

Практическое занятие 6. Выбор и расчет узлов обвязки(регулирования) теплообменников

Расчет и подбор регулирующего клапана

Схемы установки регулирующего клапана в обвязке теплообменника показаны на рис.1.

- 1) Узел прямооточный с двухходовым клапаном, если переменный расход воды в системе холодоснабжения

Потери давления на двухходовом регулирующем клапане для устойчивого регулирования должны быть не менее половины от потерь давления на регулируемом участке. Так как на регулируемом участке основные потери давления в воздухоохладителе, то

$$\Delta P_{\kappa} \geq 1,2 \Delta P_{mo}.$$

Объемный расход воды через клапан $G = G_w / \rho_w \approx G_w / 1000$, м³/ч .

Определяем требуемое значение коэффициента пропускной способности клапана, м³/ч

$$k_v^{mp} = 10 \frac{G}{\sqrt{\Delta P_{\kappa}}}.$$

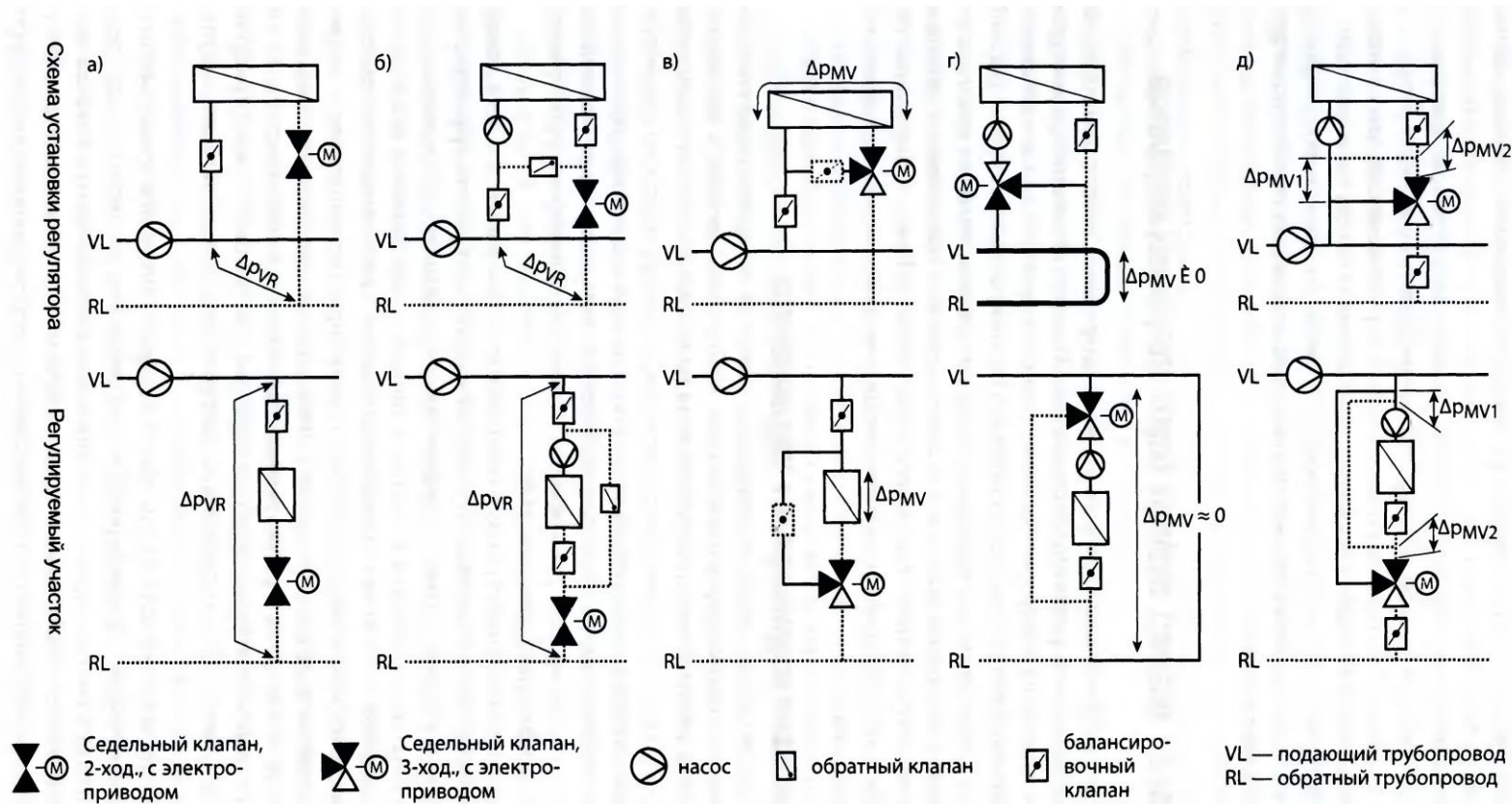
Рекомендуется принимать к установке клапан, у которого

