УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

организации п/я А-3398

_____ А.А.Зак

"18." 09 1984 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

РАСЧЕТ И ВЫБОР РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ	РД РТМ 26-07- 256 -84 Вводится впервые

Приказом организации п/я А-3398 от "18" сентября 1984 г. №7-4/12-1836 срок действия установлен с "1" января 1985 г. до "1" января 1990 г.

② Снять ограничение срока действия.

Настоящий руководящий технический материал распространяется на регулирующую арматуру (РА) различного типа (односедельные и двухседельные клапаны, шаровые краны, затворы дисковые), применяемую в различных гидравлических системах (ГС) локальных автоматических систем регулирования технологическими процессами, работающих на однофазных средах в широком диапазоне режимов течения от ламинарного режима до развитой кавитации для несжимаемой жидкости и до критических режимов течения для сжимаемой жидкости (газа).

Руководящий технический материал устанавливает критерии выбора типа РА в зависимости от технических требований, условий и параметров эксплуатации и приводит методику расчета и выбора условной пропускной способности, расходной характеристики и условного прохода РА с учетом структурных особенностей ГС, представляющих последовательное и параллельное соединение РА с гидравлической линией ГС.

23-86 9.06 Л57

gost.e-ecolog.ru

Номенклатура РА, из которой производится выбор, приведена в табл.I приложения I.

Руководящий технический материал предназначен для предприятий, занимающихся проектированием и выбором арматуры, а также проектированием систем автоматического управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

I. ЗАДАЧИ РАСЧЕТА

I.I. Расчет и выбор РА при работе на несжимаемой среде при последовательной и параллельной установке ее в ГС включает в себя:

- определение параметров ГС:
- определение условного прохода РА и ее условной пропускной способности;
- проверку РА на возникновение скачка акустического шума и бескавитационного режима работы;
- определение расходной характеристики РА.

I.2. Расчет и выбор РА при работе на сжимаемой среде при последовательной и параллельной установке ее в ГС включает в себя:

- определение параметров ГС;
- определение условного прохода РА и ее условной пропускной способности;
- проведение уточненного (проверочного) расчета выбора РА по газодинамическим функциям;
- определение расходной характеристики РА.

2. КРИТЕРИИ ВЫБОРА РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ

Выбор РА следует производить по технико-эксплуатационным параметрам и по критериям, полученным расчетным путем, позволяющим определить наиболее оптимальный тип РА для конкретной технологичес-

23-86 9.06 ЦТ

кой линии.

2.I. Технико-эксплуатационные параметры.

2.I.I. Технико-эксплуатационные параметры включают в себя:

- рабочее давление
- перепад давления
- температуру рабочей среды
- вид рабочей среды
- максимальную пропускную способность
- герметичность в затворе
- минимальную строительную длину
- минимальную массу.

2.I.2. Технико-эксплуатационные параметры позволяют в начальной стадии расчета ориентировочно определить тип РА, для которой следует проводить гидравлический расчет.

2.I.3. Предпочтительное применение типа РА в зависимости от технико-эксплуатационных параметров приведено в табл.2 приложения I.

2.2. Расчетные критерии

2.2.I. Максимально возможный массовый расход источника напора ($max\ Q_{мо}$) должен быть не менее максимального массового расхода на входе в объект регулирования, необходимый по технологическому регламенту ($Q_{м\ max}$)

$$max\ Q_{мо} \geqslant n_к\ Q_{м\ max}\ , \qquad (2.I)$$

где $n_к$ - коэффициент запаса (не менее I,2).

2.2.2. Минимально возможный массовый расход источника напора через прямую ветвь при параллельной установке РА в ГС должен быть меньше минимального массового расхода на входе объекта регулиро-

23-86 9.06.87

вания, что обеспечивает качественное регулирование

$$Q_{м\,min} \geq n_к \, min\, Q_м \,, \qquad (2.2)$$

где $n_к$ – коэффициент запаса (не менее 1,2).

2.2.3. Уровень шума при эксплуатации должен быть минимальным. Это требование эквивалентно ограничению перепада давления на РА (ΔP (I)) величиной перепада давления при котором происходит скачок акустического шума ($\Delta P_а$)

$$\Delta P_а \geq \Delta P(1) \,. \qquad (2.3)$$

2.2.4. Максимальный перепад давления на РА при течении несжимаемой жидкости ($\Delta P_{бк}$) ограничивается эффектами кавитации. Кавитации не будет, если

$$\Delta P_{бк} \geq \Delta P(1) \,. \qquad (2.4)$$

2.2.5. Предельный перепад давления на РА в условиях кавитации ($\Delta P_{кав}$) определяется эффектом "запирания"

$$\Delta P_{кав} \geq \Delta P(1) \,. \qquad (2.5)$$

2.2.6. Предельное отношение давлений на границе РА при течении сжимаемой жидкости $\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{кр}$ определяемое условиями критических режимов течения в сжатом сечении РА, не должно превышать расчетного отношения давлений

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{кр} \leq \left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{расч.} \,. \qquad (2.6)$$

2.2.7. Размер входного диаметра РА следует выбирать по критерию

$$D_{тр} \geq D_у \geq 0{,}25\, D_{тр} \,. \qquad (2.7)$$

2.2.8. Среди "i" допустимых по условному диаметру РА выбирается такая, расходная характеристика которой в диапазоне измене-

23-86 9.06

ния хода от ℓ_{min} до ℓ_{max} имеет минимальный максимум отклонения расчетного коэффициента усиления (K_{yi}) от "идеального" (K_{yu})

$$\Delta K_{min} = min \left\{ max | K_{yu} - k_{yi} |_{\ell_{min} - \ell_{max}} \right\} . \quad (2.8)$$

На абсолютное значение минимума не накладывается никаких ограничений, т.е. выбирается РА, которая обеспечивает наилучшую форму расходной характеристики.

3. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

3.1. Условные обозначения основных величин

Обозначение величин дается по рекомендациям международной организации по стандартизации (ИСО), Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ), а также по рекомендациям, установленным Государственными стандартами СССР.

Q_{M0} – массовый расход среды на входе объекта регулирования, кг/с

$Q_{M\,max}$ – максимальный массовый расход среды на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с

$Q_{M\,min}$ – минимальный массовый расход среды на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с

$Q_M(\ell)$ – массовый расход среды на входе объекта регулирования при фиксированном положении регулирующего элемента, кг/с

$Q_M(1)$ – максимальный массовый расход среды через объект регулирования при полностью открытом регулирующем элементе, кг/с

q_o – относительный массовый расход среды на входе объекта регулирования

23-86 9.06 157

$Q_{мн}$ – массовый расход источника напора при параллельной установке РА в ГС, кг/с

$Q_{мп}$ – массовый расход среды через прямую ветвь ГС при параллельной установке РА в ГС, кг/с

$Q_{мб}$ – массовый расход среды через боковую ветвь ГС при параллельной установке РА в ГС, кг/с

$max\,Q_{мо}$, $max\,Q_{мн}$ – максимально возможный массовый расход источника напора в данной ГС, кг/с

$min\,Q_{мп}$ – минимально возможный массовый расход через прямую ветвь при параллельной установке РА в ГС, кг/с

$max\,Q_{мб}$ – максимально возможный массовый расход через боковую ветвь при параллельной установке РА в ГС, кг/с

P_1 – абсолютное статическое давление на входе конфузора, Па

P_2 – абсолютное статическое давление на выходе диффузора, Па

$P_1^р$ – абсолютное статическое давление на входе РА (в случае отсутствия конфузора $P_1^р = P_1$), Па

$P_2^р$ – абсолютное статическое давление на выходе РА (в случае отсутствия диффузора $P_2^р = P_2$), Па

$P_б$ – абсолютное статическое давление над уровнем жидкости в баке, Па

$P_н$ – абсолютное статическое давление на выходе источника напора, Па

$P_к$ – абсолютное статическое давление на выходе из ГС, Па

$P_р$ – абсолютное статическое давление в точке разветвления гидравлической системы, Па

$P_{ат}$ – атмосферное давление, Па

$P_{нп}$ – абсолютное давление насыщенных паров при температуре на входе РА, Па

$P_г$ – абсолютное статическое давление, при котором в сжатом сечении из жидкости выделяется газ, Па

23-86 5.06 Л7

$P_{сж}$ – абсолютное статическое давление в сжатом сечении диафрагмы, Па

$P_{кр}$ – абсолютное статическое давление в сжатом сечении РА при критическом режиме течения сжимаемой среды, Па

P^* – давление торможения, Па

P_0^* – давление торможения в сжатом сечении, РА, ПА

$(\Delta P_{РА})_р$ – перепад давления на РА, Па

$\Delta P(\ell)$ – перепад давления на участке ГС, включающем в себя РА, конфузор, диффузор и диафрагму при фиксированном положении регулирующего элемента, Па

$\Delta P(1)$ – номинальное значение перепада давления при полностью открытом регулирующем элементе, Па

ΔP_a – перепад давления, соответствующий скачку акустического шума, Па

$\Delta P_{бк}$ – перепад давления, соответствующий началу кавитации, Па

$\Delta P_{кав}$ – перепад давления, соответствующий режиму "запирания", Па

$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{кр}$ – предельное отношение давлений при течении сжимаемой жидкости

T_1 – температура среды на входе РА, К

T_1^* – температура торможения, К

$T_{кр}$ – температура среды в сжатом сечении при критическом режиме течения, К

$Z_б$ – удельная потенциальная энергия положения уровня жидкости в баке, м

$Z_н$ – удельная потенциальная энергия положения нагнетательного патрубка источника напора, м

$Z_к, Z_{к1}, Z_{к2}$ – удельные потенциальные энергии положения на границах $Г^С$, м

$Z_р$ – удельная потенциальная энергия положения в точке разветвления, м

23-86 9.06.85

Z_1, Z_2 – удельные потенциальные энергии положения входного и выходного патрубков РА, м

$C_{k\Sigma}$ – квадратичный модуль ГС, $м^{-4}$

C_{ki} – квадратичный модуль i-ого сопротивления, $м^{-4}$

C_{ktpi} – квадратичный модуль i-го участка трубопровода, $м^{-4}$

$C_{k\text{ш}}$ – квадратичный модуль диафрагмы, $м^{-4}$

$C_k(1)$ – номинальное значение квадратичного модуля РА при полностью открытом регулирующем элементе, $м^{-4}$

$C_k(\ell)$ – квадратичный модуль РА для фиксированных положений регулирующего элемента, $м^{-4}$

C_{kK} – квадратичный модуль конфузора на входе РА, $м^{-4}$

$C_{kд}$ – квадратичный модуль диффузора на выходе РА, $м^{-4}$

$C_{kв}$ – квадратичный модуль всасывающей линии, $м^{-4}$

C_{k1} – квадратичный модуль участка ГС: при последовательной установке РА в ГС – от источника напора до РА, $м^{-4}$; при параллельной установке РА в ГС – от точки разветвления до РА, $м^{-4}$

C_{k2} – квадратичный модуль участка ГС после РА, $м^{-4}$

$C_{kп}$ – квадратичный модуль прямой ветви при параллельной установке РА в ГС, $м^{-4}$

$C_{kн}$ – квадратичный модуль участка ГС от источника напора до точки разветвления, $м^{-4}$

$C_{л\Sigma}$ – модуль вязкости системы, $м^{-3}$

$C_{лi}$ – модуль вязкости i-ого сопротивления, $м^{-3}$

$C_{лтр}i$ – модуль вязкости i-ого участка трубопровода, $м^{-3}$

$C_{лK}$ – модуль вязкости конфузора на входе РА, $м^{-3}$

$C_{лд}$ – модуль вязкости диффузора на выходе РА, $м^{-3}$

$C_{лв}$ – модуль вязкости всасывающей линии, $м^{-3}$

$C_{л1}$ – модуль вязкости участка ГС: при последовательной установке РА в ГС – от источника

напора до РА, $м^{-3}$

при параллельной установке РА в ГС – от точки разветвления до РА, $м^{-3}$

$C_{л2}$ – модуль вязкости участка ГС после РА, $м^{-3}$

$C_{лп}$ – модуль вязкости прямой ветви при параллельной установке РА в ГС, $м^{-3}$

$C_{лн}$ – модуль вязкости участка ГС от источника напора до точки разветвления, $м^{-3}$

$C_л(1)$ – модуль вязкости РА при полностью открытом регулирующем элементе, $м^{-3}$

$D_у$ – условный проход РА, м

$D_с$ – диаметр седла РА, м

$D_{тр}$ – условный проход трубопровода, м

$L_{трi}$ – длина i-ого участка трубопровода, м

L_1, L_2 – длина прямых участков трубопровода до и после РА соответственно, м

$\ell_к$ – длина конфузора, м

$\ell_д$ – длина диффузора, м

L_1, L_2 – длина прямых участков трубопровода до и после диафрагмы соответственно, м

$\ell_{РА}$ – строительная длина РА, м

$\lambda_{тр}$ – коэффициент гидравлического трения

$S_н$ – площадь сечения нагнетательной линии, м

$S_{тр}$ – площадь сечения условного прохода трубопровода, м

S_1 – площадь сечения входного патрубка РА или местного гидравлического сопротивления, м

S_2 – площадь сечения выходного патрубка РА или местного гидравлического сопротивления, м

$S_у$ – площадь сечения условного прохода РА, м

$S_с(\ell)$ – минимальная площадь между регулирующим элементом и седлом

при фиксированном положении регулирующего элемента (конструктивная характеристика), $м^2$

$S_c(1)$ – максимальная площадь между регулирующим элементом и седлом при полностью открытом регулирующем элементе, $м^2$

ℓ – относительный ход регулирующего элемента

$\mathcal{Ж}_o$ – смоченный периметр сжатого прохода РА, мм

$\mathcal{Ж}_y$ – смоченный периметр условного прохода РА, мм

$n_{сдоп}$ – коэффициент запаса по расходу в ГС

$n_к$ – коэффициент запаса по расходу РА

K_a – акустический коэффициент РА

K_c – коэффициент начала кавитации

$K_м$ – коэффициент кавитации ("запирания")

$K_у$ – коэффициент усиления

$C_f^б$ – фактор критического расхода при течении воздуха

$C_f^г$ – фактор критического расхода при течении сжимаемой жидкости

$C_г, M_г$ – эмпирические постоянные газа

$Г_г$ – газовая характеристика РА

$m_ш$ – модуль диафрагмы

α – коэффициент расхода диафрагмы

$\zeta_{вх}$ – коэффициент сопротивления в турбулентном режиме течения между входным и сжатым сечениями, отнесенный к площади входного сечения РА

$\zeta_{ту}$ – коэффициент сопротивления в развитом турбулентном режиме течения, отнесенный к площади условного прохода РА

K_{vo} – начальная пропускная способность, $м^3/ч$

K_{vy} – условная пропускная способность, $м^3/ч$

g – ускорение силы тяжести, м/с

ρ_o – плотность среды при нормальных условиях ($T_o = 273К$, $P_o = 1{,}0132 \cdot 10^5 Па$), $кг/м^3$

23-86 9.06 Л57

ρ – плотность среды при рабочих условиях, кг/м^3

ν – коэффициент кинематической вязкости, м^2/с

η_t – коэффициент динамической вязкости при температуре T_1, Па·с

η_0 – коэффициент динамической вязкости при 0°С, Па·с

κ – показатель адиабаты

R – универсальная газовая постоянная, Дж/кг·град

c_p – удельная теплоемкость газа при постоянном давлении, Дж/кг·град

K' – коэффициент отклонения реального газа от идеального при $\left(\frac{P}{P_{кр}}; \frac{T}{T_{кр}}\right)$

V_1 – скорость потока на входе РА, м/с

$a_{кр}$ – критическая скорость газа на входе РА, м/с

λ_j – коэффициент скорости сжимаемой жидкости, равный отношению скорости на входе РА к критической

$\pi(\lambda_j), q(\lambda_j), j^*(\lambda_j)$ – газодинамические функции

La_{λ} – критерий Лагранжа

Re – число Рейнольдса.

