{ м}$$

$$F_1 = \frac{Д^2}{8}\left(\frac{\pi \alpha_1}{180} - \sin\alpha_1\right) = \frac{1,8^2}{8}\left(\frac{3,142 \cdot 54,5^\circ}{180} - \sin 54,5^0\right) =$$

$$= 0,055 \text{ м}^2$$

$$\alpha_2 = 2\arccos\left(1 - \frac{2h_2}{Д}\right) = 2\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 0,14}{1,8}\right) = 64,6^0$$

$$a_2 = Д \cdot \sin\frac{\alpha_2}{2} = 1,8 \sin\frac{64,6^0}{2} = 0,96 \text{ м}$$

$$F_2 = \frac{Д^2}{8}\left(\frac{\pi \alpha_2}{180} - \sin\alpha_2\right) = \frac{1,8^2}{8}\left(\frac{3,142 \cdot 64,6^0}{180} - \sin 64,6^0\right) =$$

$$= 0,091 \text{ м}^2$$

2.4.5. Максимальный объемный расход жидкости на единицу длины сливной планки

$$L_V = \frac{L_{max}}{\rho_ж \cdot a_1} = \frac{15470}{1105 \cdot 0,824} = 17,0 \text{ м}^2/\text{ч}$$

Проверка $17,0 < 50$ м^2/ч

2.5. Расчет гидравлического сопротивления тарелок

2.5.1. Общий перепад давления тарелки

$$\Delta P \approx \Delta P_{сух} = \zeta_{к-с} \frac{W^2_{к-с} \cdot \rho_г}{2g} = 8 \frac{(3,1)^2 \cdot 7 \cdot 1,5}{2 \cdot 9,81} = 280,8 \text{ мм вод. ст.}$$

Скорость газа в контактно-сепарационном элементе

$$W_{к-с} = \frac{q_{max}}{n_{к-с} \cdot f_{эл}} = \frac{1,53}{174 \cdot 0,00283} = 3,1 \text{ м/с}$$

$$q_{max} = K_{max} \cdot q_{ном} = 1,39 \cdot 1,1 = 1,53 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.5.2. Подпор жидкости над сливной планкой

$$\delta h = 0,0031 L_V^{2/3} = 0,0031 \cdot 17,0^{2/3} = 0,0205 \text{ м}$$

2.5.3. Высота слоя светлой жидкости на тарелке

$$H_{ж} = h_{п} + \Delta h$$

$$H_{ж\ max} = h_{п\ max} + \Delta h = 0,03 + 0,0205 = 0,1005 \text{ м}$$

$$H_{ж\ мин} = h_{п\ мин} + \Delta h = 0,00 + 0,0205 = 0,0205 \text{ м}$$

$$H_{ж\ ном} = h_{п\ ном} + \Delta h = 0,05 + 0,0205 = 0,0705 \text{ м}$$

2.5.4. Объемный расход жидкости, проходящей через один элемент при номинальной высоте сливной планки

$$l_{ж\ ном.} = 0,054 + 1,14 h_{п.ном.} = 0,054 + 1,14 \cdot 0,05 = 0,111 \ м^3/ч$$

2.5.5. Условие нормальной работы тарелки

$$l_{ж\ ном.} \cdot n_{к-с} = 0,111 \cdot 174 = 19,314 > \frac{15470}{1105} = 14,0$$

2.5.6. Кратность циркуляции жидкости на тарелке

$$n_{ц} = \frac{l_{ж\ ном.} \cdot n_{к-с}}{L_{max}} \cdot \rho_{ж} = \frac{19,314}{15470} \cdot 1105 = 1,38 > 1$$

2.6. Расчет гидравлического сопротивления переливного устройства тарелок (кроме нижней) и определение расстояния между тарелками

2.6.1. Высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве тарелки, кроме нижней

$$h_{ж} = h_{з.п.} + \Delta h + \frac{\Delta P}{10^3 \cdot \rho'_{ж}} + \frac{\Delta P_{ж.п.}}{10^3 \cdot \rho'_{ж}} = 0,1 + 0,0205 + \frac{280,8}{10^3 \cdot 1,105} +$$

$$+ \frac{3,5}{10^3 \cdot 1,105} = 0,3778 \text{ м}$$

$$\rho'_{ж} = \frac{\rho_{ж}}{1000} = \frac{1105}{1000} = 1,105$$

Сопротивление движению жидкости в переливе

$$\Delta P_{ж.п.} = K_2\left(\frac{L_v}{3600 \cdot a_4}\right)^2 = 250\left(\frac{I7,0}{3600 \cdot 0,04}\right)^2 = 3,5 \text{ мм вод. ст.}$$