$$k_{vs} \geq 1,2 k_v.$$

Выбираем типоразмер двухходового клапана по максимальному расходу воды через клапан G с условным коэффициентом пропускной способности для полностью открытого клапана k_{vs} близким меньшим по значению k_{vs}^{mp} .

Потери давления на балансировочном клапане при известном перепаде давления в точке подключения определяют

$$\Delta P_{\kappa\sigma} = \Delta P_{mv} - 1,2(\Delta P_{\kappa} + \Delta P_{mo}).$$



Δp_{VR} — потери давления в теплообменнике при номинальной нагрузке
 Δp_{MV} — потери давления в теплообменнике с переменным расходом при номинальной нагрузке

Фильтры и запорные клапаны не указаны.

Рис.1. Схемы установки регулирующего клапана в обвязке теплообменника: а) дроссельный контур; б) подмешивающий контур с дроссельным устройством; в) разделяющий контур; г) смешивающий контур; д) смешивающий контур с байпасом

2) Узел разделительный с трехходовым клапаном, если постоянный расход воды в системе холодоснабжения

Из условия: $\Delta P_{\kappa} \geq \Delta P_{mo}$ определяем необходимый перепад давления на трехходовом регулирующем клапане:

$$\Delta P = \Delta P_{mo} + 5.$$

Перепад давления в трехходовом регулирующем клапане в узле разделительном принимают в диапазоне от 5 до 50 кПа.

Определяют требуемое значение коэффициента условной пропускной способности клапана при его полном открытии:

$$k_v^{mp} = 10 \frac{G}{\sqrt{\Delta P_{\kappa}}}.$$

Подбираем трехходовой клапан по максимальному расходу воды g и условной пропускной способности при полностью открытом клапане k_{vs} близким меньшим по значению k_{vs}^{mp} .

Фактический перепад давления на клапане будет равен

$$\Delta P_{\kappa} = \left(\frac{10G}{k_{vs}} \right)^2.$$

Потери давления на балансировочном вентиле, устанавливаемом на перемычке при необходимости, определяют

$$\Delta P_{\sigma\sigma} = \Delta P_{mo}.$$

Потери давления в узле регулирования разделительном определяют по формуле

$$\Delta P_y = 1,2(\Delta P_{mo} + \Delta P_{\kappa}).$$

Потери давления на балансировочном клапане при известном перепаде давления в точке подключения определяют

$$\Delta P_{\kappa\sigma} = \Delta P_{mv} - 1,2(\Delta P_{\kappa} - \Delta P_{mo}).$$

Пример 1. Подобрать двухходовой регулирующий клапан, устанавливаемый на трубопроводе обвязки воздухоохладителя (рис. 1а). Перепад давления в точке подключения контура воздухоохладителя $\Delta P_{mv}=180$ кПа при номинальном расходе воды. Расход воды через воздухоохладитель $G = 6837$ кг/час. Температура воды начальная 7°C , температура воды конечная 12°C , плотность воды при средней температуре воды 10°C - $999,7$ кг/м³. Потери давления в воздухоохладителе $\Delta P_w = 34,6$ кПа, потери давления в трубопроводах $\Delta P_{тр} = 2,8$ кПа.