3.2. Основные термины и их определения

Термины	Содержание термина
Квадратичный модуль C_K, м$^{-4}$	Мера гидромеханического рассеивания энергии потока за счет проявления сил инерции, которая определяется по соотношению $C_K = \frac{\zeta_{ту} + \left(\frac{S_y}{S_2}\right)^2 - \left(\frac{S_y}{S_1}\right)^2}{2 S_y}$

23-86 9.06

Термины	Содержание термина
Модуль вязкости $C_л$, $м^{-3}$	Мера гидромеханического рассеивания энергии потока за счет проявления сил вязкого трения, которая определяется по соотношению $C_л = \frac{La\ лч}{\delta_y\ D_y}$
Кавитационные параметры	Параметры, задающие границы бескавитационных режимов течения жидкости через РА и режимы, при которых расход жидкости через РА не изменяется при увеличении перепада давления
Акустический коэффициент K_a	Параметр РА, задающий границу возникновения акустического скачка шума в РА
Кавитационный параметр K_c	Параметр РА, отражающий начало кавитационных разрушений РА
Параметр запирания $K_м$	Параметр РА, задающий границу "запирания" арматуры, при которой увеличение перепада давления на РА не ведет к увеличению расхода
Газовые параметры	Параметры РА, задающие границу критических режимов течения сжимаемой жидкости, при которой в сжатом сечении РА возникает скорость, близкая к критической
Фактор критического расхода при течении воздуха $C_f^в$	Параметр РА, задающий границу критических режимов течения воздуха в сжатом сечении РА

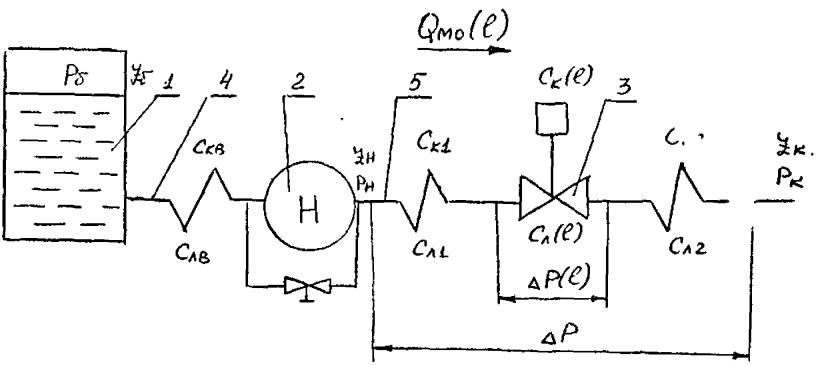
23-86 9.06.87

Термины	Содержание термина
Фактор критического расхода при течении сжимаемой жидкости C_f^r	Параметр РА, задающий границу критических режимов течения сжимаемой жидкости в сжатом сечении арматуры $C_f^r = C_f^B \sqrt{\frac{K}{0{,}469}\left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}}$
Коэффициент сопротивления ζ_i	Мера интенсивности рассеивания энергии потока в РА, определяемая экспериментально по соотношению $\zeta_i = \frac{2\Delta P}{Q_c^2 \rho} \cdot S_i^2$ где S_i – площадь сечения, в котором рассчитывается скорость, $м^2$; Q_c – объемный расход среды, $м^3/с$; ΔP – перепад давления на РА, Па; ρ – плотность среды, $кг/м^3$
Пропускная способность K_v, $м^3/ч$	Величина, численно равная расходу среды (в $м^3/ч$) с плотностью 1000 $кг/м^3$, протекающей через РА при перепаде давления 1 $кг/см^2$
Критерий Лагранжа $La_{лу}$	Отношение сил давления к силам вязкого трения. В режиме ламинарной автомодельности, т.е. при изменении чисел Рейнольдса от 0 до 40 $La_{лу} = const.$
Расходная характеристика	Зависимость расхода среды через объект регулирования от хода регулирующего элемента
Коэффициент усиления K_y	Отношение изменения относительного расхода среды через объект регулирования к изменению относительного хода регулирующего элемента

Спр 90.6 98-32

4. РАСЧЕТ И ВЫБОР РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ЕЕ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

4.I. Схема установки РА в ГС приведена на рис.I



I - бак; 2 - источник напора; 3 - РА; 4 - всасывающая линия ГС; 5 - нагнетательная линия

Рис.I

4.2. Среда - несжимаемая жидкость

4.2.I. Определение параметров гидравлической цепи.

4.2.I.I. Расчет квадратичных модулей гидравлической цепи состоящей из " n " местных сопротивлений и " h " участков трубопровода проводится по формулам:

$$C_{к\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} C_{ki} + \sum_{i=1}^{n} C_{ктрi} \quad , \qquad (4.I)$$

где

$$C_{ki} = \frac{\zeta_{ту} + \left(\frac{S_у}{S_2}\right)^2 - \left(\frac{S_у}{S_1}\right)^2}{2 S_у} \qquad (4.2)$$

В качестве $S_у$ необходимо взять площадь условного прохода патрубка с меньшим значением геометрической площади (входной S_1 или выходной S_2).

$$C'_{\kappa тр i} = \frac{\lambda_{тр}\left(\frac{L_{тр i}}{D_{тр i}}\right)}{2\,S_{тр}^2}, \qquad (4.3)$$

где $\lambda_{тр}$ выбирается по справочникам.

4.2.I.2. Расчет модуля вязкости гидравлической цепи, состоящей из "n" местных сопротивлений и "h" участков трубопровода, проводится по формулам:

$$C_{\Lambda\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} C_{\Lambda i} + \sum_{i=1}^{h} C_{\Lambda тр i}, \qquad (4.4)$$

$$C_{\Lambda i} = \frac{L_{\alpha\Lambda у}}{S_у \cdot D_у}, \qquad (4.5)$$

где $L_{\alpha\Lambda у}$ определяется из табл.3 приложения I,

$$C'_{\Lambda тр i} = \frac{32\left(\frac{L_{тр i}}{D_{тр i}}\right)}{S_{тр} \cdot D_{тр}}. \qquad (4.6)$$

4.2.I.3. Расчет максимально возможного расхода через ГС проводится по формуле:

$$max\,Q_{mo} = \sqrt{\left(\frac{A_1'}{2A_2'}\right)^2 + \left(\frac{A_0'}{A_2'}\right)} - \left(\frac{A_1'}{2A_2'}\right), \qquad (4.7)$$

где A_0', A_1', A_2' – вспомогательные величины, рассчитываемые по формулам:

$$A_0' = (P_б - P_к)\rho + (A_0 + \gamma_б - \gamma_к)g\rho^2, \qquad (4.8)$$

$$A_1' = \eta_t\left(C_{\Lambda в} + C_{\Lambda 1} + C_{\Lambda 2} + C_{\Lambda к} + C_{\Lambda g}\right) + 3{,}6\cdot10^3 g A_1, \qquad (4.9)$$

$$A_2' = C_{кв} + C_{к1} + C_{к2} + C_{кк} + C_{кg} + 0{,}5S_н^{-2} - (3{,}6\cdot10^3)^2 g A_2, \qquad (4.10)$$

где $(3{,}6\cdot10^8)$ – коэффициент, учитывающий перевод размерности расхода из м³/ч в м³/с;

$C_{кк}, C_{кg}, C_{\Lambda к}, C_{\Lambda g}$ – в первом приближении равны нулю.

$$A_0 = n_{max}Q_{ср}Q_{max} + n_{ср}Q_{min}Q_{max} + n_{min}Q_{min}Q_{ср}, \qquad (4.11)$$

$$A_1 = n_{max}(Q_{ср}+Q_{max}) + n_{ср}(Q_{min}+Q_{max}) + n_{min}(Q_{min}+Q_{ср}), \qquad (4.12)$$

$$A_2 = n_{max} + n_{ср} + n_{min}, \qquad (4.13)$$

23-86 9.06.87

где $n_{max} = \frac{H_{max}}{(Q_{min} - Q_{ср})(Q_{min} - Q_{max})}$,

$n_{ср} = \frac{H_{ср}}{(Q_{ср} - Q_{min})(Q_{ср} - Q_{max})}$,

$n_{min} = \frac{H_{min}}{(Q_{max} - Q_{min})(Q_{max} - Q_{ср})}$,

где $H_{min}, H_{ср}, H_{max}, Q_{min}, Q_{ср}, Q_{max}$ – значения напоров и расходов, характеризующих насос, выбираются из каталогов насосов.

Если в ГС последовательно установлено несколько насосов параметры A_0, A_1, A_2 рассчитываются по формулам:

$$A_0 = \sum_{i=1}^{n} A_{0i} , \qquad (4.14)$$

$$A_1 = \sum_{i=1}^{n} A_{1i} , \qquad (4.15)$$

$$A_2 = \sum_{i=1}^{n} A_{2i} , \qquad (4.16)$$

где A_{0i}, A_{1i}, A_{2i} – значения коэффициентов для i -го насоса.

4.2.I.4. Проверка правильности выбора насоса проводится по критерию

$$\frac{max\, Q_{no}}{Q_{M\,max}} \geqslant n_{cдоп} , \qquad (4.17)$$

где $n_{cдоп}$ не менее I,2.

Если это ограничение не выполняется, то необходимо выбрать другой насос.

4.2.2. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА.

4.2.2.I. Расчет минимального квадратичного модуля РА проводится по формуле:

$$S_{кmin} = (A_0' - A_1' Q_{Mmax})(Q_{Mmax}^2 - A_2') = \qquad (4.18)$$

$$= \frac{\Delta P_{(Q_{Mmax})} \cdot \rho}{Q_{M\,max}^2}$$

23-80 9.06.87

По полученному значению C_{Kmin} из табл.I приложения I выбираем ближайший меньший квадратичный модуль РА $C_K(1) \leq C_{Kmin}$ Этому модулю соответствует определенная РА, которая характеризуется следующими параметрами D_y, K_{vy}, $C_K(1)$, $C_\Lambda(1)$, D_c, $S_0(1)$.

При этом должны выполняться условия:

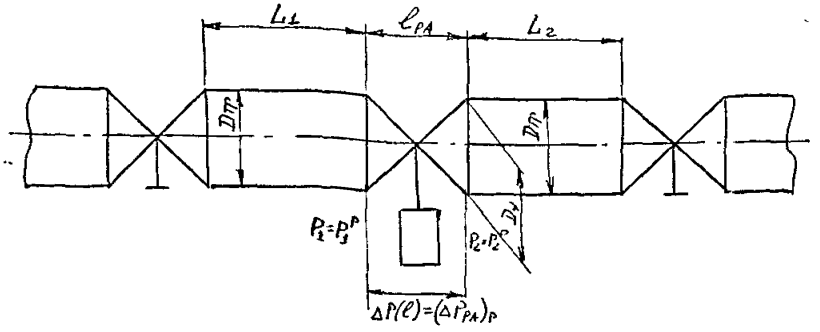
$$D_{Tp} \geq D_y \geq 0{,}25\, D_{Tp} \quad . \qquad (4.19)$$

При $D_y \neq D_{Tp}$ необходимо учесть наличие конфузора ($\alpha_K = 30^\circ$) и диффузора ($\alpha_g = 15^0$);

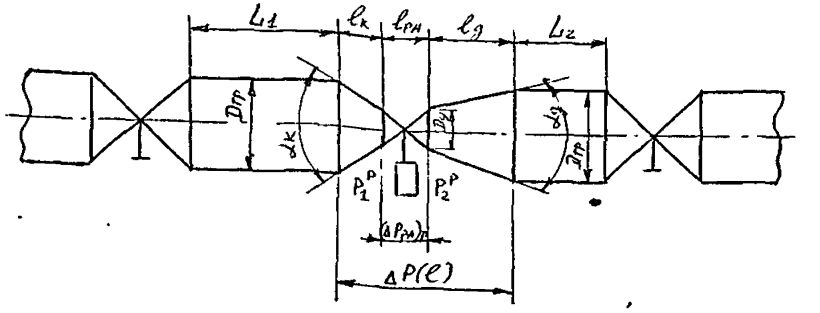
$$C_K(1) + \frac{\eta C_\Lambda(1)}{Q_{mmax}} = C_{Kp} \leq \frac{C_{Kmin}}{n^2_{\text{доп}}} \quad . \qquad (4.19a)$$

4.2.2.2. Схема обвязки РА приведена на рис.2.

I вариант ($D_{Tp} = D_y$)



II вариант (D_y меньше D_{Tp})



23-86 9.06 Л5

Ш вариант (Схема защиты РА от кавитации с помощью диафрагмы)

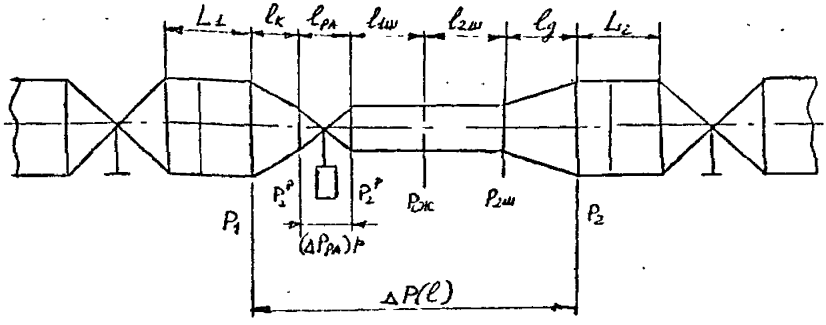


Рис.2

4.2.2.3. Основные размеры обвязки РА определяются соотношениями:

$$l_к = 1,83\,(D_{тр} - D_у)\,, \qquad (4.20)$$

$$l_д = 3,80\,(D_{тр} - D_у)\,. \qquad (4.21)$$

В случае выбора односедельного и двухседельного клапанов или дисковых затворов при установке диафрагмы

$$\frac{l_{1ш}}{D_у} = 22,2\,m_ш^2 + 1,11\,m_ш + 8,82\,. \qquad (4.22)$$

В случае выбора шарового крана при установке диафрагмы

$$\frac{l_{1ш}}{D_у} = 10\,m_ш + 4\,. \qquad (4.23)$$

Независимо от типа РА при установке диафрагмы

$$\frac{l_{2ш}}{D_у} = 4,11 + 9,44\,m_ш - 5,56\,m_ш^2\,. \qquad (4.24)$$

4.2.2.4. Расчет квадратичных модулей и модулей вязкости конфузора и диффузора $C_{кк}, C_{кд}, C_{лк}, C_{лд}$ проводится по формулам (4.1) + (4.6).

4.2.2.5. Уточнение значений коэффициентов A_0', A_1', A_2'

23-86 9.06.87

проводится по формулам (4.8) + (4.10).

4.2.2.6. Расчет максимального расхода профодится по формуле:

$$Q_M(1) = \sqrt{B_1^2(1) + B_0(1)} - B_1(1), \qquad (4.25)$$

где $$B_0(1) = \frac{A_c'}{C_K(1) + A_2'}, \qquad (4.26)$$

$$B_1(1) = \frac{\eta_1 C_K(1) + A_1'}{2[C_K(1) + A_2']}. \qquad (4.27)$$

4.2.2.7. Проверка правильности выбора РА проводится по критерию (2.1):

$$\frac{Q_M(1)}{Q_{M\max}} \geq \eta_K, \qquad (4.28)$$

где η_K = 1...

