

Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых
производств»

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине
«Трубопроводные системы»
направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов
нефтегазового производства»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
профиль «Оборудование химических и нефтегазовых производств»

Энгельс 2024

Введение

Трубопроводы. Основные положения и зависимости. Назначение и классификация трубопроводов. Требования, предъявляемые к трубопроводам. Основные гидравлические характеристики трубопроводов. Зависимости для расчета трубопроводов. Простой трубопровод, методика расчета. Сложные трубопроводы, методика расчета. Сифонные трубопроводы. Безнапорные трубопроводы. Особенности монтажа и эксплуатации технологических трубопроводов. Расчет на прочность трубопроводов.

Трубопроводная арматура. Материалы, применяемые для трубопроводной арматуры. Общий порядок выбора трубопроводной арматуры. Трубопроводная запорная арматура. Трубопроводная регулирующая арматура. Предохранительная арматура. Трубопроводная защитная арматура. Фазоразделительная арматура. Арматура общетехнического назначения. Приводы для управления трубопроводной арматурой.

ЗАДАЧИ

1. Жидкость с плотностью $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ и вязкостью $\nu = 2 \text{ Ст}$ подается на расстояние $l = 20 \text{ м}$ по горизонтальной трубе диаметром $d = 20 \text{ мм}$ в количестве $Q = 1,57 \text{ л/с}$. Определить давление и мощность, которые требуются для указанной подачи. Местные гидравлические сопротивления отсутствуют.

2. Керосин перекачивается по горизонтальной трубе длиной $l = 50 \text{ м}$ и диаметром $d = 50 \text{ мм}$ в количестве $Q = 9,8 \text{ л/с}$. Определить потребное давление и необходимую мощность, если свойства керосина: $\nu = 0,025 \text{ Ст}$; $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$. Труба гидравлически гладкая. Местными гидравлическими сопротивлениями пренебречь.

3. По трубопроводу диаметром $d = 10 \text{ мм}$ и длиной $l = 10 \text{ м}$ подается жидкость с вязкостью $\nu = 1 \text{ Ст}$ под действием перепада давления $\Delta p = 4 \text{ МПа}$; $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Определить режим течения жидкости в трубопроводе.

Указание. Воспользоваться выражением для числа Re через Q и законом Пуазейля, исключить из них расход Q и, определив критический перепад давления, соответствующий смене режима, сравнить его с заданным перепадом.

4. Определить режим течения жидкости при температуре $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\nu = 0,4 \text{ Ст}$) по трубопроводу длиной $l = 3 \text{ м}$, который при перепаде давления $\Delta p = 2 \text{ МПа}$ должен обеспечивать расход $Q = 1 \text{ л/с}$. Плотность $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$.

Указание. Воспользоваться выражением для числа Re через Q и законом Пуазейля, исключить из них диаметр d и, определив перепад давления, соответствующий смене режима, сравнить его с заданным перепадом.

5. На рисунке 1 показан всасывающий трубопровод гидросистемы. Длина трубопровода $l = 1 \text{ м}$, диаметр $d = 20 \text{ мм}$, расход жидкости $Q = 0,314 \text{ л/с}$, абсолютное давление воздуха в бачке $p_0 = 100 \text{ кПа}$, $H = 1 \text{ м}$, плотность жидкости $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$. Определить абсолютное давление перед входом в насос

при температуре рабочей жидкости $t = +25^{\circ}\text{C}$ ($\nu = 0,2 \text{ Ст}$). Как изменится искомое давление в зимнее время, когда при этом же расходе температура жидкости упадет до -35°C ($\nu = 10 \text{ Ст}$).