Объемный расход воды $G = G_w / \rho = 6837 / 999,7 = 6,84$ м³/час.

Определяем потери давления на двухходовом регулирующем клапане так, чтобы они были не менее половины от потерь давления на регулируемом участке. Так как на регулируемом участке основные потери давления в воздухоохладителе, то

$$\Delta P = 1,2 \Delta P_{mo} = 1,2 \cdot 34,6 = 41,52 \text{ кПа}.$$

Требуемое значение коэффициента пропускной способности клапана

$$k_v^{mp} = 10 \frac{G}{\sqrt{\Delta P}} = 10 \frac{6,84}{\sqrt{41,52}} = 10,6 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Требуемое значение коэффициента пропускной способности для полностью открытого клапана

$$k_{vs} = 1,2 k_v = 1,2 \cdot 10,6 = 12,72 \text{ м}^3 / \text{час}.$$

Выбираем типоразмер двухходового регулирующего клапана по максимальному расходу воды через клапан G с условным коэффициентом пропускной способности для полностью открытого клапана k_{vs} близким меньшим по значению k_{vs}^{mp} по номограмме на рис.2. Принимаем Диаметр клапана 32 мм с $k_{vs}=10 \text{ м}^3 / \text{час}$.

Фактический перепад давления на клапане будет равен

$$\Delta P_k = \left(\frac{10G}{k_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{10 \cdot 6,84}{10} \right)^2 = 46,8 \text{ кПа}.$$