Если условие (4.28) выполняется, то переходим к проверочному расчету РА на возникновение кавитационных режимов, если нет, то увеличиваем значение K_{vy} до следующего значения по стандарту и повторяем расчет по пп.4.2.2.1 + 4.2.2.6 до тех пор, пока выполняется условие (4.19). Если для максимальных K_{vy} и D_y критерий (4.28) не выполняется, то необходимо выбрать другой насос и весь расчет повторить.

4.2.3. Проверка на возникновение кавитационных режимов работы.

4.2.3.1. Расчет статических давлений P_H, P_1^P, P_2^P, $\Delta P(1)$ проводится по формулам:

$$P_H = P_\delta + (A_c + Z_\delta - Z_H)\gamma\rho - (\nu C_{\Lambda B} + 3{,}6\cdot 10^3 \gamma A_1) Q_M(\ell) - \frac{[C_{KB} - (3{,}6\cdot 10^3)^2 \gamma A_2 + 0{,}5 S_H^{-2}] Q_M^2(\ell)}{\rho}, \qquad (4.29)$$

$$P_1^P = P_H + (Z_H - Z_1)\gamma\rho - \eta_t [C_{\Lambda 1} + C_{\Lambda K}] Q_M(\ell) - \frac{[C_{K1} + C_{KK}] Q_M^2(\ell)}{\rho}, \qquad (4.30)$$

$$P_2^P = P_H + (Z_K - Z_2)\gamma\rho - \eta_t [C_{\Lambda 2} + C_3] Q_M(\ell) + \frac{[C_{K2} + C_{Ky}] Q_M^2(\ell)}{\rho}, \qquad (4.31)$$

$$\Delta P(1) = P_1^P - P_2^P. \qquad (4.32)$$

23-86 9.06. Лист

4.2.3.2. Расчет перепада давления, соответствующего скачку акустического шума, проводится по формулам

$$\Delta P_a = K_a (P_1 - P_r) , \qquad (4.33)$$

где P_r – значение давления, при котором с сжатом сечении из жидкости выделяется газ. В первом приближении $P_r = P_{aT}$;

$K_a = \frac{K_M}{2 n_3}$ – зависимость, полученная экспериментальным путем;

$n_3 = 0{,}96 \div 0{,}8$ – коэффициент запаса;

K_M – выбирается из табл.4 приложения I.

4.2.3.3. Проверка наличия повышенного акустического шума проводится по критерию:

$$\Delta P(1) \leq \Delta P_a . \qquad (4.34)$$

Если условие (4.34) выполняется, то окончательно принимаем РА, выбранную в п.4.2.2.7.

Если условие (4.34) не выполняется, то выбираем тот тип РА, у которого значение коэффициента K_a максимальное; вычисляем по формуле (4.33) и проверяем условие (4.34). Если оно не выполняется, то

а) помещаем РА в начало ГС, принимаем $P_1 = P_H$ и вычисляем ΔP_a по формуле (4.33)

б) проверяем условие (4.34). Если условие опять не выполняется, то принимаем к сведению, что РА работает в условиях повышенного шума.

4.2.3.4. Расчет перепада давления, которому соответствует начало кавитационных разрушений РА, производится по формуле:

$$\Delta P_{бк} = K_c (P_1 - P_{нп}) , \qquad (4.35)$$

где K_c – определяется из табл.4 приложения I.

4.2.3.5. Проверка условия возникновения кавитации проводится по критерию:

$$\Delta P_{бк} \geq \Delta P(1) . \qquad (4.36)$$

23-86 9.06.Дп

Если условие (4.36) выполняется, то оставляем выбранную ранее РА.

Если условие (4.36) не выполняется, то

а) РА помещаем в начало ГС, принимая $P_1 = P_н$, и вычисляем $\Delta P_{бк}$ по формуле (4.35);

б) проверяем условие (4.36). Если оно не выполняется, то последовательно с РА может быть установлена стандартная диафрагма.

4.3.6. В соответствии со схемой обвязки РА (см.рис.2 III вариант) последовательно определяем параметры диафрагмы по формулам:

$$P_2^P = (1-K_c)(P_1 - \Delta P_к) + K_c P_{нп}, \qquad (4.37)$$

где
$$\Delta P_к = \frac{C_{кк} \cdot Q^2_{м\,max}}{\rho} + \nu C_{лк} Q_{м\,max}, \qquad (4.38)$$

$$C_{кш} = \frac{(P_2^P - P_{2ш})\rho}{Q^2_{м\,max}}, \qquad (4.39)$$

где
$$P_{2ш} = P_1 - \Delta P(\ell) + \Delta P_д, \qquad (4.40)$$

$$\Delta P_д = \frac{C_{кд} \cdot Q^2_{м\,max}}{\rho} + \nu C_{лд} Q_{м\,max}. \qquad (4.41)$$

$$P_{сж} = P_2^P - \frac{Q^2_{м\,max}}{2\rho(m_ш \alpha S_у)^2}, \qquad (4.42)$$

где при $0{,}64 \geq m_ш > 0{,}16$

$$m_ш = 0{,}545 - \sqrt{7{,}025 \cdot 10^{-3} + 4{,}042 \cdot 10^{-3} C_{кш} S_у^2}, \qquad (4.43)$$

при $0{,}16 \geq m_ш \geq 0{,}05$

$$m_ш = 0{,}287 - \sqrt{1{,}241 \cdot 10^{-2} + 1{,}1 \cdot 10^{-4} C_{кш} S_у^2}, \qquad (4.44)$$

при $m_ш \leq 0{,}3$

$$\alpha = 0{,}3 m_ш^2 + 0{,}04 m_ш + 0{,}595, \qquad (4.45)$$

при $0{,}5 \geq m_ш \geq 0{,}3$

$$\alpha = 0{,}45 m_ш^2 + 0{,}055 m_ш + 0{,}61, \qquad (4.46)$$

23-86 9.06

при $m \geq 0,5$

$$\alpha = 1,833 m_ш^3 + 2,425 m_ш^2 + 1,445 m_ш + 0,3495 . \quad (4.47)$$

4.2.3.7. Проверка условия отсутствия кипения жидкости в сжатом сечении диафрагмы проводится по критерию

$$P_{сж} > P_{нп} . \quad (4.48)$$

Если условие (4.48) выполняется, то в ГС включается стандартная диафрагма с модулем $m_ш$ и определяется перепад давления

$$(\Delta P_{РА})_р = K_c (P_1 - \Delta P_к - P_{нп}) \quad (4.49)$$

и минимальный квадратичный модуль

$$C_{кmin} = \frac{(\Delta P_{РА})_р \cdot \rho}{Q^2_{mmax}} . \quad (4.50)$$

По значению $C_{кmin}$ выбираем новую РА и повторяем расчет с п.4.2.1.1.

Если условие (4.48) не выполняется, то есть избежать кавитации не удается, то

а) определяем кавитационный перепад, соответствующий режиму "запирания"

$$\Delta P_{кав} = K_м (P_1 - P_{нп}) ; \quad (4.51)$$

б) считаем минимальный квадратичный модуль РА

$$C_{кmin} = \frac{\Delta P_{кав} \cdot \rho}{Q^2_{mmax}} ; \quad (4.52)$$

в) согласно $C_{кmin}$ определяем основные параметры для разработки РА специального типа, предназначенной для работы в режиме кавитации.

4.2.4. Выбор расходной характеристики.

4.2.4.1. Расчет квадратичного модуля $C_к(\ell)$ для фиксированных положений регулирующего элемента $\ell = 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0,05$ проводится по формулам

23-86 9.06 Дт

а) односедельные и двухседельные клапаны

– для линейной расходной характеристики

$$C_K(\ell) = \frac{C_K(1)}{\ell^2} \quad ; \qquad (4.53)$$

– для равнопроцентной расходной характеристики

$$C_K(\ell) = \frac{C_K(1)}{\left\{\exp\left[K_{по}(\ell-1)\right]\right\}^2} \quad , \qquad (4.54)$$

где

$$K_{по} = \begin{cases} 3{,}22 \text{ если } K_{vo} = 0{,}04\,K_{vy}\,, \\ 3{,}51 \text{ если } K_{vo} = 0{,}03\,K_{vy}\,, \\ 3{,}91 \text{ если } K_{vo} = 0{,}02\,K_{vy}\,, \\ 4{,}61 \text{ если } K_{vo} = 0{,}01\,K_{vy}\,. \end{cases}$$

б) дисковые затворы (при изменении угла поворота диска от 0^0 до 60^0)

$$C_K(\ell) = \frac{55}{S_y^2\left[1-\left(\frac{D_д}{D_a}\right)^2-\left(\frac{D_д}{D_c}\right)\left(\frac{S}{D_c}\right)\sin\alpha\right]^2} \quad , \qquad (4.55)$$

где $D_д$ – диаметр диска

S – толщина диска по его наружному диаметру.

Значения величин $C_K(\ell)$ приведены в табл.6 приложения 1.

4.2.4.2 Расчет чисел Лагранжа в режиме ламинарной автомодельности ($La_{лу}$) отнесенных к площади условного прохода, проводят по формулам:

а) для односедельных и двухседельных клапанов

$$La_{лу} = 150 + 40\,\frac{\mathcal{H}_o}{\mathcal{H}_y}\left(\frac{S_y'}{S_c}\right)^2 + 3{,}5\sqrt{\left[\frac{\mathcal{H}_o}{\mathcal{H}_y}\left(\frac{S_y}{S_c}\right)^2\right]^3} \quad ; \qquad (4.56)$$

б) для дисковых затворов (при изменении угла поворота диска от 0 до 60^0)

$$La_{лу} = 40\,\frac{\mathcal{H}_o}{\mathcal{H}_y}\left(\frac{S_y}{S_c}\right)^2 . \qquad (4.57)$$

Значения чисел Лагранжа $La_{лу}$ и конструктивных характеристик S_o приведены в табл.6 приложения 1.

3-86 9.06.87

4.2.4.3. Расчет модуля вязкости $C_л(\ell)$ проводится для фиксированных положений регулирующего элемента по формуле (4.5). Значения величин $C_л(\ell)$ приводятся в табл.6 приложения I.

4.2.4.4. Расчет параметров расходной характеристики $B_1(\ell)$ и $B_0(\ell)$ для фиксированных положений регулирующего элемента проводится по формулам:

$$B_1(\ell) = \frac{\eta_t C_л(\ell) + A_1'}{2[C_к(\ell) + A_2']}, \qquad (4.58)$$

$$B_0(\ell) = \frac{A_1'}{C_к(\ell) + A_2'}. \qquad (4.59)$$

4.2.4.5. Расчет расходной характеристики РА $Q_м(\ell)$ для фиксированных положений регулирующего элемента проводится по формуле (4.25).

4.2.4.6. Представим расходную характеристику в относительном виде

$$q_0(\ell) = \frac{Q_м(\ell)}{max\, Q_{м0}}. \qquad (4.60)$$

При последовательном соединении $max\, Q_{м0} = Q_м(1)$.

4.2.4.7. Расчет текущих значений коэффициентов усиления РА по расходной характеристике в относительной форме методом конечных разностей проводится по формуле:

$$K_у(\ell_j) = \frac{q_0(\ell_i) - q_0(\ell_{i-1})}{\ell_i - \ell_{i-1}}, \qquad (4.61)$$

где $\ell_i = \frac{\ell_i - (\ell_i - \ell_{i-1})}{2}$.

4.2.4.8. Расчет текущего значения отклонения коэффициента усиления от "идеального" проводится по формуле:

$$\Delta K(\ell_j) = K_{уи} - K_у(\ell_j), \qquad (4.62)$$

где $K_{уи} = 1$ при $\ell_{max} - \ell_{min} \le 0{,}25$;

$K_{уи} = \frac{q_{max} - q_{min}}{\ell_{max} - \ell_{min}}$ при $\ell_{max} - \ell_{min} > 0{,}25$.

23-86 8.06.87

4.2.4.9. Представляем относительную расходную характеристику РА (см.рис.3 кривая I) и изменение величины отклонения коэффициента усиления от "идеального" (см.рис.3 кривая 2) в графической форме.

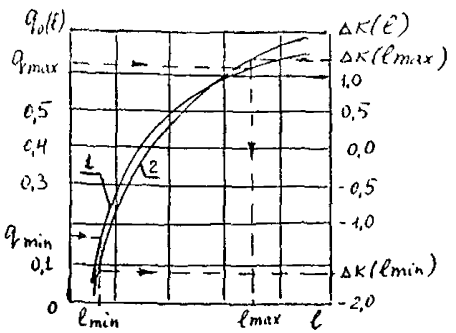


Рис.3

4.2.4.10. Определение максимального отклонения коэффициента усиления от "идеального" $max\,|\Delta K(\ell)|$ проводится в следующей последовательности:

а) рассчитываем минимальный и максимальный относительные расходы через РА по формулам:

$$q_{min} = \frac{Q_{M\,min}}{Q_M(1)}, \qquad (4.63)$$

$$q_{max} = \frac{Q_{M\,max}}{Q_M(1)}; \qquad (4,64)$$

б) определяем значения ℓ_{min} и ℓ_{max} по кривой I рис.3, соответствующие q_{min} и q_{max};

в) находим на кривой 2 рис.3 значения ΔK, соответствующие минимальному и максимальному значениям относительного хода - $\Delta K(\ell_{min})$ и $\Delta K(\ell_{max})$;

г) выбираем максимальное значение $max\,|\Delta K(\ell)|$.

4.2.4.11. Из различных типов выбирается та РА, у которой величина максимума отклонения коэффициента усиления от "идеально-

23-86 9.06 Л57

го" имеет минимальное значение (см.критерий 2.9)

4.3. Среда – сжимаемая жидкость.

4.3.I. Определение параметров гидравлической цепи.

4.3.I.I. Расчет параметров гидравлической цепи проводится в соответствии с пп.4.2.I.I и 4.2.I.2.

4.3.I.2. Расчет максимально возможного расхода через гидравлическую цепь проводится по формуле

$$\max Q_{MO} = \sqrt{\frac{1{,}347\cdot 10^{-3}\,(P_H^2 - P_K^2)\,\rho_c}{(C_{K1} + C_{K2})\,T_1\,K'}}\,, \qquad (4.65)$$

где для случая $0 < P_{пр} < 1$:

$$K' = (0{,}837511 + 0{,}567765\,P_{пр} + 0{,}147317\,P_{пр}^2 - 0{,}223963\,P_{пр}^3) +$$
$$+ (0{,}583418 - 1{,}893640\,P_{пр} + 2{,}108597\,P_{пр}^2 + 1{,}052972\,P_{пр}^3)\,T_{пр} +$$
$$+ (0{,}609991 + 1{,}970500\,P_{пр} + 4{,}212202\,P_{пр}^2 - 0{,}238968\,P_{пр}^3)\,T_{пр}^2 +$$
$$+ (0{,}218485 - 1{,}170022\,P_{пр} - 1{,}814810\,P_{пр}^2 - 1{,}174451\,P_{пр}^3)\,T_{пр}^3\,; \qquad (4.66)$$

для случая $1 < P_{пр} \le 10$:

$$K' = (1{,}990160 - 0{,}567309\,P_{пр} + 0{,}074852\,P_{пр}^2 - 0{,}002751\,P_{пр}^3) +$$
$$+ (-7{,}803027 + 5{,}052183\,P_{пр} - 0{,}741152\,P_{пр}^2 + 0{,}031965\,P_{пр}^3)\,T_{пр} +$$
$$+ (17{,}565650 + 5{,}052183\,P_{пр} + 1{,}809079\,P_{пр}^2 - 0{,}082624\,P_{пр}^3)\,T_{пр}^2 +$$
$$+ (-11{,}497080 + 7{,}195120\,P_{пр} - 1{,}100700\,P_{пр}^2 + 0{,}050686\,P_{пр}^3)\,T_{пр}^3, \qquad (4.67)$$

$$P_{пр} = \frac{P}{P_{кр}}\,; \quad T_{пр} = \frac{T}{T_{кр}}\,.$$

Значения $P_{кр}$ и $T_{кр}$ приведены в табл.7 приложения 1.