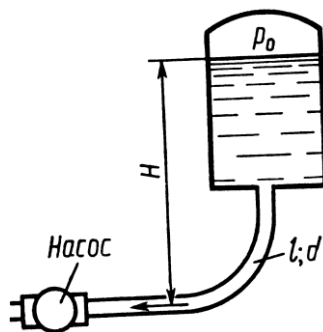


Рис.1

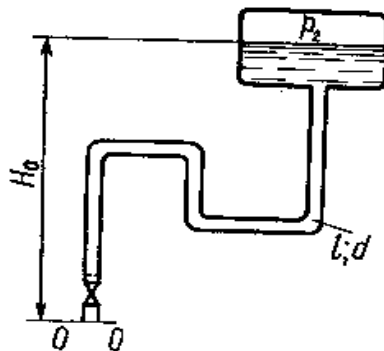


Рис.2

6. Определить потребный напор (рис.2), который необходимо создать в сечении 0 - 0 для подачи в бак воды с вязкостью $\nu = 0,008 \text{ Ст}$, если длина трубопровода $l = 80 \text{ м}$; его диаметр $d = 50 \text{ мм}$; расход жидкости $Q = 15 \text{ л/с}$; высота $H_0 = 30 \text{ м}$; давление в баке $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$; коэффициент сопротивления крана $\xi_1 = 5$; колена $\xi_2 = 0,8$; шероховатость стенок трубы $\Delta = 0,04 \text{ мм}$.

7. Общая длина одной из исполнительных магистралей гидросистемы $l = 10 \text{ м}$; диаметр $d = 10 \text{ мм}$; скорость движения рабочей жидкости $v = 7,5 \text{ м/с}$; вязкость $\nu = 0,5 \text{ Ст}$. В связи с нагреванием рабочей жидкости в системе происходит понижение вязкости до $\nu = 0,15 \text{ Ст}$ и турбулизация потока в гидравлически гладкой трубе. Насколько изменится суммарная потеря напора в указанной магистрали при турбулизации потока и неизменном расходе жидкости?

8. Определить расход керосина в гладкой горизонтальной трубе длиной $l = 40 \text{ м}$, диаметром $d = 40 \text{ мм}$, если разность давлений в начальном и конечном сечениях трубы $\Delta p = 160 \text{ кПа}$. Вязкость керосина $\nu = 0,02 \text{ Ст}$; плотность $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$.

Указание. Задачу следует решать методом последовательных приближений, задавшись сначала значением коэффициента λ_t в первом приближении.

9. Жидкость с плотностью $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ и вязкостью $\nu = 0,01 \text{ Ст}$ нагнетается по горизонтальному трубопроводу длиной $l = 4 \text{ м}$ и диаметром $d = 25 \text{ мм}$. Определить давление в начальном сечении, если в конечном сечении трубопровода давление атмосферное, расход жидкости $Q = 6 \text{ л/с}$; шероховатость стенок трубопровода $\Delta = 0,06 \text{ мм}$.

10. При каком диаметре трубопровода (рис.3) подача насоса составит $Q = 1 \text{ л/с}$, если на выходе из него располагаемый напор $H_{\text{расп}} = 9,6 \text{ м}$; длина трубопровода $l = 10 \text{ м}$; эквивалентная шероховатость $\Delta_s = 0,05 \text{ мм}$; давление в баке $p_0 = 30 \text{ кПа}$; высота $h_0 = 4 \text{ м}$; вязкость жидкости $\nu = 0,015 \text{ Ст}$ и ее

плотность $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$? Местными гидравлическими сопротивлениями в трубопроводе пренебречь. Учесть потери при входе в бак.

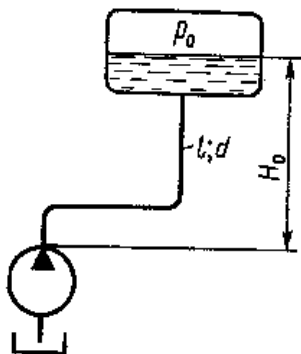


Рис.3

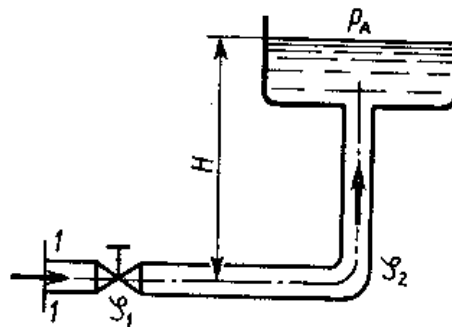


Рис.4

11. Определить расход в трубе (рис.4) для подачи воды (вязкость $\nu = 0,01$ Ст) на высоту $H = 16,5 \text{ м}$, если диаметр трубы $d = 10 \text{ мм}$; ее длина $l = 20 \text{ м}$; располагаемый напор в сечении трубы перед краном $H_{\text{расп}} = 20 \text{ м}$; коэффициент сопротивления крана $\xi_1 = 4$, колена $\xi_2 = 1$. Трубу считать гидравлически гладкой.