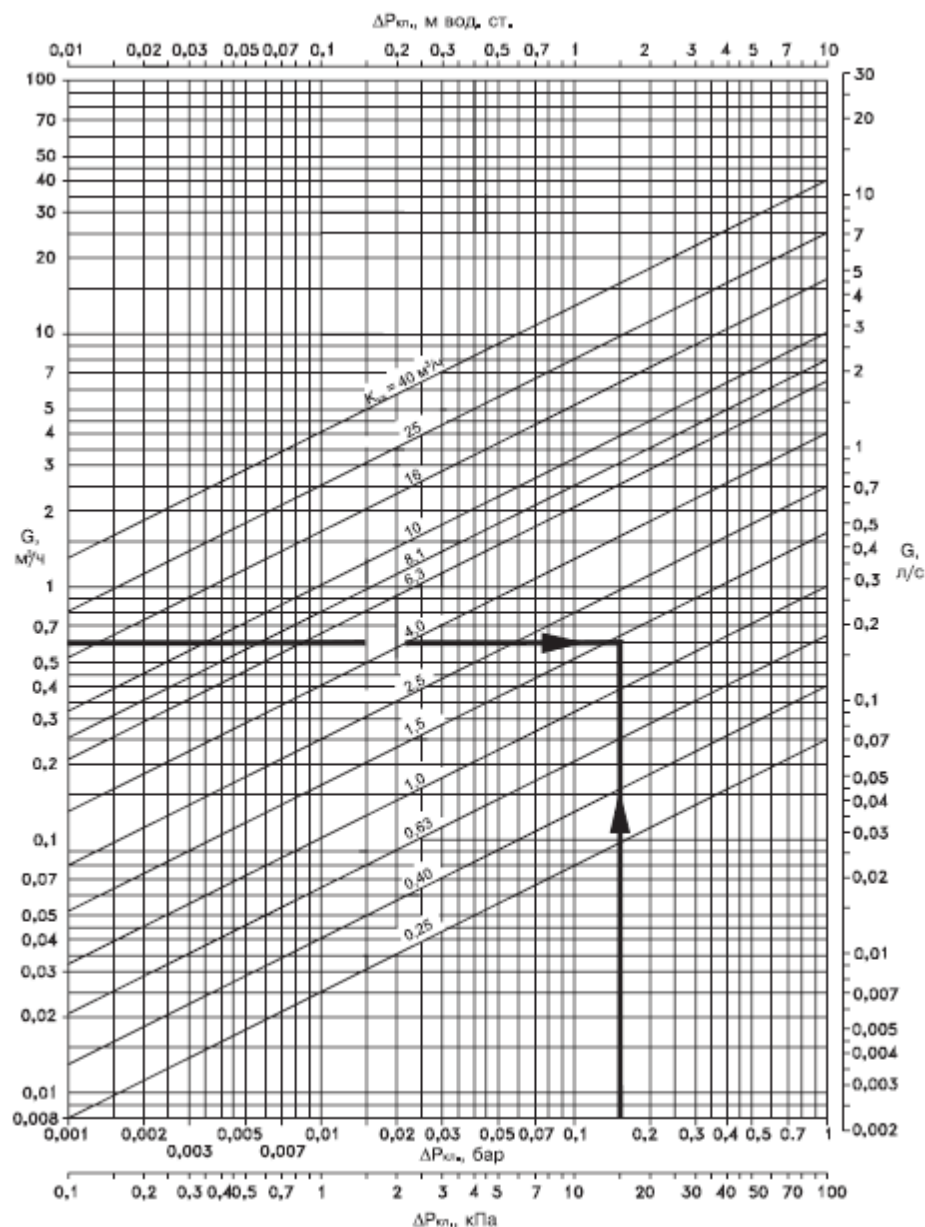


Рис.2. Диаграмма для выбора седельного проходного регулирующего клапана VM2

Пример 2. Подобрать трехходовой разделительный регулирующий клапан, устанавливаемый на трубопроводе обвязки воздухоохладителя (рис. 1в).

Перепад давления в точке подключения контура воздухоохладителя $\Delta P_{mv}=180$ кПа при номинальном расходе воды. Расход воды через воздухоохладитель $G = 19584$ кг/час. Температура воды начальная 7°C , температура воды конечная 12°C , плотность воды при средней температуре воды 10°C - $999,7$ кг/м³. Потери давления в воздухоохладителе $\Delta P_w = 37,2$ кПа, потери давления в трубопроводах $\Delta P_{тр} = 2,8$ кПа.

Объемный расход воды $q = G/\rho = 19584/999,7 = 19,59 \text{ м}^3/\text{час}$.

Из условия: $\Delta P_{v100} \geq \Delta P_{mv}$ определяют необходимый перепад давления на регулирующем клапане

$$\Delta P_{\kappa} = \Delta P_w + \Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{mv} = 37,2 + 2,8 = 40 \text{ кПа}.$$

Определяют требуемое значение коэффициента пропускной способности клапана

$$K_v = \frac{19584}{999,7} \sqrt{\frac{999,7}{10 \cdot 40}} = 30,97 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Подбирают седельный регулирующий клапан VRB3 диаметром $d_y=40$ мм с коэффициентом условной пропускной способности $K_v = 25,0 \text{ м}^3/\text{час}$. Клапан может быть подобран так же по диаграмме на рис. 2.

Фактический перепад давления на клапане будет равен

$$\Delta P_{\kappa} = \left(\frac{10G}{k_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{10 \cdot 19,59}{25} \right)^2 = 61,4 \text{ кПа}.$$

Подбирают ручной балансировочный клапан, устанавливаемый на подающем трубопроводе.