23-86 9.06 №57

4.3.I.3. Проверка правильности выбора давления нагнетания проводится по критерию:

$$\frac{\max Q_{мо}}{Q_{м\,max}} \geqslant n_{одоп}, \qquad (4.68)$$

где $n_{одоп}$ = I,2.

Если это ограничение не выполняется, то необходимо увеличить давление нагнетания или изменить состав ГС.

4.3.2. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА.

4.3.2.I. Расчет фактора критического расхода при течении сжимаемой жидкости проводится по формуле:

$$C_f^{Г} = C_f^{В}\sqrt{\frac{k}{0{,}469}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \qquad (4.69)$$

где значения $C_f^{В}$ приведены в табл. 1 приложения 1

4.3.2.2. Расчет давлений на входе и выходе РА проводится по формулам:

$$P_1^{P} = \sqrt{\frac{P_н^2 - 742{,}3 T_1 K'\left[(C_{к1}+C_{кк})Q_{мр}^2 + \eta_t (C_{л1}+C_{лк})Q_{мр}\right]}{\rho_0}}, \qquad (4.70)$$

$$P_2^{P} = \sqrt{\frac{P_к^2 + 742{,}3 T_1 K'\left[(C_{к2}+C_{кд})Q_{мр}^2 + \eta_t (C_{л2}+C_{лд})Q_{мр}\right]}{\rho_0}}, \qquad (4.71)$$

где $Q_{мр} = 1{,}1\, Q_{м\,max}$,

$$\eta_t = \eta_0\left(\frac{T_1}{273}\right) M_Г,$$

или $$\eta_t = \eta_0 \frac{1+\frac{C_Г}{273}}{1+\frac{C_Г}{T_1}}\sqrt{\frac{T_1}{273}}$$

Значения $\eta_0, M_Г, C_Г$ приведены в табл.7 приложения 1.

4.3.2.3. Расчет минимального квадратичного модуля РА проводится по формуле:

$$C_{к\,min} = \left[3{,}18\cdot 10^{-2}\,\frac{C_f^{Г} P_1}{Q_{мр}}\sqrt{\frac{\rho_0}{T_1 K'}}\,\sin\alpha'\right]^2, \qquad (4.72)$$

23-86 9.06.87

где $\alpha' = \frac{1,63}{C_f^r} \cdot \sqrt{1 - \frac{P_2^P}{P_1^P}} \leq \frac{\pi}{2}$. (4.73)

Если $\alpha' > \frac{\pi}{2}$, то принимаем $\alpha' = \frac{\pi}{2}$.

По величине C_{kmin} в соответствии с пп.4.2.2.1 ÷ 4.2.2.6 выбираем РА.

4.3.2.4. Расчет $Q_M(1)$ проводится путем совместного решения уравнений (4.70), (4.71) и уравнения

$$Q_M(1) = 3,18 \cdot 10^{-2} C_f^r(1) \, P_1^P \sqrt{\frac{\rho_0}{C_k(1) T_1 K'}} \cdot \sin\left(\frac{1,63}{C_f^r(1)} \sqrt{1 - \frac{P_2^P}{P_1^P}}\right) \quad (4.74)$$

относительно $Q_M(1)$. Критерием окончания расчета $Q_M(1)$ является условие:

$$\frac{Q_{MP} - Q_M(1)}{Q_M(1)} \leq 0,004. \quad (4.75)$$

4.3.2.5. Проверка правильности выбора РА проводится в соответствии с условием (4.28). Если условие (4.28) не выполняется, то необходимо увеличить размер РА.

4.3.3. Уточненный (проверочный) расчет РА

4.3.3.1. Расчет проводится, если известна газовая характеристика Γ_r РА.

4.3.3.2. Расчет дополнительных данных

Скорость газа на входе в РА

$$V_1 = \frac{473 \, Q_{MP} \, T_1 K'}{D_y^2 \, P_1^P \, \rho_0} , \quad (4.76)$$

где Q_{MP} в первом приближении соответствует $Q_M(1)$ из пп.4.3.2.4.

Температура торможения на входе в РА

$$T_1^* = T_1 + \frac{V_1^2}{2C_p} . \quad (4.77)$$

Критическая скорость газа на входе в РА

$$a_{kp} = \sqrt{\frac{2KRT_1^*}{K+1}} \quad (4.78)$$

23-86 9.06.87

Коэффициент скорости на входе в РА

$$\lambda_1 = \frac{V_1}{a_{кр}} . \qquad (4.79)$$

По значению λ_1 рассчитываем значения следующих функций:

– приведенной плотности потока

$$q(\lambda_1) = \frac{\rho V_1}{\rho_{кр} a_{кр}} = \left(\frac{K+1}{2}\right)^{\frac{1}{K-1}} \lambda_1 \left(1 - \frac{K-1}{K+1}\lambda_1^2\right)^{\frac{1}{K-1}} \qquad (4.80)$$

– отношения давлений

$$\pi(\lambda_1) = \frac{P}{P^*} = \left(1 - \frac{K-1}{K+1}\lambda_1^2\right)^{\frac{K}{K-1}} \qquad (4.81)$$

– относительного скоростного напора

$$j^*(\lambda_1) = \frac{\rho V^2}{2P^*} = \frac{K}{K+1}\lambda_1^2\left(1 - \frac{K-1}{K+1}\lambda_1^2\right)^{\frac{1}{K-1}} \qquad (4.82)$$

4.3.3.3. Принимаем величину гидравлического сопротивления между входным и сжатым сечениями, отнесенную к площади входного сечения РА ($\zeta_{вх}$):

– для РА, не имеющей поворота потока между входным и сжатым сечениями (затворы, дисковые, односедельные угловые клапаны при подаче среды "под затвор", шаровые краны)

$$\zeta_{вх} = 0 .$$

– для РА, имеющей поворот потока (односедельные проходные, двухседельные и угловые клапаны при подаче среды "на затвор")

$$\zeta_{вх} = 1 .$$

4.3.3.4. Расчет значения функции приведенной плотности потока в сжатом сечении проводится по уравнению неразрывности в газодинамической форме.

$$q(\lambda_0) = \frac{q(\lambda_1)\cdot S_y}{S_0(1)\left[1 - \zeta_{вх}\, j^*(\lambda_1)\right]} . \qquad (4.83)$$

23-86 9.06.87

4.3.3.5. По значению $q(\lambda_0)$ определяем величину λ_0':

$$\lambda_0' = \frac{2}{\pi} \arcsin q(\lambda_0) \leq 1 . \qquad (4.84)$$

В формулу (4.80) подставляем λ_0' вместо λ_1 и вычисляем $q(\lambda_0')$.

Определяем разность

$$q(\lambda_0') - q(\lambda_0) = \Delta . \qquad (4.85)$$

Если $\Delta \leq 0{,}00003$, (4.86)

то считаем, что $\lambda_0' = \lambda_0$.

Если $\Delta > 0{,}00003$, то задаемся новым значением λ_0'', определяемым следующим образом

Для $\Delta > 0$ $\lambda_0'' = \lambda_0' + \Delta_1 \leq 1$. (4.87)

Для $\Delta < 0$ $\lambda_0'' = \lambda_0' - \Delta_1$, (4.88)

где $\Delta_1 = 0{,}002$ (для каждого следующего шага $\Delta_{i+1} = \frac{\Delta_i}{2}$).

Вычисляем $q(\lambda_0'')$ по формуле (4.80) и проверяем условие (4.86)

Расчет продолжаем до тех пор, пока условие (4.86) не будет выполнено.

4.3.3.6. По величине λ_0 находим газодинамические функции $\pi(\lambda_0)$ и $j^*(\lambda_0)$ по уравнениям (4.81) и (4.82), подставляя вместо λ_1 величину λ_0 .

4.3.3.7. Расчет отношения давлений на РА по газодинамическим функциям проводится по формуле

$$\left(\frac{P_2^\rho}{P_1^\rho}\right)_{теор} = \frac{[1 - \zeta_{ex} j^*(\lambda_1)][\pi(\lambda_0) + j^*(\lambda_0) \cdot \Gamma_\Gamma]}{\pi(\lambda_1)} , \qquad (4.89)$$

где $\Gamma_\Gamma = 1 - 2\left(\frac{S_0(1)}{S_1}\right)^2 \cdot S_y^2 \cdot C_k(1)$. (4.90)

23-86 9.06 №7

4.3.3.8. Критерием правильности выбора размера РА является условие:

$$\left(\frac{P_2^p}{P_1^p}\right) - \left(\frac{P_2^p}{P_1^p}\right)_{теор} \leq 0{,}0005\,, \qquad (4.9I)$$

при котором выполняется критерий (4.28).

Варьированием размерами РА добиваемся выполнения критерия (4.9I).

4.3.4. Выбор расходной характеристики.

4.3.4.I. Расчет квадратичного модуля $C_K(\ell)$ для фиксированных положений регулирующего элемента ℓ = I,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,I; 0,05 проводится по формулам (4.53)÷(4.55).

4.3.4.2. Расчет модуля вязкости $C_\Lambda(\ell)$ для ℓ от I,0 до 0,05 проводится по формулам (4.2), (4.3), (4.56) и (4.57).

4.3.4.3. Расчет газовых характеристик для ℓ от I,0 до 0,05 проводится по формулам:

$$C_f^B = 1{,}116\ S_0(\ell)\sqrt{C_K^э(\ell)}\,, \qquad (4.92)$$

$$\Gamma_\Gamma = 1 - 2\left(\frac{S_0}{S_1}\right)^2 \cdot S_y^2\, C_K^э(\ell)\,, \qquad (4.93)$$

где $C_K^э(\ell)$ – экспериментальное значение $C_K(\ell)$ РА. Значения величин C_f^B и Γ^Γ приведены в табл.5 приложения I.

Допускается оценка C_f^B по $C_K(\ell)$ из пп.4.2.I.I. При этом необходимо иметь в виду, что $C_f^B \leq$ I.

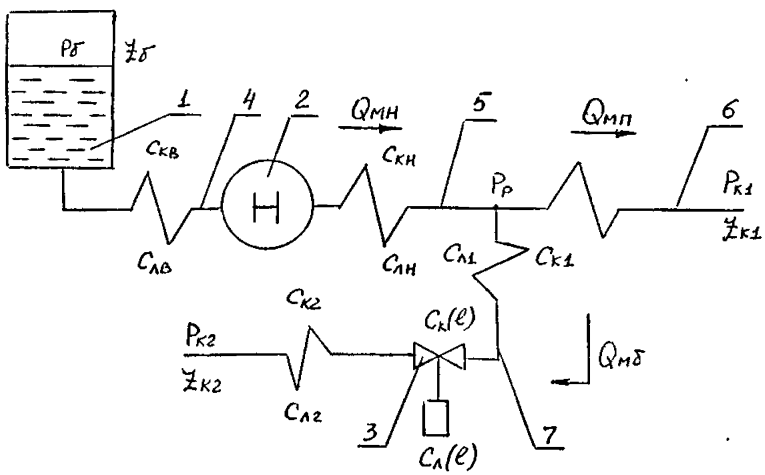
4.3.4.4. Значения $Q_M(\ell)$ вычисляются аналогично расчету $Q_M(1)$ по пп.4.3.2.4 или пп.4.3.3 для фиксированных положений регулирующего элемента ℓ от I,0 до 0,05.

4.3.4.5. Расходная характеристика РА выбирается аналогично выбору характеристики при течении несжимаемой жидкости (см.пп. 4.2.4.6 ÷ 4.2.4.II).

23-86 9.06 ЛЭ

5. РАСЧЕТ И ВЫБОР РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ЕЕ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

5.I. При параллельной установке РА в ГС источниками напора могут быть ресивер, центробежный насос, насос объемного нагнетания. Схема установки РА в ГС приведена на рис.3.



I – бак; 2 – источник напора; 3 – РА; 4 – всасывающая линия ГС; 5 – нагнетательная линия ГС; 6 – прямая ветвь ГС; 7 – боковая ветвь ГС

Рис.3

5.2. Среда – несжимаемая жидкость

5.2.I. Определение параметров гидравлической цепи.

5.2.I.I. Расчет параметров ветвей ГС проводится по соотношениям, приведенным в пп.4.2.I.I – 4.2.I.2.

5.2.I.2. Расчет абсолютных статических давлений на выходе из ресивера или центробежного насоса проводится по формулам:

а) источник напора – ресивер

$$(P_н + Z_н g \rho)\rho = (P_б + Z_б g \rho)\rho - \frac{0{,}5}{S_н^2 \cdot Q_{мн}^2} \qquad (5.I)$$

29-86 9.06.87

б) источник напора – центробежный насос

$$(P_н + Z_н g\rho)\rho = A_0'\rho - A_1' Q_{мн} - A_2' Q_{мн}^2 , \qquad (5.2)$$

$$A_0' = P_б + (A_0 + Z_0) g\rho , \qquad (5.3)$$

$$A_1' = \eta_t C_{лв} + 3{,}6\cdot 10^3 g\rho A_1 , \qquad (5.4)$$

$$A_2' = C_{кв} + 0{,}5 S_н^{-2} - (3{,}6\cdot 10^3)^2 g A_2 , \qquad (5.5)$$

где коэффициенты A_0, A_1 и A_2 рассчитываются по формулам (4.II) ÷ (4.I6).

5.2.I.3. Для насоса объемного нагнетания максимально возможный расход $Q_{мн} = const$. (5.6)

Для ресивера и насоса центробежного типа проводится расчет максимально возможного расхода ($max\ Q_{мн}$) путем совместного решения уравнений:

$$Q_{мп} = \sqrt{\frac{(P_н + Z_н g\rho)\rho - (P_{к1} + Z_{к1} g\rho)\rho}{C_{кп}} - \frac{C_{кн}}{C_{кп}} Q_{мн}^2} \qquad (5.7)$$

$$Q_{мп} = \frac{Q_{мн}}{1-f_м} - \sqrt{\frac{f_м}{1-f_м}\left(\frac{Q_{мн}^2}{1-f_м} + \Delta\right)} , \qquad (5.8)$$

где $f_м = \dfrac{C_{кп}}{C_{к1} + C_{к2} + C_к(1)_м}$,

$$\Delta = \frac{(P_{к1} + Z_{к1} g\rho)\rho - (P_{к2} + Z_{к2} g\rho)\rho}{C_{кп}} ,$$

$C_к(1)_м$ – табличное значение минимального $C_к(1)$ при $D_у = (D_{тр})_б$, что соответствует максимально возможному значению размера РА в данной ГС.