Указание. Задачу решить методом последовательных приближений, задавшись коэффициентом Дарси λ_t , а затем уточняя его.

12. Вода с вязкостью $\nu = 0,02$ Ст нагнетается насосом из колодца в водонапорную башню (рис.5) по вертикальному трубопроводу. Определить диаметр трубы от крана К до бака d_2 , если высота башни $H = 10 \text{ м}$; глубина погружения насоса $H_0 = 5 \text{ м}$; высота уровня жидкости в баке $h = 1 \text{ м}$; длина участка трубопровода от насоса до крана $h_0 = 3 \text{ м}$; его диаметр $d_1 = 40 \text{ мм}$; коэффициент сопротивления крана $\xi_k = 3$ (отнесен к диаметру d_1); показание манометра $p_m = 0,3 \text{ МПа}$; подача насоса $Q = 1,5 \text{ л/с}$. Учесть потерю скоростного напора при входе в бак. Трубы считать гидравлически гладкими.

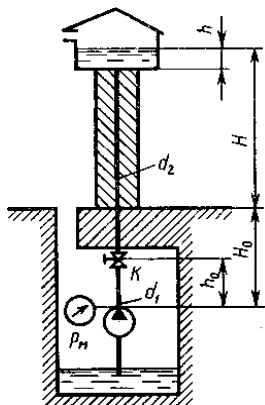


Рис.5

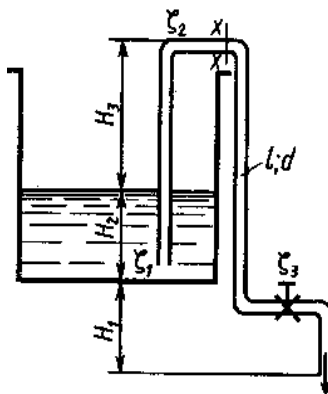


Рис.6

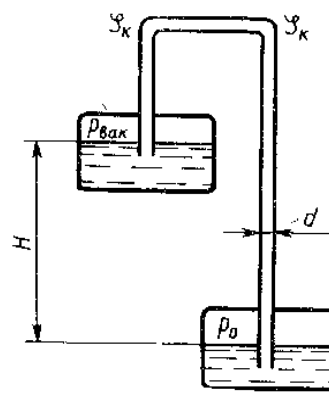


Рис.7

13. Определить расход воды через сифонный трубопровод, изображенный на рисунке 6, если высота $H_1 = 1 \text{ м}$; $H_2 = 2 \text{ м}$; $H_3 = 4 \text{ м}$. Общая длина трубы $l = 20 \text{ м}$; диаметр $d = 20 \text{ мм}$. Режим течения считать турбулентным. Учесть потери

при входе в трубу $\xi_1 = 1$; в коленах $\xi_2 = 0,2$; в вентиле $\xi_3 = 4$ и на трение в трубе $\lambda_t = 0,035$. Подсчитать вакуум в верхнем сечении $x - x$ трубы, если длина участка от входа в трубу до этого сечения $l_x = 8$ м.

14. Труба, соединяющая два бака, заполнена жидкостью (рис.7) с вязкостью $\nu = 0,01$ Ст и плотностью $\rho = 1000$ кг/м³. Определить, при какой высоте H жидкость будет двигаться из верхнего бака в нижний с расходом $Q = 0,05$ л/с, а при какой высоте H будет двигаться в обратном направлении с тем же расходом, если длина трубы $l = 2,5$ м; ее диаметр $d = 8$ мм; коэффициент сопротивления каждого колена $\xi = 0,5$; избыточное давление в нижнем баке $p_0 = 7$ кПа; вакуум в верхнем баке $p_{\text{вак}} = 3$ кПа. Трубу считать гидравлически гладкой.