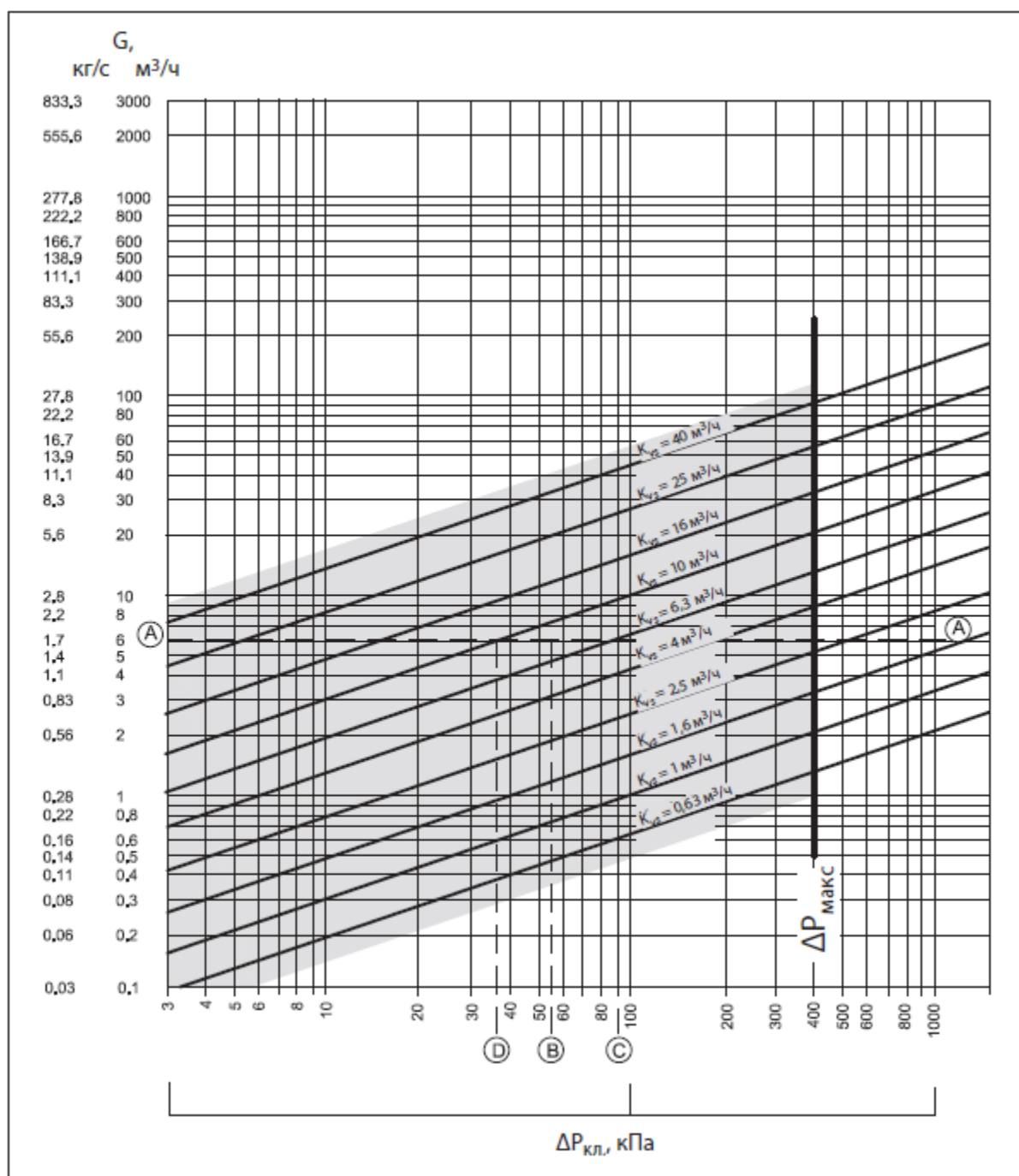


Рис.2. Диаграмма для выбора седельного трехходового регулирующего клапана VRB3

Диаметр балансировочного клапана принимают по диаметру трубопровода, так чтобы скорость движения воды не превышала 0,6 м/с. Для данного воздухоохладителя скорость движения воды в трубопроводе диаметром $d_y=125$ мм составляет 0,44 м/с. Принимаем диаметр клапана равный диаметру трубопровода.