Приравниваем правые части уравнений (5.7) и (5.8), подставляем характеристики источников напора – (5.I) для ресивера или (5.5) для центробежного насоса. Рассчитываем $Q_{мн}$ который соответствует максимально возможному значению расхода источника напора в данной

23-86 9.06

системе $max\ Q_{мн}$. По найденному $Q_{мн}$ считаем по уравнению (5.7) - расход $Q_{мп}$, соответствующий минимальному расходу через прямую ветвь (индекс "$п$") - $min\ Q_{мп}$. Максимальный расход через боковую ветвь (индекс "$б$") равен

$$max\ Q_{мб} = max\ Q_{мн} - min\ Q_{мн} . \qquad (5.9)$$

5.2.I.4. Проверяем возможность регулирования в данной структуре (в зависимости от того, в какой ветви находится объект регулирования:

- при $Q_{мо} = Q_{мн}$ должно выполняться условие:

$$\frac{max\ Q_{мн}}{Q_{м\,max}} \geqslant n_{сдоп} , \qquad (5.I0)$$

- при $Q_{мо} = Q_{мп}$ должны выполняться условия:

$$\frac{Q_{м\,min}}{min\ Q_{мп}} \geqslant n_{сдоп} , \qquad (5.II)$$

$$\frac{(max\ Q_{мн})_o}{Q_{м\,max}} \geqslant n_{сдоп} , \qquad (5.I2)$$

где $(max\ Q_{мн})_o$ определяется по (5.7) путем подстановки $Q_{мн} = n_{сдоп}\ Q_{м\,max}$, что соответствует полностью закрытому регулирующему элементу арматуры ($f = 0$);

- при $Q_{мо} = Q_{мб}$ должно выполняться условие:

$$\frac{max\ Q_{мб}}{Q_{м\,max}} \geqslant n_{сдоп} . \qquad (5.I3)$$

В формулах (5.I0) ÷ (5.I3) величина $n_{сдоп}$ назначается в зависимости от необходимого диапазона регулирования (но не менее I,2).

Если условия (5.I0) ÷ (5.I3) не выполняются, то необходимо изменить характеристику источника напора.

5.2.2. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА (источник напора - ресивер или центробежный насос).

5.2.2.I. Расчет максимального расхода на входе объекта регу-

23-86 9.06.87

лирования при фиксированном значении размера РА $C_к(1)_i \geqslant C_к(1)_м$.

Приравниваем правые части уравнений

$$Q_{мп}=\sqrt{\frac{(P_н+\gamma_н g\rho)\rho-(p_{к1}+\gamma_{к1}g\rho)\rho}{C_{кп}}-\frac{C_{кн}}{C_{кп}}Q_{мн}^2+\frac{\eta_t C_{лн}}{C_{кп}}Q_{мн}]+\left(\frac{\eta_t C_{лн}}{2C_{кп}}\right)^2}-$$

$$-\frac{\eta_t C_{лп}}{2C_{кп}}, \text{ и} \qquad (5.14)$$

$$Q_{мп}=\frac{Q_{мн}}{1-f}+\frac{\eta_t(C_{л\delta}+C_{лп})}{2(1-f)C_{к\delta}}-$$

$$-\sqrt{\left[\frac{Q_{мн}}{1-f}+\frac{\eta_t(C_{л\delta}+C_{лп})}{2(1-f)C_{к\delta}}\right]^2-\left[\frac{Q_{мн}^2-\Delta\cdot f}{1-f}+\frac{\eta_t C_{л\delta}Q_{мн}}{(1-f)C_{к\delta}}\right]}, \qquad (5.15)$$

где $C_{л\delta}=C_{л1}+C_{лк}+C_л(\ell)_i+C_{лg}+C_{л2}$ – моду. вязкости боковой ветви;

$C_{кп}$ – модуль вязкости прямой ветви

$C_{к\delta}=C_{к1}+C_{кк}+C_к(\ell)_i+C_{кg}+C_{к2}$ – квадратичнь модуль боковой ветви;

$f=\frac{C_{кп}}{C_{к\delta}}$ – относительная квадратичная характе. тика гидравлической системы.

Подставляем характеристики источников напора (5.I) для ресивера или (5.4) для центробежного насоса и определяем $Q_{мн}$ в зависимости от величин f и $C_{л\delta}$. Эти параметры определялись по следующим соображениям:

$C_к(1)_i$ – значение квадратичного модуля РА из нормального ряда;

$C_л(1)_i$ – соответствующее $C_к(1)_i$ табличное значение модуля вязкости РА.

Начиная с минимального значения $C_к(1)_i \geqslant C_к(1)_м$ варьируем размерами клапана. Рассчитываем по фиксированным значениям $C_к(1)_i$ и $C_л(1)_i$ параметры боковой ветви – $C_{к\delta}$ и $C_{л\delta}$ и считаем $(Q_{мн})_i$. При этом следует учитывать рекомендации, изложенные в

23-86 9.06.Д57

в пп.4.2.2.1 ÷ 4.2.2.6 (если $D_y \neq D_{тр}$ в боковой ветви).

При расчете $(Q_{мн})_i = F[C_K(1)_i, C_1(1)_i]$ следует учитывать ограничение:

$$f < f_{пред.} = \Delta'\left[1 + \frac{a}{\Delta'+1}\right], \qquad (5.16)$$

где $a = \frac{C_{кп}}{A_2'}$,

$$\Delta' = \frac{A_0' - (P_{к1} + Z_{к1}\,g\rho)}{A_0' - (P_{к2} + Z_{к2}\,g\rho)}$$

5.2.2.2. Правильность выбора размера РА в зависимости от местоположения объекта регулирования определяется следующими критериями

а) при $Q_{мо} = Q_{мн}$ выбираем такие $C_K(1)$ и D_y, при которых выполняется условие:

$$1{,}3 \geqslant \frac{(Q_{мн})_i}{Q_{м\,max}} \geqslant 1{,}1; \qquad (5.17)$$

б) при $Q_{мо} = Q_{мп}$ выбираем такие $C_K(1)$ и D_y, при которых выполняется условие:

$$1{,}3 \geqslant \frac{Q_{м\,min}}{min\,Q_{мп}} \geqslant 1{,}1, \qquad (5.18)$$

где $min\,Q_{мп}$ – есть результат решения уравнения (5.14) при $(Q_{мн})_i$ из пп.5.2.2.1 и соответствующем $C_K(1)_i$;

в) при $Q_{мо} = Q_{мб}$ выбираем такие $C_K(1)$ и D_y, при которых выполняется условие:

$$1{,}3 \geqslant \frac{Q_{мб}}{Q_{м\,max}} \geqslant 1{,}1, \qquad (5.19)$$

где $Q_{мб} = (Q_{мн})_i - (Q_{мп})_i$,

$(Q_{мн})_i$ и $(Q_{мп})_i$ – численные значения расходов, соответствующих $C_K(1)_i$.

223-86 9.06.

5.2.3. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА (источник напора – насос объемного нагнетания)

5.2.3.I. Для работы РА в ГС должно выполняться условие:

$$(P_н)_{доп} \geqslant P_{к1} + (z_{к1} - z_н)\rho g + \frac{(c_{кн} + c_{кп}) Q_{мн}^2 + \eta_t (c_{лп} + c_{лн}) Q_{мн}}{\rho} , \qquad (5.20)$$

где $(P_н)_{доп}$ – паспортное значение максимально допустимого давления в нагнетательной линии насоса.

5.2.3.2. Определение расчетного значения относительной квадратичной характеристики ГС проводится по формуле:

$$f_р = \frac{(Q_{мн} - Q_{мпmin})^2}{Q_{мпmin}^2 + \Delta} . \qquad (5.21)$$

5.2.3.3. Расчет минимального квадратичного модуля проводится по формуле:

$$c_{кmin} = \frac{c_{кп}}{f} - (c_{к1}' + c_{кк} + c_{к2} + c_{кд}) . \qquad (5.22)$$

5.2.3.4. Проверка условия

$$c_{кmin} > c_к(1)_м , \qquad (5.23)$$

где $c_к(1)_м$ – см. пп.5.2.I.3.

Если условие (5.23) не выполняется, то

а) варьируем положением точки разветвления боковой ветви;

б) изменяем характеристики насосов.

5.2.3.5. По значению $c_{кmin}$ и $(D_{тр})_б$ выбираем РА в соответствии с пп.4.2.2.I и 4.2.2.6.

5.2.4. Проверка на возможность возникновения кавитационных режимов.

5.2.4.I. Расчет статических давлений на границах РА проводится по формулам:

$$P_2^р = P_{к2} + (z_{к2} - z_2)\rho g + \frac{(c_{к2} + c_{кд}) Q_{мб}^2 + \eta_t (c_{л2} + c_{лд}) Q_{мб}}{\rho} , \qquad (5.24)$$

$$P_1^р = P_2^р + (z_2 - z_1)\rho g - \frac{c_к(1) Q_{мб}^2 + \eta_t c_л(1) Q_{мб}}{\rho} , \qquad (5.25)$$

23-86 9.06.87

$$\Delta P(1) = P_1^P - P_2^P \quad . \qquad (5.26)$$

5.2.4.2. В последующем расчет проводится по пп.4.2.3.2 ÷ 4.2.3.6.

5.2.5. Определение расходных характеристик РА.

5.2.5.I. По пп.4.2.4.I – 4.2.4.3 проводится расчет модульных характеристик.РА.

5.2.5.2. Расчет относительной квадратичной характеристики системы проводится по формуле:

$$f = \frac{C_{кп}}{C_{к1} + C_{кк} + C_{кд} + C_{к2} + C_к(\ell)} \quad . \qquad (5.27)$$

5.2.5.3. Расчет вязкости боковой ветви проводится по формуле:

$$C_{л\delta} = C_{л1} + C_{лк} + C_{лд} + C_{л2} + C_л(\ell) \quad . \qquad (5.28)$$

5.2.5.4. Расходная характеристика РА (для случая использования ресивера или центробежного насоса) определяется в следующей последовательности:

а) при $Q_{мо} = Q_{мн}$ в соответствии с пп.5.2.2.I определяем значения $Q_{мн}(\ell)$ по значениям f (см.пп.5.2.5.2) и $C_{л\delta}$ (см.пп.5.2.5.3) для фиксированных положений регулирующего элемента ℓ от I,0 до 0,05;

б) при $Q_{мо} = Q_{мп}$ определяем значения $Q_{мп}(\ell)$ по формуле (5.7) и значениям $Q_{мн}(\ell)$ из п.а ;

в) при $Q_{мо} = Q_{м\delta}$ рассчитываем расходную характеристику по формуле:

$$Q_{м\delta}(\ell) = Q_{мн}(\ell) - Q_{мп}(\ell) \quad . \qquad (5.29)$$

5.2.5.5. Расходная характеристика (для случая насоса объемного нагнетания) определяется в следующей последовательности:

а) определяем значения $Q_{мп}(\ell)$ по формуле (5.8) и значениям f и $C_{л\delta}$ (см.пп.5.2.5.2 и 5.2.5.3);

б) если объект регулирования находится в боковой ветви, то

23-86 9.06.87

расходная характеристика рассчитывается по формуле:

$$Q_{мб}(\ell) = Q_{мн}(\ell) - Q_{мп}(\ell). \qquad (5.30)$$

5.2.5.6. Выбор расходной характеристики проводится в последовательности, изложенной в пп.4.2.4.6 ÷ 4.2.4.II.

5.3. Среда – сжимаемая жидкость

5..I. Определение параметров гидравлической цепи.

5.3.I.I. Расчет параметров ветвей ГС проводится по соотношениям, приведенным в пп.4.2.I.I и 4.2.I.2.

5.3.I.2. Расчет максимально возможного расхода в различных ветвях ГС при условии, что $P_н = const$ и регулирующий элемент РА полностью закрыт, проводится по формуле:

$$\max Q_{мн} = \max Q_{мп} = \sqrt{\frac{\eta_t^2 (C_{лн}+C_{лп})^2}{4(C_{кн}+C_{кп})} + \frac{(P_н^2 - P_{к1}^2)\rho_0}{(C_{кн}+C_{кп})\,742{,}3\,T_1 K'}} - \frac{(C_{лн}+C_{лп})\eta_t}{2(C_{кн}+C_{кп})}. \qquad (5.31$$

5.3.I.3. Определение минимального расхода в прямой ветви при условии, что в ГС используется РА с максимально возможным значением $C_к(1)_м$ (см.пп.5.2.I.3) проводится по формулам:

Совместно решаем систему уравнений:

$$Q_{мн} = \sqrt{\left(\frac{\eta_t C_{лн}}{2C_{кн}}\right)^2 + \frac{(P_н^2 - P_{к1}^2)\rho}{142{,}3\,T_1 K' C_{кн}} - \left[\frac{C_{кп}}{C_{кн}} Q_{мп}^2 + \eta_t \frac{C_{лп}}{C_{кн}} Q_{мп}\right]} - \frac{\eta_t C_{лн}}{2C_{кн}}, \qquad (5.32)$$

$$(Q_{мн} - Q_{мп}) = 3{,}18 \cdot 10^2 C_f^r(1)_м P_1^\rho \sqrt{\frac{\rho_0}{C_к(1)_м T_1 K'}} \cdot \sin\alpha, \qquad (5.33)$$

где $\alpha = \frac{1{,}63}{C_f^r(1)_м}\sqrt{1 - \frac{P_2^\rho}{P_1^\rho}} \le \frac{\pi}{2}$,

(если $\alpha > \frac{\pi}{2}$, то принимается $\alpha = \frac{\pi}{2}$, что соответствует критическим режимам течения в сжатом сечении РА).

29-86 9.06. №57

$C_f^r(1)_м$ – фактор критического расхода РА с $C_к(1)_м$ и $C_f^в(1)_м$, который рассчитывается по формуле (4.69),

$$P_1^P = \sqrt{P_{к1}^2 + \frac{742{,}3\,T_1 K^1}{f_0}\left[C_{кп} Q_{мп}^2 + \eta_t C_{лп} Q_{мп} - (C_{к1} + C_{кк})(Q_{мн} - Q_{мп})^2 + \eta_t (C_{л1} C_{кк})(Q_{мн} - Q_{мп})\right]} \quad (5.34$$

$$P_2^P = \sqrt{P_{к2}^2 + \frac{742{,}3\,T_1 K^1}{f_0}\left[(C_{к2} + C_{кд})(Q_{мн} - Q_{мп})^2 + \eta_t (C_{л2} + C_{лд})(Q_{мн} - Q_{мп})\right]} . \quad (53$$

В результате решения системы уравнений (5.32) ÷ (5.33) при использовании РА с $C_к(1)_м$ получаем:

а) значение расхода источника напора ($(Q_{мн})_м$) при полностью открытом регулирующем элементе;

б) значение минимально возможного расхода ($\min Q_{мп}$) в прямой ветви;

в) значение максимального расхода ($\max Q_{мб}$) в боковой ветви

$$\max Q_{мб} = (Q_{мн})_м - \min Q_{мп} .$$

5.3.I.4. Проверяем возможность регулирования в данной структуре ГС (в зависимости от того, в какой ветви находится объект регулирования) по критериям (5.I0) ÷ (5.I3) в соответствии с п.5.2.I.4.

5.3.2. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА.