15. Какое давление должен создавать насос (рис.8) при подаче масла $Q = 0,4$ л/с и при давлении воздуха в пневмогидравлическом аккумуляторе $p_2 = 2$ МПа, если коэффициент сопротивления квадратичного дросселя $\xi = 100$; длина трубопровода от насоса до аккумулятора $l = 4$ м; диаметр $d = 10$ мм? Свойства масла $\rho = 900$ кг/м³; $\nu = 0,5$ Ст. Коэффициент ξ отнесен к трубе $d = 10$ мм.

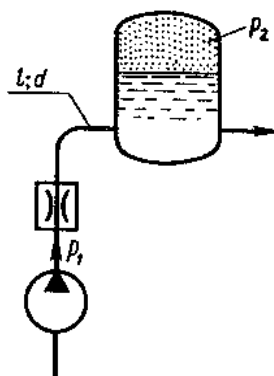


Рис.8

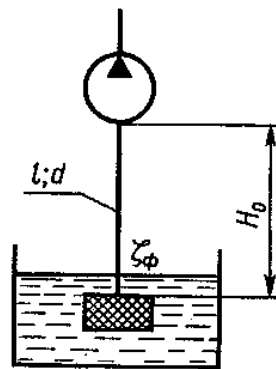


Рис.9

16. Определить минимально возможный диаметр всасывающего трубопровода (рис.9), если подача насоса $Q = 1$ л/с; высота всасывания $H_0 = 2,5$ м; длина трубопровода $l = 3$ м; шероховатость трубы $\Delta = 0,08$ мм; коэффициент сопротивления входного фильтра $\xi_{\text{ф}} = 5$; максимально допустимый вакуум перед входом в насос $p_{\text{вак}} = 0,08$ МПа; вязкость рабочей жидкости $\nu = 0,01$ Ст; плотность $\rho = 1000$ кг/м³.

17. Вода перетекает из бака А в резервуар Б (рис.10) по трубе диаметром $d = 25$ мм, длиной $l = 10$ м. Определить расход воды Q , если избыточное давление в баке $p_1 = 200$ кПа; высоты уровней $H_1 = 1$ м; $H_2 = 5$ м. Режим течения считать турбулентным. Коэффициенты сопротивления принять: на входе в трубу $\xi_1 = 0,5$; в вентиле $\xi_2 = 4$; в коленах $\xi_3 = 0,2$; на трение $\lambda_t = 0,025$.

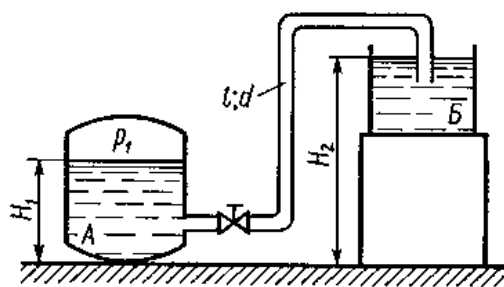


Рис.10

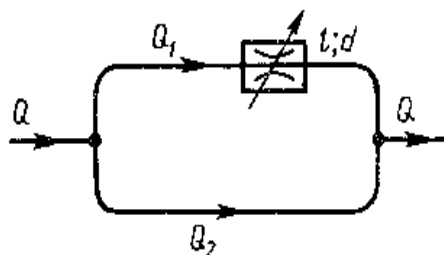


Рис.11

18. Даны расход в основной гидролинии (рис.11) $Q = 3$ л/с и размеры одинаковых по длине l и диаметру d параллельных ветвей ($l = 1$ м, $d = 10$ мм). В одной из них установлен дроссель с коэффициентом сопротивления $\xi = 9$. Считая режим течения турбулентным и приняв $\lambda_t = 0,03$, определить расходы в ветвях Q_1 и Q_2 .

19. На рисунке 12 показан сложный трубопровод. Определить расходы в каждом из простых трубопроводов, если их длины соответственно равны: $l_1 = 5$, $l_2 = 3$, $l_3 = 3$, $l_4 = 6$, а суммарный расход $Q = 6$ л/мин. Считать, что режим течения ламинарный, а диаметры трубопроводов одинаковы.