Потери давления на ручном балансировочном клапане MNF составляют:

$$\Delta P_{\text{бк}} = \Delta P_{\text{mv}} - \Delta P_{\text{к}} - \Delta P_{\text{хв}} - \Delta P_{\text{тр}} = 180 - 61,4 - 37,2 - 2,8 = 78,6 \text{ кПа}$$

Требуемую пропускную способность клапана MNF определяют расчетом:

$$K_v = \frac{19584}{999,7} \sqrt{\frac{999,7}{10 \cdot 78,6}} = 22,09 \text{ м}^3/\text{час или по номограмме.}$$

Число оборотов шпинделя клапана немного меньше четырех, так как при числе оборотов шпинделя равном четыре коэффициент пропускной способности составит $K_v = 24,6 \text{ м}^3/\text{час}$.

Подбирают ручной балансировочный клапан, устанавливаемый на обводном трубопроводе.

Диаметр балансировочного клапана принимают $d_y = 125 \text{ мм}$

Потери давления на ручном балансировочном клапане MNF составляют:

$$\Delta P_{\text{бк}} = \Delta P_{\text{хв}} + \Delta P_{\text{тр}} = 37,2 + 2,8 = 40 \text{ кПа}$$

Требуемую пропускную способность клапана MNF определяют расчетом:

$$K_v = \frac{19584}{999,7} \sqrt{\frac{999,7}{10 \cdot 40,0}} = 30,97 \text{ м}^3/\text{час или по номограмме.}$$

Число оборотов шпинделя клапана немного меньше пяти, так как при числе оборотов шпинделя равном пяти коэффициент пропускной способности составит $K_v = 32,3 \text{ м}^3/\text{час}$.

Пример 3. Подобрать трехходовой регулирующий клапан для фэнкойла

Дано:

Нагрузка по холоду на фэнкойл $Q_x = 0,85 \text{ кВт}$.

Массовый расход воды через теплообменник фэнкойла

$$G = \frac{3,6 Q_x}{c \Delta t}, \text{ кг/час}$$

где Q_x – нагрузка по холоду, кВт.

Δt – перепад температур на входе и выходе из фэнкойла
принимаем 5°C .

$$G_w = \frac{0,85 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 5} = 146,2 \text{ кг / час}$$

Объемный расход воды $G = G_w / \rho = 146,2 / 1000 = 0,146 \text{ м}^3 / \text{час}$.

Перепад давления в теплообменнике для фэнкойла Delonghi FC10

$$\Delta p = 7,3 \text{ кПа.}$$

Подбираем трехходовой регулирующий клапан по номограмме так, чтобы перепад давления на регулирующем клапане был больше перепада давления в теплообменнике с учетом запаса на потери в трубопроводах, запорной арматуре.

При $G = 0,146 \text{ м}^3/\text{час}$ по номограмме на рис.3 определяем $K_{vs} = 0,4 \text{ м}^3/\text{год}$ регулирующего клапана диаметром $R \frac{1}{2}$ " (15 мм) и потери давления на клапане $\Delta p = 15 \text{ кПа}$. При $K_{vs} = 0,63 \text{ м}^3/\text{год}$ потери давления на клапане $\Delta p = 5,8 \text{ кПа}$. Поэтому, принимаем клапан с $K_{vs} = 0,4$.

Пример 4.

Требуется подобрать балансировочный и запорный клапаны для ответвления системы тепло-холодоснабжения фэнкойлов при следующих исходных данных:

1. Расчетный расход тепло-хладоносителя на участке, где устанавливается клапан $G = 1,89 \text{ м}^3/\text{ч}$;
2. Потери давления в ответвлении системы $\Delta P_{ct} = 15 \text{ кПа}$;
3. Располагаемый перепад давлений для второстепенного кольца (ответвления) $\Delta P_p = 45 \text{ кПа}$;
4. Диаметр условного прохода участка трубопровода $D_y = 32 \text{ мм}$.