5.3.2.I. Выбор размера РА проводится аналогично пп.5.2.2.I. Решаем систему уравнений (5.32) и (5.33) при условии, что $C_к(1)_м$ является минимальным значением $C_к(1)i$ в данной ГС. Варьируем размерами РА, начиная с минимального значения $C_к(1)_i = C_к(1)_м$. Рассчитываем (при фиксированном значении $C_к(1)i$ и соответст-

23-86 9.06.Дст

вующем значении фактора критического расхода $C_f^{в}(1)_i$) величины расходов $(Q_{мн})_i$, $(Q_{мп})_i$ и $(Q_{мб})_i$ в зависимости от того, где находится объект регулирования. При этом следует учитывать рекомендации, изложенные в пп.4.2.2.I ÷ 4.2.2.6 (если $D_у \neq D_{тр}$ в боковой ветви).

5.3.2.2. В зависимости от местоположения объекта регулирования принимаются критерии правильности выбора размера РА, приведенные в пп.5.2.2.2.

5.3.3. Определение расходных характеристик РА.

5.3.3.I. По формулам пп.4.3.4.I ÷ 4.3.4.3 проводится расчет модульных и газовых характеристик РА, выбранной по критериям (5.I7) ÷ (5.I9).

5.3.3.2. Расходные характеристики РА определяются в следующей последовательности:

а) при $Q_{мо} = Q_{мп}$ решаем систему уравнений (5.32) ÷ (5.33) относительно $Q_{мп}$ при условии, что $C_к(1)_м = C_к(\ell)$ и $C_f^г(1)_м = C_f^г(\ell)$;

б) при $Q_{мо} = Q_{мн}$ определяем значения $Q_{мн}$ по формуле (5.32) и значениям $Q_{мп}$ из пп.а ;

в) при $Q_{мо} = Q_{мб}$ рассчитываем расходную характеристику по формуле:

$$Q_{мб} = Q_{мн} - Q_{мп} \quad . \qquad (5.36)$$

5.3.3.3. Выбор расходной характеристики проводится в последовательности, изложенной в пп.4.2.4.8 ÷ 4.2.4.II.

5.4. Пример расчета и выбор РА при установке ее в ГС приведен в приложении 2.

23-86 9.06 Л57

6. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, ЗАПРАШИВАЕМЫЕ У ПРОЕКТАНТОВ СИСТЕМ

6.I. Параметрические исходные данные для расчета

Рабочая среда и ее состав

Температура среды на входе в РА, К T_1

Абсолютное давление насыщенных паров рабочей среды при T_1, Па $P_{нп}$

Критическое давление сжимаемой среды, Па $P_{кр}$

Критическая температура сжимаемой среды, °С $T_{кр}$

Плотность сжимаемой среды при нормальных условиях (P = 0,I ПМа, T = 273 К), кг/м^3 ρ_0

Плотность несжимаемой среды при температуре T_1, кг/м^3 ρ_1

Коэффициент кинематической вязкости несжимаемой среды при температуре T_1, м^2/с ν

Коэффициент динамической вязкости сжимаемой среды при T = 273 К, Па·с η_0

Коэффициент динамической вязкости сжимаемой среды при температуре T_1, Па·с η_t

Универсальная газовая постоянная, Дж/кг·град R

Удельная теплоемкость сжимаемой среды при T_1, Дж/кг·град c_p

Показатель адиабаты k

Максимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с Q_{mmax}

Минимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с Q_{mmin}

Массовый расход на входе в ГС, кг/с $Q_{мн}$

23-86 9.06.87

Абсолютное статическое давление в баке насоса, Па $P_б$

Абсолютное статическое давление на входе в ГС, Па $P_н$

Абсолютное статическое давление в конце гидравлической ветви, не содержащей РА, Па $P_{к1}$

Абсолютное статическое давление в конце гидравлической ветви, содержащей РА, Па $P_{к2}$

Перепад давления на РА при максимальном расходе, Па $\Delta P_{РА}$

Удельные потенциальные энергии положения (высоты относительно минимального положения):

уровня жидкости в баке, м $Z_б$

нагнетательного патрубка источника напора на входе РА, м $Z_н$

на входе РА, м Z_1

на выходе РА, м Z_2

на выходе гидравлической ветви, не содержащей РА, м $Z_{к1}$

на выходе гидравлической ветви, содержащей РА, м $Z_{к2}$

Источники напора:

Центробежный насос марка

максимальный расход (по характеристике), $м^3/ч$ Q_{max}

средний расход, $м^3/ч$ $Q_{ср}$

минимальный расход, $м^3/ч$ Q_{min}

максимальный напор, м H_{max}

Средний напор, м $H_{ср}$

Минимальный напор, м H_{min}

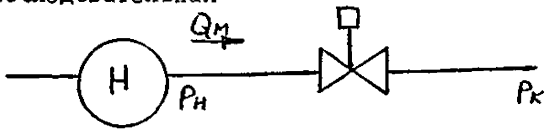
Насос объемного нагнетания марка

Расход, кг/с $Q_{мн}$

Максимальное давление, Па $P_{н(дет)}$

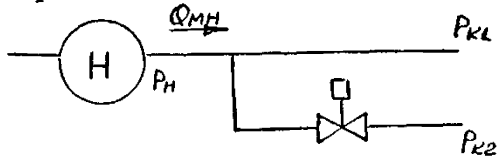
Схема установки РА в ГС

последовательная



Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

параллельная



6.2. Элементы гидравлической системы.

Для каждого участка ГС (всасывающей линии, нагнетательных линий до и после РА) следует указать количество элементов (n) и их геометрические параметры ($D_1, D_2, D_y, L, \Delta, \alpha_к, \alpha_д$).

Перечень элементов ГС:

клапан запорный проходной

клапан угловой

клапан прямоточный с наклонным шпинделем

кран шаровой

клапан запорный со смещенными осями

задвижка

стандартная диафрагма

угольник 90^0

угольник 135^0

колено 90^0

$R = 0{,}5\,D_{тр}$

$R = D_{тр}$

$R = 1{,}5\,D_{тр}$

тройник

внезапное расширение

внезапное сужение

диффузор

конфузор

трубопровод

23-86 9.06.87

нестандартный гидравлический элемент (теплообменник, реактор, фильтр, арматура и т.д.)

Руководитель предприятия п/я Г-4745	С.И.Косых
Главный инженер предприятия п/я А-7899	М.И.Власов
Заместитель руководителя	Ю.И.Тарасьев
Заведующий отделом I6I	А.Е.Крючков
И.о.заведующего отделом I53	Е.Г.Пинаева
Руководитель темы – заведующий сектором отдела I53	В.Д.Савельев
Исполнители:	
ведущий конструктор	М.И.Завьялова
старший инженер	М.И.Силивина

От Московского института химического машиностроения

Научный руководитель д.т.н., профессор	М.В.Кулаков
Ответственный исполнитель к.т.н.	В.Г.Патрикеев
Исполнитель	В.В.Васенин

23-816 9.06.87

Таблица I

Параметры РА

№ чертежа	D_y, мм	D_c, мм	K_{vy}, $м^3/ч$	$C_к(1)$, $м^{-4}$	$C_л(1)$, $м^{-3}$	$C_y(1)$	$K_c(1)$
Двухседельные регулирующие клапаны							
И65233	25	25/23	I6	0,5984 I0^{7}	0,I803 I0^{8}	0,43	0,52
И65233	40	40/38	40	0,7442 I0^{6}	0,5595 I0^{7}	0,62	
И65233	50	50/48	63	0,3628 I0^{6}	0,3042 I0^{7}	0,6I	
И65235	80	80/78	I00	0,I328 I0^{6}	0,259I I0^{7}	0,83	
И65I44			I60	0,5984 I0^{5}	0,8205 I0^{6}	0,6I	
И65255				0,6692 I0^{5}	0,2080 I0^{7}	0,90	
И65233	I00	I00/98	250	0,I687 I0^{5}	0,3I2I I0^{6}	0,55	
И65I44				0,2497 I0^{5}	0,362I I0^{6}	0,53	
И65260				0,2370 I0^{5}	0,3I2I I0^{6}	0,47	
И65235	I50	I50/I48	500	0,3664 I0^{4}	0,9I0I I0^{5}	0,5I	
И65I44			400	0,9842 I0^{4}	0,3299 I0^{6}	0,79	
И65I8I				0,I072 I0^{5}	0,3034 I0^{6}	0,73	

Зам.②

Продолжение табл.I

№ чертежа	D_y, мм	D_c, мм	K_{vy}, $м^3/ч$	$C_к(1)$, $м^{-4}$	$C_л(1)$, $м^{-3}$	$C_х(1)$	$K_c(1)$
Двухседельные регулирующие клапаны							
И65233	200	200/I98	I000	0,I874 I0 ^{4}	0,5068 I0 ^{5}	0,54	0,52
УФ65085	250	250/248	I600	0,5594 I0 ^{3}	0,2057 I0 ^{5}	0,50	
УФ650I6			I000	0,8I63 I0 ^{3}	0,2I67 I0 ^{5}	0,44	
Односедельные регулирующие клапаны							
У27095	I00	I00	I60	0,4685 I0 ^{5}	0,8843 I0 ^{6}	0,85	0,74
У27096	I50	I50	400	0,7932 I0 ^{4}	0,I077 I0 ^{6}	0,54	
Р27054	6	8	0,63	0,454I I0 ^{10}	0,I40I I0 ^{10}	0,32	
И68068	I5	I0	2,5	0,23I0 I0 ^{9}	0,I307 I0 ^{11}	0,85	
У27087	I0	I5	I,6	0,5309 I0 ^{9}	0,3688 I0 ^{9}	0,42	
А26257	32	25	I6	0,7547 I0 ^{7}	0,I396 I0 ^{8}	0,56	
А26257	50	42	40	0,II03 I0 ^{7}	0,5I36 I0 ^{7}	0,7I	

Зам.②

Продолжение табл.I

№ чертежа	D_y, мм	D_c, мм	K_{vy}, $м^3/ч$	$C_к(1)$, $м^{-4}$	$C_л(1)$, $м^{-3}$	$L_к(1)$	$K_c(1)$
Односедельные регулирующие клапаны							
М65I99	20	I6	6,3	0,7970 I0^{8}	0,I200 I0^{6}	0,6I	0,74
И65270	40	40	I6	0,5045 I0^{7}	0,4082 I0^{5}	0,85	
И6520I	I0	I0	2,5	0,I466 I0^{9}	0,4968 I0^{9}	0,85	
М65204-0I	25	25	I6	0,8I63 I0^{4}	0,243I I0^{5}	0,65	
Шаровые краны							
И39I09	50	-	I60	0,45I9 I0^{5}	0,I97I I0^{7}	0,60	0,26
У39083	80		630	0,2946 I0^{4}	0,48I2 I0^{6}	0,60	
Л39098	I00		900	0,I6I0 I0^{4}	0,2464 I0^{6}	0,60	

Зам.②

Таблица 2

Технико-эксплуатационные параметры регулирующей арматуры

Технико-эксплуатационные параметры		Тип регулирующей арматуры				
		Двухседельные клапаны	Односедельные клапаны		Шаровые краны	Затворы поворотные дисковые
			разгруженные	неразгруженные		
Давление рабочее $P_{раб.}$, кгс/см	от 2,5 до I6 включ.	+	▽	+	+	+
	св. I6 " 64 "	+	+	▭	+	▭
	" 64 " I60 "	+	+	+	▭	–
	" I60	–	+	–	▭	–
Перепад давления ΔP, кгс/см	До I2	В соответствии с ГОСТ	+	+	+	+
	св. I2 до 25 включ.	В соответствии с ГОСТ	–	▭	–	–
	" 25 " 40 "	–	+	▭	▭	–
	" 40 " I00 "	–	▭	–	▭	–
	" I00	–	▭	–	–	–
Герметичность в затворе	Полная	–	▭	+	–	–
	0,05% от K_{vy}	+	▭	–	+	▭

Продолжение табл. 2

Технико-эксплуатационные параметры		Тип регулирующей арматуры				
		Двухседельные клапаны	Односедельные клапаны		Шаровые краны	Затворы поворотные дисковые
			разгруженные	неразгруженные		
Температура рабочей среды	до 200	+	+	+	+	+
	св. 200 до 425 включ.	+	+	+	▭	▭
	" 425 " 600 "	+	–	+	–	–
	" 600	▭	–	▭	–	–
Вид рабочей среды	жидкая, газообразная (чистая)	+	+	+	+	+
	загрязненная с механическими примесями	▽	–	▽	+	+
	кристаллизующаяся	▭	▭	▭	▭	▭
	налипающая	–	–	–	▭	▭
	токсичная, взрывоопасная	+	+	+	▭	–
Максимальная пропускная способность		+	▽	▽	+	+
Минимальная строительная длина		–	–	–	▽	+

Продолжение табл. 2

Технико-эксплуатационные параметры	Тип регулирующей арматуры				
	Двухседельные клапаны	Односедельные клапаны		Шаровые краны	Затворы поворотные дисковые
		разгруженные	неразгруженные		
Минимальна масса	—	▽	▽	▽	+
Низкая цена	—	—	▽	▽	+

Примечание. Условные обозначения к таблице:

\+ использование предпочтительное

— использование не рекомендуется

▭ требуется разработка новой конструкции

▽ использование допустимо, но не оптимальное

Таблица 3

Параметры элементов гидравлических систем

Тип местного сопротивления	$La_{ну}$	$\zeta_{ту}$
Клапан запорный проходной	1500	4,0 ÷ 6,0
Клапан угловой	200	3,0
Клапан прямоточный с наклонным шпинделем	450	3,0
Кран шаровой	2500	0,1 ÷ 0,3
Клапан запорный со смещенными осями	1500	5,0
Задвижка	38	0,3
Стандартная диафрагма $0,64 \geq m \geq 0,16$	$1432m^2-1594m+468,3$	$494,8m^2-539,6m+143,7$
$0,16 > m \geq 0,05$	$32800m^2-19160m+2476$	$18200m^2-10460m+1277$
Угольник 90^0	200	1,4
Угольник 135^0	300	0,4
Колено 90^0		
$R = 0,5\,D_{тр}$	45	1,2
$R = D_{тр}$	65	0,20

Продолжение табл. 3

Тип местного сопротивления	$La_{\lambda y}$	$\zeta_{ту}$
$R = 1{,}5\,D_{тр}$	90	0,17
Тройник симметричный равносторонний (разветвление потока)		
ответвление	150	2,3
проход	150	0,7
Внезапное расширение S_1 и S_2 – площади узкого и широкого сечений, $S_y = S_1$	15	$\left(1 - \frac{S_1}{S_2}\right)^2$
Внезапное сужение S_1 и S_2 – площади широкого и узкого сечений, $S_y = S_2$	12,6	$\left(1 - \frac{S_2}{S_1}\right)^2$
Диффузоры S_1, S_2 – площади широкого и узкого сечений α_g – центральный угол $\lambda_{тр}$ – коэффициент трения $m = \frac{S_1}{S_2}$ $S_y = S_1$	$\frac{16(1-m^{\frac{3}{2}})}{3\sin\left(\frac{\alpha_g}{2}\right)} + 12{,}6\sqrt[4]{\sin\alpha_g}$	$\alpha_g \le 20^\circ$ $tg[\alpha_g(1-m)^2] + \frac{\lambda_{тр}(1-m)^2}{8\sin\left(\frac{\alpha_g}{2}\right)}$