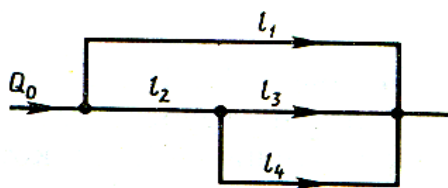


Рис.12

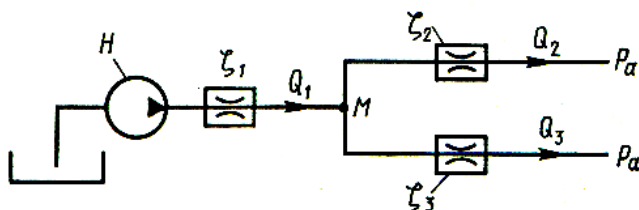


Рис.13

20. Насос обеспечивает расход $Q_1 = 0,6$ л/с по трубопроводу, в котором установлен дроссель (рис.13) с коэффициентом сопротивления $\xi_1 = 3$. В точке М трубопровод разветвляется на два трубопровода, один из которых содержит дроссель с коэффициентом сопротивления $\xi_2 = 10$, а другой - $\xi_3 = 40$. Пренебрегая потерями давления на трение по длине, определить расходы жидкости в ветвях и давление насоса. Диаметр труб $d = 10$ мм ($\rho = \rho_{\text{вод}}$; $\nu = 0,01$ Ст).

21. Определить толщину стенки прямой бесшовной трубы, подверженной внутреннему давлению $p = 20$ МПа, по следующим данным: материал трубы - сталь марки 20; внутренний диаметр трубы $d_v = 0,15$ м; температура среды $t = 50$ °С; среда - коррозионная.

22. Для трубопровода длиной $L = 3$ м определить толщину стенки при следующих условиях: внутренний диаметр трубы $d_v = 0,15$ м; внутреннее давление $p = 0,08$ МПа; материал трубы - сталь марки 20; температура среды $t = 20$ °С; среда - некоррозионная.

23. Определить толщину стенки прямой сварной трубы, подверженной внутреннему давлению $p = 23$ МПа, по следующим данным: материал трубы - сталь марки 10Г2С; внутренний диаметр трубы $d_v = 0,25$ м; температура среды $t = -50$ °С; среда - инертная.

24. Толщина стенки трубопровода размером 114×4 мм после 5 лет эксплуатации составляет 3 мм. Трубопровод работает под внутренним избыточным давлением $p = 0,5$ МПа и выполнен из стали ВСт.3. Скорость коррозии $\Pi = 0,1$ мм / год. Дайте рекомендации для дальнейшей эксплуатации трубопровода при заданных условиях.

25. Определить толщину стенки конического перехода с большим диаметром $D = 0,15$ м и углом наклона образующей $\alpha = 12^\circ$ при следующих условиях: внутреннее избыточное давление $p = 0,8$ МПа; материал – сталь 20; среда - коррозионная.

26. Определить толщину стенки конического перехода с большим диаметром $D = 0,25$ м и углом наклона образующей $\alpha = 18^\circ$ при следующих условиях: внутреннее избыточное давление $p = 0,3$ МПа; материал – сталь ВСт.3 ; среда - некоррозионная.

27. Определить толщину стенки плоской заглушки, установленной внутри трубопровода диаметром $d_v = 0,2$ м. Давление в трубопроводе $p = 1$ МПа; материал заглушки – сталь 20.

28. Определить толщину стенки плоской заглушки, приваренной к торцу трубы диаметром $d_v = 0,25$ м. Давление в трубопроводе $p = 1,2$ МПа; материал заглушки – сталь 15ХМ. Радиус скругления принять $r = 5$ мм.

29. Определить толщину стенки эллиптической бесшовной заглушки для трубопровода диаметром $d_v = 0,15$ м. Давление в трубопроводе $p = 12$ МПа; материал заглушки – сталь 10Г2С. Высота выпуклой части заглушки 43 мм.

30. Определить толщину стенки заглушки, устанавливаемой между двумя фланцами, диаметром $D = 0,065$ м. Давление в трубопроводе $p = 0,3$ МПа; материал заглушки – сталь ВСт.3; ширину уплотнительной прокладки принять $b = 2$ мм.

31. Определить необходимость применения компенсатора и его основные размеры для трубопровода 200×6 мм, выполненного из стали 20. Условное давление в трубопроводе $p_y = 0,4$ МПа; температура стенки трубопровода $t = 200$ °С.