Решение.

1. Выбор запорного клапана MSV-S.

Обычно диаметр клапана MSV-S принимают по диаметру участка, на котором он устанавливается. При этом потеря давления в клапане ΔP_{msv} должна быть как можно меньше и определяется по формуле

$$\Delta P_{msv} = \left(\frac{G}{k_v} \right)^2 = \left(\frac{1,89}{18} \right)^2 = 0,0116 \text{ бар} = 11 \text{ кПа} ,$$

где для клапана MSV-S $D_y = 32$ мм значение $K_v = 18$ м³/ч.

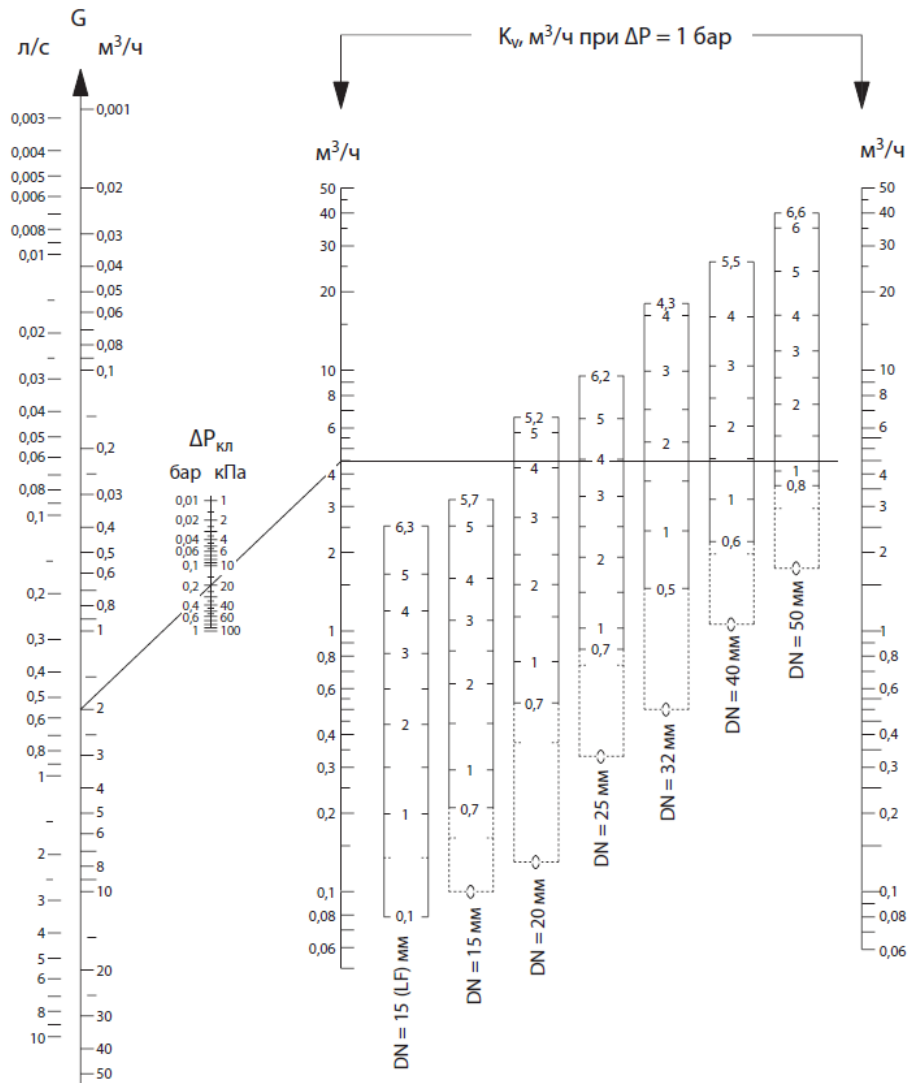


Рис.4. Диаграмма для выбора ручного балансировочного клапана LenoTM MVT

2.Выбор балансировочного клапана LenoTM MVT и его настройки.