Продолжение табл. 3

Тип местно. сопротивления	$La_{лу}$	$\zeta_{ту}$
Конфузоры S_1 и S_2 – площади ш. кого и узкого чесений $\alpha_к$ – центральный угол $m = \frac{S_2}{S_1}$ $S_у = S_2$	$\frac{16(1-m^{\frac{3}{2}})}{3\sin(\frac{\alpha_к}{2})} + 12{,}6\sqrt[4]{\sin\alpha_к}$	$40° \geq \alpha_к > 0°$ $0{,}41 K_{пс}\left(\frac{1-m}{1-0{,}85m}\right)^2 + \frac{\lambda_{тр}(1-m)^2}{8\sin(\frac{\alpha_к}{2})}$ $K_{пс} = 5{,}68\cdot 10^{-4}\alpha_к^2 - 4{,}36\cdot 10^{-2}\alpha_к + 1$
Трубы круглого сечения $\bar{\Delta}$ – относительная шероховатость $\bar{\Delta} \leq 0{,}01$ $\bar{\Delta} > 0{,}01$	$\frac{32L}{D_{тр}}$	$\frac{\lambda_{тр} L}{D_{тр}}$ $\lambda_{тр} = 0{,}11(\bar{\Delta})^{0{,}25}$ $\lambda_{тр} = 0{,}25\left[lg\left(\frac{3{,}7}{\bar{\Delta}}\right)\right]^{-2}$

Примечание. значения $La_{лу}$ и $\zeta_{ту}$ местных сопротивлений не приведенных в табл. следует выбирать по соответствующим справочникам

Таблица 4

Коэффициенты кавитации для односедельных и двухседельных регулирующих клапанов

Тип клапана	Тип корпуса	Направление потока	K_{vy}, %	K_c	K_M	C_f^B
Малых расходов	-	-	100	0,55	0,65	0,85
Двухседельные	-	В межседельную камеру	100	0,50	0,65	0,90
			60	0,40	0,55	0,80
			40	0,35	0,45	0,80
		На рассекатель	100	0,45	0,60	0,80
			60	0,40	0,50	0,80
			40	0,30	0,40	0,80
Односедельный	Проходной	Под затвор	100	0,90	0,90	0,90
			60	0,85	0,85	0,80
			40	0,80	0,80	0,80
		На затвор	100	0,45	0,60	0,85
			60	0,40	0,50	0,80
			40	0,30	0,40	0,80
	Угловой	Под затвор	100	0,90	0,90	0,95
			60	0,85	0,85	0,95
			40	0,80	0,80	0,95
Шаровой			100	0,30	0,38	0,50

23-86 9.06.15

Таблица 5

Коэффициенты кавитации для поворотных дисковых затворов

Тип клапана	Затвор		$K_{ну}$, %	K_c	$K_м$	C_f^{δ}
	Тип диска	Угол поворота				
Дисковый затвор	Плоский	60^0	I00	0,35	0,55	0,65
		90^0	I00	0,25	0,30	0,50
	Профильный	60^0	I00	0,47	0,60	0,75
		90^0	I00	0,3I	0,43	0,50

23-86 9.06.87

Таблица 6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
			И65233-025, $ЛК_v16$			
0,1	$0,3333 \cdot 10^{-4}$	$0,2214 \cdot 10^{9}$	$0,9450 \cdot 10^{10}$	$0,1160 \cdot 10^{6}$	0,33	0,67
0,2	$0,6938 \cdot 10^{-4}$	$0,1053 \cdot 10^{9}$	$0,1360 \cdot 10^{10}$	$0,1669 \cdot 10^{5}$	0,35	0,74
0,3	$0,1094 \cdot 10^{-3}$	$0,7972 \cdot 10^{8}$	$0,4416 \cdot 10^{9}$	$0,5419 \cdot 10^{4}$	0,36	0,63
0,4	$0,1561 \cdot 10^{-3}$	$0,3664 \cdot 10^{8}$	$0,1930 \cdot 10^{9}$	$0,2365 \cdot 10^{4}$	0,45	0,78
0,5	$0,2119 \cdot 10^{-3}$	$0,1968 \cdot 10^{8}$	$0,9954 \cdot 10^{8}$	$0,1222 \cdot 10^{4}$	0,49	0,80
0,6	$0,2855 \cdot 10^{-3}$	$0,1301 \cdot 10^{8}$	$0,5595 \cdot 10^{8}$	$0,6866 \cdot 10^{3}$	0,50	0,72
0,7	$0,3793 \cdot 10^{-3}$	$0,9815 \cdot 10^{7}$	$0,3514 \cdot 10^{8}$	$0,4312 \cdot 10^{3}$	0,50	0,62
0,8	$0,4877 \cdot 10^{-3}$	$0,7606 \cdot 10^{7}$	$0,2527 \cdot 10^{8}$	$0,3101 \cdot 10^{3}$	0,51	0,54
0,9	$0,5660 \cdot 10^{-3}$	$0,6698 \cdot 10^{7}$	$0,2056 \cdot 10^{8}$	$0,2524 \cdot 10^{3}$	0,51	0,47
1,0	$0,6979 \cdot 10^{-3}$	$0,5984 \cdot 10^{7}$	$0,1803 \cdot 10^{8}$	$0,2213 \cdot 10^{3}$	0,52	0,43
			И65233-040, $ЛК_v40$			
0,1	$0,7170 \cdot 10^{-4}$	$0,1725 \cdot 10^{8}$	$0,3797 \cdot 10^{10}$	$0,1909 \cdot 10^{6}$	0,33	0,71
0,2	$0,1491 \cdot 10^{-3}$	$0,9901 \cdot 10^{7}$	$0,5329 \cdot 10^{9}$	$0,2679 \cdot 10^{5}$	0,36	0,83
0,3	$0,2346 \cdot 10^{-3}$	$0,5175 \cdot 10^{7}$	$0,1688 \cdot 10^{9}$	$0,8485 \cdot 10^{4}$	0,43	0,90
0,4	$0,3330 \cdot 10^{-3}$	$0,3253 \cdot 10^{7}$	$0,7289 \cdot 10^{8}$	$0,3664 \cdot 10^{4}$	0,47	0,92

Зам. ②

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$La(L)$	$Kc(L)$	$C_f(L)$
0,5	$0,4588 \cdot 10^{-3}$	$0,2290 \cdot 10^{7}$	$0,3534 \cdot 10^{8}$	$0,1777 \cdot 10^{4}$	0,49	0,92
0,6	$0,5918 \cdot 10^{-3}$	$0,1627 \cdot 10^{7}$	$0,2070 \cdot 10^{8}$	$0,1040 \cdot 10^{4}$	0,50	0,91
0,7	$0,7740 \cdot 10^{-3}$	$0,1253 \cdot 10^{7}$	$0,1249 \cdot 10^{8}$	$0,6279 \cdot 10^{3}$	0,50	0,85
0,8	$0,1029 \cdot 10^{-2}$	$0,9522 \cdot 10^{6}$	$0,7923 \cdot 10^{7}$	$0,3982 \cdot 10^{3}$	0,51	0,72
0,9	$0,1198 \cdot 10^{-2}$	$0,8516 \cdot 10^{6}$	$0,6454 \cdot 10^{7}$	$0,3244 \cdot 10^{3}$	0,51	0,66
1,0	$0,1354 \cdot 10^{-2}$	$0,7442 \cdot 10^{6}$	$0,5595 \cdot 10^{7}$	$0,2812 \cdot 10^{3}$	0,52	0,62
			И65233-050, $ЛК_v 63$			
0,1	$0,1080 \cdot 10^{-3}$	$0,9007 \cdot 10^{7}$	$0,2168 \cdot 10^{10}$	$0,2128 \cdot 10^{6}$	0,33	0,70
0,2	$0,2087 \cdot 10^{-3}$	$0,5378 \cdot 10^{7}$	$0,3663 \cdot 10^{9}$	$0,3597 \cdot 10^{5}$	0,35	0,79
0,3	$0,3141 \cdot 10^{-3}$	$0,3253 \cdot 10^{7}$	$0,1281 \cdot 10^{9}$	$0,1257 \cdot 10^{5}$	0,39	0,88
0,4	$0,4392 \cdot 10^{-3}$	$0,1803 \cdot 10^{7}$	$0,5609 \cdot 10^{8}$	$0,5506 \cdot 10^{4}$	0,46	0,91
0,5	$0,5949 \cdot 10^{-3}$	$0,1130 \cdot 10^{7}$	$0,2758 \cdot 10^{8}$	$0,2708 \cdot 10^{4}$	0,49	0,92
0,6	$0,7766 \cdot 10^{-3}$	$0,8473 \cdot 10^{6}$	$0,1532 \cdot 10^{8}$	$0,1504 \cdot 10^{4}$	0,49	0,91
0,7	$0,9988 \cdot 10^{-3}$	$0,6710 \cdot 10^{6}$	$0,9181 \cdot 10^{7}$	$0,9014 \cdot 10^{3}$	0,50	0,90
0,8	$0,1291 \cdot 10^{-2}$	$0,5334 \cdot 10^{6}$	$0,5787 \cdot 10^{7}$	$0,5681 \cdot 10^{3}$	0,51	0,78
0,9	$0,1655 \cdot 10^{-2}$	$0,3844 \cdot 10^{6}$	$0,3965 \cdot 10^{7}$	$0,3892 \cdot 10^{3}$	0,51	0,71

Зам.②

23-8b [illegible] 27-10-89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_k(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
I,0	$0,2048 \cdot 10^{-2}$	$0,3428 \cdot 10^{6}$	$0,3042 \cdot 10^{7}$	$0,2986 \cdot 10^{3}$	0,52	0,6I
			И65233-080, ЛК$_v$ I00			
0,I	$0,1909 \cdot 10^{-3}$	$0,8856 \cdot 10^{7}$	$0,1507 \cdot 10^{10}$	$0,606I \cdot 10^{6}$	0,33	0,63
0,2	$0,3863 \cdot 10^{-3}$	$0,204I \cdot 10^{7}$	$0,2I45 \cdot 10^{9}$	$0,8626 \cdot 10^{5}$	0,35	0,79
0,3	$0,5866 \cdot 10^{-3}$	$0,II05 \cdot 10^{7}$	$0,7074 \cdot 10^{8}$	$0,2844 \cdot 10^{5}$	0,4I	0,89
0,4	$0,7928 \cdot 10^{-3}$	$0,6898 \cdot 10^{6}$	$0,3272 \cdot 10^{8}$	$0,I3I6 \cdot 10^{5}$	0,46	0,9I
0,5	$0,I006 \cdot 10^{-2}$	$0,4628 \cdot 10^{6}$	$0,I8II \cdot 10^{8}$	$0,7282 \cdot 10^{4}$	0,48	0,92
0,6	$0,I23I \cdot 10^{-2}$	$0,I3I8 \cdot 10^{6}$	$0,III4 \cdot 10^{8}$	$0,4475 \cdot 10^{4}$	0,49	0,9I
0,7	$0,I474 \cdot 10^{-2}$	$0,2530 \cdot 10^{6}$	$0,73I6 \cdot 10^{7}$	$0,2942 \cdot 10^{4}$	0,50	0,9I
0,8	$0,I735 \cdot 10^{-2}$	$0,I993 \cdot 10^{6}$	$0,5064 \cdot 10^{7}$	$0,2036 \cdot 10^{4}$	0,5I	0,90
0,9	$0,20I3 \cdot 10^{-2}$	$0,I6I0 \cdot 10^{6}$	$0,3669 \cdot 10^{7}$	$0,I475 \cdot 10^{4}$	0,5I	0,90
I,0	$0,2385 \cdot 10^{-2}$	$0,I328 \cdot 10^{6}$	$0,259I \cdot 10^{7}$	$0,I042 \cdot 10^{4}$	0,52	0,83
			И65233-I00, ЛК$_v$ 250			
0,I	$0,4I22 \cdot 10^{-3}$	$0,I246 \cdot 10^{7}$	$0,3I35 \cdot 10^{9}$	$0,2462 \cdot 10^{6}$	0,33	0,62
0,2	$0,846I \cdot 10^{-3}$	$0,32I4 \cdot 10^{6}$	$0,4483 \cdot 10^{8}$	$0,352I \cdot 10^{5}$	0,34	0,75
0,3	$0,I308 \cdot 10^{-2}$	$0,I507 \cdot 10^{6}$	$0,I466 \cdot 10^{8}$	$0,II5I \cdot 10^{5}$	0,40	0,88
0,4	$0,I809 \cdot 10^{-2}$	$0,87I2 \cdot 10^{5}$	$0,66I9 \cdot 10^{7}$	$0,5I98 \cdot 10^{4}$	0,46	0,9I

зам.②

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
0,5	$0,2370 \cdot I0^{-2}$	$0,5669 \cdot I0^{5}$	$0,35I7 \cdot I0^{7}$	$0,2762 \cdot I0^{4}$	0,48	0,92
0,6	$0,3086 \cdot I0^{-2}$	$0,3937 \cdot I0^{5}$	$0,I964 \cdot I0^{7}$	$0,I543 \cdot I0^{4}$	0,50	0,9I
0,7	$0,4287 \cdot I0^{-2}$	$0,2892 \cdot I0^{5}$	$0,I0I7 \cdot I0^{7}$	$0,7987 \cdot I0^{3}$	0,50	0,9I
0,8	$0,5998 \cdot I0^{-2}$	$0,2233 \cdot I0^{5}$	$0,5788 \cdot I0^{6}$	$0,4546 \cdot I0^{3}$	0,5I	0,8I
0,9	$0,8095 \cdot I0^{-2}$	$0,I830 \cdot I0^{5}$	$0,39I8 \cdot I0^{6}$	$0,3077 \cdot I0^{3}$	0,52	0,66
I,0	$0,I0I3 \cdot I0^{-1}$	$0,I687 \cdot I0^{5}$	$0,3I2I \cdot I0^{6}$	$0,245I \cdot I0^{3}$	0,52	0,55
			И65233-I50, ЛК$_v$500			
0,I	$0,I340 \cdot I0^{-2}$	$0,2268 \cdot I0^{6}$	$0,3404 \cdot I0^{8}$	$0,9022 \cdot I0^{5}$	0,33	0,57
0,2	$0,2686 \cdot I0^{-2}$	$0,5745 \cdot I0^{5}$	$0,5495 \cdot I0^{7}$	$0,I457 \cdot I0^{5}$	0,35	0,79
0,3	$0,4069 \cdot I0^{-2}$	$0,2892 \cdot I0^{5}$	$0,I973 \cdot I0^{7}$	$0,523I \cdot I0^{4}$	0,4I	0,89
0,4	$0,5570 \cdot I0^{-2}$	$0,I750 \cdot I0^{5}$	$0,9504 \cdot I0^{6}$	$0,25I9 \cdot I0^{4}$	0,47	0,92
0,5	$0,7584 \cdot I0^{-2}$	$0,9842 \cdot I0^{4}$	$0,4877 \cdot I0^{6}$	$0,I293 \cdot I0^{4}$	0,49	0,9I
0,6	$0,I022 \cdot I0^{-1}$	$0,674I \cdot I0^{4}$	$0,2740 \cdot I0^{6}$	$0,7264 \cdot I0^{3}$	0,50	0,88
0,7	$0,I35I \cdot I0^{-1}$	$0,5I02 \cdot I0^{4}$	$0,I733 \cdot I0^{6}$	$0,4593 \cdot I0^{3}$	0,5I	0,76
0,8	$0,I696 \cdot I0^{-1}$	$0,4374 \cdot I0^{4}$	$0,I273 \cdot I0^{6}$	$0,3375 \cdot I0^{3}$	0,5I	0,65
0,9	$0,2029 \cdot I0^{-1}$	$0,3926 \cdot I0^{4}$	$0,I040 \cdot I0^{6}$	$0,2756 \cdot I0^{3}$	0,52	0,57
I,0	$0,2340 \cdot I0^{-1}$	$0,3664 \cdot I0^{4}$	$0,9I0I \cdot I0^{5}$	$0,24I2 \cdot I0^{3}$	0,52	0,5I