$$a_4 = h_2 - h_I = 0,I4 - 0,I = 0,04 \text{ м}$$

2.6.2. Высота вспененной жидкости в переливном устройстве тарелок (кроме нижней)

$$h'_п = \frac{h_ж}{\rho'_п} = \frac{0,3778}{0,55} = 0,687 \text{ м}$$

2.6.3. Расстояние между тарелками

$$H_т > h'_п - h_{п.ном} = 0,687 - 0,05 = 0,637 \text{ м}$$

Откуда принимаем $H_т = 0,7$ м

2.7. Расчет высоты столба жидкости на глухой тарелке

2.7.I. Внутренний диаметр патрубка глухой тарелки

$$d'_{гл} = I,I3\sqrt{\frac{q_{max}}{W_{гл}}} = I,I3\sqrt{\frac{I,53}{2,8}} = 0,83 \text{ м}$$

Скорость газа в паровом патрубке глухой тарелки

$$W_{гл} = \frac{W_0}{\sqrt{I0,IP}} = \frac{25}{\sqrt{8I}} = 2,8 \text{ м/с}$$

Принимаем $d_{гл} = I,0$ м

2.7.2. Номинальный уровень жидкости на глухой тарелке

$$H_{ном} = \tau_{доп} \cdot W_ж \cdot 60 = 3 \cdot 0,022 \cdot 60 = 0,348 \text{ м}$$

Скорость движения жидкости на глухой тарелке

$$W_ж = \frac{L_{ном}}{0,785(Д^2 - d_{гл}^2)\cdot 3600\cdot \rho_ж} = \frac{15470}{0,785(1,8^2-1,0^2)3600\cdot 1105} =$$

$$= 0,0022 \text{ м/с}$$

Окончательно принимаем $H_{ном} = 0,35$ м

2.7.3. Максимальный уровень жидкости на глухой тарелке

$$H_{мах} = H_{ном} + 0,15 = 0,35 + 0,15 = 0,50 \text{ м}$$

2.7.4. Минимальный уровень жидкости на глухой тарелке

$$H_{мин} = H_{ном} - 0,15 = 0,35 - 0,15 = 0,20 \text{ м}$$

2.8. Расчет гидравлического сопротивления переливного устройства нижней тарелки

2.8.1. Высота слоя светлой жидкости в переливном устройстве нижней тарелки

$$h_{ж.н.} = H_{мах} + \frac{\Delta P_{к-с}}{10^3 \cdot \rho'_ж} + \frac{\Delta P_{ж.п.}}{10^3 \cdot \rho'_ж} = 0,50 + \frac{280,8}{10^3 \cdot 1,105} +$$

$$+ \frac{3,5}{10^3 \cdot 1,105} = 0,757 \text{ м}$$

2.8.2. Высота вспененной жидкости в переливном устройстве нижней тарелки

$$h'_{п.н.} = \frac{h_{ж.н.}}{\rho'_п} = \frac{0,757}{0,55} = 1,376 \text{ м}$$

2.8.3. Условие нормальной работы переливного устройства нижней тарелки

$$h'_{п.н.} < H_{мах} + H_1 + h_{п.мах},$$

откуда

$$H_1 > h'_{п.н.} - h_{п.мах} - H_{мах} = 1,376 - 0,08 - 0,50 = 0,796 \text{ м}$$

Окончательно принимаем $H_1 = 0,8$ м

2.9. Общее гидравлическое сопротивление тарелок

$$\Delta P_0 = K_н(n \cdot \Delta P + \Delta P_{гл}) \cdot 10^{-5} = 1,1(4 \cdot 280,8 + 57,14) \cdot 10^{-5} = 0,013 \text{ МПа}$$

Гидравлическое сопротивление патрубка глухой тарелки

$$\Delta P_{гл} = \zeta_{гл} \frac{W_{гл}^2 \cdot \rho_г}{2g} = 2 \frac{2,8^2 \cdot 7 1,5}{2 \cdot 9,81} = 57,14 \text{ мм вод. ст.}$$

$$\zeta_{гл} = \zeta_{вх} + \zeta_{вых} = 0,5 + 1,5 = 2$$

Число контактно-сепарационных тарелок $n = 4$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник. М., "Химия", 1979 г.
2. И.А. Александров. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М., "Химия", 1971 г.
3. Отчет по разработке рекомендаций по выбору конструкции фазных разделителей, массообменной аппаратуры, огневых испарителей, распыливающих устройств и методик их расчета, ЦКБН, 1981 г.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номер листов /страниц/				Номер документа	Подписи	Дата	Срок введения изменения
	измененных	заменённых	новых	анулированных				

gost.e-ecolog.ru