Вычисляют требуемое значение потери давления в клапане MSV-I.

$$\Delta P_{\text{бкл}_1} = \Delta P_p - \Delta P_{\text{ст}} - \Delta P_{msv} = 45 - 15 - 18 = 12 \text{ кПа}.$$

Принимают диаметр клапана LenoTM MVT по диаметру стояка $D_y = 32$ мм. По номограмме на рис. 4 находят величину настройки клапана. Для этого соединяют точку расчетного расхода (1,89 м³/ч) на шкале G с точкой

вычисленной требуемой потери давления в клапане MVT (12 кПа) на шкале $\Delta P_{\text{кл}}$ и продолжают соединительную линию до шкалы K_v , где читают значение $K_v=5,3 \text{ м}^3/\text{ч}$. Более точно значение K_v можно определить по формуле

$$k_v = 10G \frac{1}{\sqrt{\Delta P}} = 10 \cdot 1,89 \frac{1}{\sqrt{12}} = 5,46 \text{ м}^3/\text{час}$$

Далее из этой точки проводят горизонтальную линию до пересечения с вертикальной шкалой настроек для клапана $D_y=32 \text{ мм}$, где находят значение настройки балансировочного клапана MVT, равное 2,4.

Выбор клапанов при использовании в системе водного раствора этиленгликоля производят по номограммам для воды с поправкой на расход "К", принимаемой по таблице 1.

Поправочный коэффициент на расход в зависимости от концентрации
ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Таблица 1

Водный раствор этиленгликоля, %	0	10	20	30	40	50	60	70
Коэффициент К	1.0	0,983	0,968	0,953	0,939	0,925	0,912	0,899

Пример5.

Определить настройку MVT $D_y=32 \text{ мм}$ при расходе 30%-ного раствора этиленгликоля $G=2,23 \text{ м}^3/\text{ч}$ и требуемой потере давления в клапане $\Delta P=30 \text{ кПа}$.

Настройка "1,3" находится по номограмме при расчетном расходе воды G воды $= K G_{\text{глик}} = 0,953 \cdot 2,23 = 2,12 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При подборе регулирующего трехходового клапана с двухпозиционным регулированием «открыто-закрыто» получено:

потери давления на прямом ходе клапана $\Delta P=4,7 \text{ кПа}$, на байпасе $\Delta P=7,0 \text{ кПа}$, потери давления на теплообменнике 14,4 кПа, в трубопроводах 0,5 кПа.

Общие потери давления на регулируемом участке 19,6 кПа. При закрытии клапана на проход потери давления в кольце через байпас будут меньше 7,0

кПа, расход хладоносителя увеличиться, а на параллельных участках уменьшится. Допускается не ставить балансировочный клапан на байпасе, если потери давления на теплообменнике фэнкойла и трубопроводах меньше 25% от общих потерь давления на регулируемом участке. В данном случае доля потерь давления составляет 76%, что больше, чем рекомендуемое. Для того, чтобы обеспечить равенство потерь давления на регулируемом участке и на байпасе, на последнем следует установить балансировочный клапан MVT. Клапан устанавливается по диаметру трубопровода 15 мм, настройка клапана определяется по величине пропускной способности:

Потери давления на клапане должны быть равны:

$$19,6 - 7 = 12,6 \text{ кПа.}$$

Расход воды через клапан равен расходу воды через фэнкойл 0,47 м³/час.

Вычисляют коэффициент условной пропускной способности

$$k_v = 10G \frac{1}{\sqrt{\Delta P}} = 10 \cdot 0,47 \frac{1}{\sqrt{12,6}} = 1,32 \text{ м}^3 / \text{час} \quad .$$

При диаметре 15 мм принимают настройку клапана 3,7, которой соответствует $k_v = 1,3 \text{ м}^3 / \text{час}$.