32. Определить необходимость применения компенсатора и его основные размеры для трубопровода 500×6 мм, выполненного из стали 15ХМ. Условное

давление в трубопроводе $p_y = 1$ МПа; температура стенки трубопровода $t = 220$ °С.

33. Рассчитать осевое усилие, действующее на клапан вентиля с плоской уплотнительной поверхностью по следующим данным: расчетное давление $p = 0,6$ МПа; средний диаметр прокладки $D_{cp} = 110$ мм; материал прокладки – резина.

34. Рассчитать осевое усилие, действующее на клапан вентиля с конической уплотнительной поверхностью по следующим данным: расчетное давление $p = 0,8$ МПа; внутренний и наружный диаметр прокладки $D_v = 84$ мм, $D_n = 150$ мм; материал прокладки – резина.

35. Определить усилие вдоль шпинделя, необходимое для закрывания вентиля $D_y = 100$ мм; $p_y = 1,6$ МПа, конструкция и размеры которого, необходимые для расчета, приведены на рис. 14.

36. Определить момент на маховике, необходимый для закрывания вентиля $D_y = 100$ мм; $p_y = 1,6$ МПа, конструкция и размеры которого, необходимые для расчета, приведены на рис. 14. Усилие вдоль шпинделя $Q_0 = 232$ кН, сила трения в сальнике $T = 7,4$ кН; радиус шаровой опоры $R_r = 50$ мм; материал шпинделя – сталь Ст.5.

37. Определить усилие вдоль шпинделя, необходимое для закрывания задвижки $D_y = 800$ мм; $p_y = 2,5$ МПа, конструкция и размеры которой, необходимые для расчета, приведены на рис. 15.

38. Определить момент на маховике, необходимый для закрывания задвижки $D_y = 800$ мм; $p_y = 2,5$ МПа, конструкция и размеры которого, необходимые для расчета, приведены на рис. 15. Усилие вдоль шпинделя $Q_0 = 5370$ кН, материал шпинделя – сталь Ст.5.

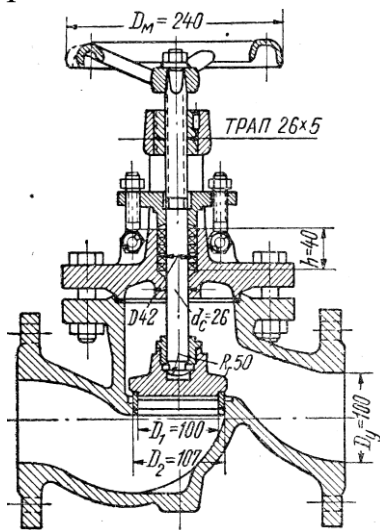


Рис. 14

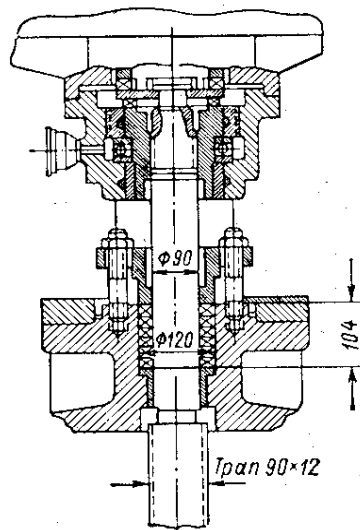


Рис. 15

39. Определить потерю давления на вентиле $D_v = 50$ мм при расходе воздуха $G = 1000$ кг/ч. Давление $P_v = 0,5$ МПа. Температура $t = 20$ °С. Коэффициент сопротивления вентиля $\xi = 4$.

40. Рассчитать размеры окон в смесительном клапане $D_v = 50$ мм с полым плунжером для смешивания горячей и холодной воды. Температура смеси с подъемом плунжера должна изменяться по линейному закону.

Исходные данные:

горячая вода ($t_1 = 80^\circ \text{C}$) $\Delta P_1 = 0,007$ МПа

холодная вода ($t_2 = 20^\circ \text{C}$) $\Delta P_2 = 0,04$ МПа

ход плунжера $h_{\text{п}} = 40$ мм

расход смеси $G = 9,4$ т/ч

Форму окон принять прямоугольную.