Зам. ②

23-8b Шваб 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
			И65233-200, ЛК$_v$ I000			
0,I	$0,I8I8 \cdot I0^{-2}$	$0,2603 \cdot I0^{6}$	$0,3009 \cdot I0^{8}$	$0,I80I \cdot I0^{6}$	0,33	0,34
0,2	$0,3705 \cdot I0^{-2}$	$0,3727 \cdot I0^{5}$	$0,4454 \cdot I0^{7}$	$0,2708 \cdot I0^{5}$	0,34	0,69
0,3	$0,5687 \cdot I0^{-2}$	$0,I4I7 \cdot I0^{5}$	$0,I499 \cdot I0^{7}$	$0,94I5 \cdot I0^{4}$	0,42	0,89
0,4	$0,78I3 \cdot I0^{-2}$	$0,8605 \cdot I0^{4}$	$0,6942 \cdot I0^{6}$	$0,4362 \cdot I0^{4}$	0,47	0,92
0,5	$0,I0I3 \cdot I0^{-1}$	$0,5536 \cdot I0^{4}$	$0,3808 \cdot I0^{6}$	$0,2303 \cdot I0^{4}$	0,49	0,92
0,6	$0,I260 \cdot I0^{-1}$	$0,3926 \cdot I0^{4}$	$0,2364 \cdot I0^{6}$	$0,I485 \cdot I0^{4}$	0,50	0,9I
0,7	$0,I545 \cdot I0^{-1}$	$0,32I4 \cdot I0^{4}$	$0,I555 \cdot I0^{6}$	$0,9770 \cdot I0^{3}$	0,50	0,84
0,8	$0,I92I \cdot I0^{-1}$	$0,2394 \cdot I0^{4}$	$0,I037 \cdot I0^{6}$	$0,65I7 \cdot I0^{3}$	0,5I	0,77
0,9	$0,2487 \cdot I0^{-1}$	$0,2096 \cdot I0^{4}$	$0,6874 \cdot I0^{5}$	$0,43I9 \cdot I0^{3}$	0,5I	0,64
I,0	$0,3II8 \cdot I0^{-1}$	$0,I874 \cdot I0^{4}$	$0,5068 \cdot I0^{5}$	$0,3I84 \cdot I0^{3}$	0,52	0,54
			УФ65085-250, ЛК$_v$ I600			
0,I	$0,4I78 \cdot I0^{-2}$	$0,3006 \cdot I0^{5}$	$0,5407 \cdot I0^{7}$	$0,6635 \cdot I0^{5}$	0,33	0,5I
0,2	$0,8I76 \cdot I0^{-2}$	$0,9070 \cdot I0^{4}$	$0,9464 \cdot I0^{6}$	$0,II6I \cdot I0^{5}$	0,35	0,52
0,3	$0,I239 \cdot I0^{-1}$	$0,4294 \cdot I0^{4}$	$0,3440 \cdot I0^{6}$	$0,422I \cdot I0^{4}$	0,42	0,88
0,4	$0,I805 \cdot I0^{-1}$	$0,2427 \cdot I0^{4}$	$0,I467 \cdot I0^{6}$	$0,I800 \cdot I0^{4}$	0,47	0,85
0,5	$0,2452 \cdot I0^{-1}$	$0,I5I4 \cdot I0^{4}$	$0,7780 \cdot I0^{5}$	$0,9547 \cdot I0^{3}$	0,49	0,78

Зам. ②

23-86 Ивас 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
0,6	$0,3128 \cdot 10^{-1}$	$0,1054 \cdot 10^{4}$	$0,4953 \cdot 10^{5}$	$0,6079 \cdot 10^{3}$	0,50	0,72
0,7	$0,3794 \cdot 10^{-1}$	$0,8163 \cdot 10^{3}$	$0,3632 \cdot 10^{5}$	$0,4457 \cdot 10^{3}$	0,51	0,67
0,8	$0,4528 \cdot 10^{-1}$	$0,7103 \cdot 10^{3}$	$0,2845 \cdot 10^{5}$	$0,3491 \cdot 10^{3}$	0,51	0,60
0,9	$0,5330 \cdot 10^{-1}$	$0,6151 \cdot 10^{3}$	$0,2360 \cdot 10^{5}$	$0,2896 \cdot 10^{3}$	0,52	0,55
1,0	$0,6157 \cdot 10^{-1}$	$0,5594 \cdot 10^{3}$	$0,2057 \cdot 10^{5}$	$0,2524 \cdot 10^{3}$	0,52	0,50
У27096-150, $ЛК_V$ 400						
0,1	$0,4341 \cdot 10^{-3}$	$0,1687 \cdot 10^{7}$	$0,2994 \cdot 10^{9}$	$0,7956 \cdot 10^{6}$	0,85	0,44
0,2	$0,1229 \cdot 10^{-2}$	$0,1993 \cdot 10^{6}$	$0,1704 \cdot 10^{8}$	$0,4516 \cdot 10^{5}$	0,85	0,51
0,3	$0,2437 \cdot 10^{-2}$	$0,7547 \cdot 10^{5}$	$0,2962 \cdot 10^{7}$	$0,7853 \cdot 10^{4}$	0,84	0,73
0,4	$0,4307 \cdot 10^{-2}$	$0,3937 \cdot 10^{5}$	$0,7854 \cdot 10^{6}$	$0,2082 \cdot 10^{4}$	0,81	0,79
0,5	$0,6249 \cdot 10^{-2}$	$0,2520 \cdot 10^{5}$	$0,3596 \cdot 10^{6}$	$0,9551 \cdot 10^{3}$	0,79	0,68
0,6	$0,8132 \cdot 10^{-2}$	$0,1687 \cdot 10^{5}$	$0,2208 \cdot 10^{6}$	$0,5852 \cdot 10^{3}$	0,76	0,62
0,7	$0,9951 \cdot 10^{-2}$	$0,1208 \cdot 10^{5}$	$0,1593 \cdot 10^{6}$	$0,7224 \cdot 10^{3}$	0,74	0,60
0,8	$0,1082 \cdot 10^{-1}$	$0,9317 \cdot 10^{4}$	$0,1424 \cdot 10^{6}$	$0,3774 \cdot 10^{3}$	0,74	0,62
0,9	$0,1223 \cdot 10^{-1}$	$0,8386 \cdot 10^{4}$	$0,1213 \cdot 10^{6}$	$0,3215 \cdot 10^{3}$	0,74	0,58
1,0	$0,1355 \cdot 10^{-1}$	$0,7932 \cdot 10^{4}$	$0,1077 \cdot 10^{6}$	$0,2854 \cdot 10^{3}$	0,74	0,54

Зам. ②

23-86 [illegible] 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
			Р27054-006, ЛК$_v$ 0,63			
0,I	0,2259 $I0^{-4}$	0,3543 $I0^{12}$	0,I886 $I0^{10}$	0,3200 $I0^{3}$	0,85	0,30
0,2	0,2324 $I0^{-4}$	0,I276 $I0^{12}$	0,I822 $I0^{10}$	0,309I $I0^{3}$	0,85	0,30
0,3	0,239I $I0^{-4}$	0,4982 $I0^{11}$	0,I76I $I0^{10}$	0,2988 $I0^{3}$	0,84	0,30
0,4	0,246I $I0^{-4}$	0,2892 $I0^{11}$	0,I704 $I0^{10}$	0,2890 $I0^{3}$	0,82	0,30
0,5	0,2535 $I0^{-4}$	0,I887 $I0^{11}$	0,I649 $I0^{10}$	0,2798 $I0^{3}$	0,80	0,30
0,6	0,26I3 $I0^{-4}$	0,I246 $I0^{11}$	0,I597 $I0^{10}$	0,2709 $I0^{3}$	0,78	0,30
0,7	0,2695 $I0^{-4}$	0,8833 $I0^{10}$	0,I546 $I0^{10}$	0,2623 $I0^{3}$	0,76	0,30
0,8	0,2784 $I0^{-4}$	0,7062 $I0^{10}$	0,I497 $I0^{10}$	0,2540 $I0^{3}$	0,74	0,30
0,9	0,2882 $I0^{-4}$	0,5774 $I0^{10}$	0,I449 $I0^{10}$	0,2458 $I0^{3}$	0,74	0,30
I,0	0,2992 $I0^{-4}$	0,454I $I0^{10}$	0,I40I $I0^{10}$	0,2376 $I0^{3}$	0,74	0,32
			И68068-0I5, ЛК 2,5			
0,I	0,II35 $I0^{-5}$	0,6299 $I0^{10}$	0,8II0 $I0^{13}$	0,2I52 $I0^{8}$	0,85	0,56
0,2	0,2262 $I0^{-5}$	0,I993 $I0^{10}$	0,I08I $I0^{13}$	0,2866 $I0^{7}$	0,83	0,76
0,3	0,338I $I0^{-5}$	0,II35 $I0^{10}$	0,340I $I0^{12}$	0,90I5 $I0^{6}$	0,8I	0,87
0,4	0,449I $I0^{-5}$	0,7665 $I0^{9}$	0,I5I8 $I0^{12}$	0,4026 $I0^{6}$	0,79	0,87

Зам. ②

23-86 КИва 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
			И68068-0I5, ЛК$_v$ 2,5			
0,5	0,5594 $I0^{-5}$	0,5378 $I0^{9}$	0,82I8 $I0^{11}$	0,2I77 $I0^{6}$	0,77	0,86
0,6	0,6689 $I0^{-5}$	0,44I3 $I0^{9}$	0,5007 $I0^{11}$	0,I327 $I0^{6}$	0,76	0,86
0,7	0,7775 $I0^{-5}$	0,3727 $I0^{9}$	0,33I6 $I0^{11}$	0,8786 $I0^{5}$	0,74	0,85
0,8	0,8854 $I0^{-5}$	0,3035 $I0^{9}$	0,2330 $I0^{11}$	0,6I77 $I0^{5}$	0,74	0,85
0,9	0,9925 $I0^{-5}$	0,2635 $I0^{9}$	0,I7I5 $I0^{11}$	0,4545 $I0^{5}$	0,74	0,85
I,0	0,I099 $I0^{-4}$	0,23I0 $I0^{9}$	0,I307 $I0^{11}$	0,3466 $I0^{5}$	0,74	0,85
			У27087-0I0, ЛК$_v$ I,6			
0,I	0,I204 $I0^{-5}$	0,24II $I0^{11}$	0,7067 $I0^{13}$	0,5550 $I0^{7}$	0,35	0,96
0,2	0,253I $I0^{-5}$	0,II7I $I0^{11}$	0,8348 $I0^{12}$	0,6557 $I0^{6}$	0,35	0,95
0,3	0,4034 $I0^{-5}$	0,723I $I0^{10}$	0,2273 $I0^{12}$	0,I785 $I0^{6}$	0,35	0,94
0,4	0,58I0 $I0^{-5}$	0,47I7 $I0^{10}$	0,8437 $I0^{11}$	0,6626 $I0^{5}$	0,35	0,93
0,5	0,8II5 $I0^{-5}$	0,3792 $I0^{10}$	0,3497 $I0^{11}$	0,2746 $I0^{5}$	0,36	0,93
0,6	0,I244 $I0^{-4}$	0,2530 $I0^{10}$	0,II86 $I0^{11}$	0,93I4 $I0^{4}$	0,37	0,93
0,7	0,2234 $I0^{-4}$	0,I507 $I0^{10}$	0,299I $I0^{10}$	0,2349 $I0^{4}$	0,40	0,86
0,8	0,3884 $I0^{-4}$	0,93I8 $I0^{9}$	0,97I8 $I0^{9}$	0,7633 $I0^{3}$	0,43	0,62

Зам. ②

23-86 Ивов 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_0(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
			У27087-0I0, ЛК, I,6			
0,9	0,5707 10^{-4}	0,7I03 10^{9}	0,5I9I 10^{9}	0,4077 10^{3}	0,45	0,48
I,0	0,75I0 10^{-4}	0,5309 10^{9}	0,3688 10^{9}	0,2897 10^{3}	0,47	0,42
			А26257-032, ЛК, I6			
0,I	0,4689 10^{-4}	0,I725 10^{10}	0,I998 10^{10}	0,5I42 10^{5}	0,85	0,30
0,2	0,9040 10^{-4}	0,I054 10^{10}	0,3636 10^{9}	0,9357 10^{4}	0,85	0,30
0,3	0,I307 10^{-3}	0,I4I7 10^{9}	0,I47I 10^{9}	0,3784 10^{4}	0,85	0,30
0,4	0,I709 10^{-3}	0,4904 10^{8}	0,7870 10^{8}	0,2026 10^{4}	0,82	0,54
0,5	0,2I47 10^{-3}	0,32I4 10^{8}	0,4757 10^{8}	0,I224 10^{4}	0,80	0,56
0,6	0,2580 10^{-3}	0,2044 10^{8}	0,324I 10^{8}	0,8342 10^{3}	0,78	0,57
0,7	0,3005 10^{-3}	0,I444 10^{8}	0,2408 10^{8}	0,6I97 10^{3}	0,76	0,58
0,8	0,3455 10^{-3}	0,I054 10^{8}	0,I877 10^{8}	0,483I 10^{3}	0,74	0,58
0,9	0,394I 10^{-3}	0,8034 10^{7}	0,I5II 10^{8}	0,3888 10^{3}	0,74	0,58
I,0	0,4I86 10^{-3}	0,7547 10^{7}	0,I397 10^{8}	0,3594 10^{3}	0,74	0,56

Зам. ②

23-86 [illegible] 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_0(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
			А26257-050, ЛК v 40			
0,I	0,3I92 $I0^{-4}$	0,42I7 $I0^{10}$	0,2048 $I0^{11}$	0,20II $I0^{7}$	0,85	0,30
0,2	0,8639 $I0^{-4}$	0,3926 $I0^{8}$	0,I240 $I0^{10}$	0,I2I8 $I0^{6}$	0,85	0,50
0,3	0,I609 $I0^{-3}$	0,2208 $I0^{8}$	0,2356 $I0^{9}$	0,23I3 $I0^{5}$	0,85	0,42
0,4	0,2497 $I0^{-3}$	0,9I60 $I0^{7}$	0,77I8 $I0^{8}$	0,7577 $I0^{4}$	0,83	0,7I
0,5	0,3598 $I0^{-3}$	0,5I09 $I0^{7}$	0,3202 $I0^{8}$	0,3I43 $I0^{4}$	0,8I	0,83
0,6	0,4588 $I0^{-3}$	0,3I89 $I0^{7}$	0,I830 $I0^{8}$	0,I797 $I0^{4}$	0,78	0,82
0,7	0,5484 $I0^{-3}$	0,2I42 $I0^{7}$	0,I24I $I0^{8}$	0,I2I9 $I0^{4}$	0,76	0,82
0,8	0,6427 $I0^{-3}$	0,I650 $I0^{7}$	0,8987 $I0^{7}$	0,8823 $I0^{3}$	0,74	0,79
0,9	0,7563 $I0^{-3}$	0,I246 $I0^{7}$	0,6603 $I0^{7}$	0,6483 $I0^{3}$	0,74	0,77
I,0	0,87I0 $I0^{-3}$	0,II03 $I0^{7}$	0,5I36 $I0^{7}$	0,5042 $I0^{3}$	0,74	0,7I
			И65270-040, РК v I6			
0,I	0,9758 $I0^{-5}$	0,I887 $I0^{11}$	0,4497 $I0^{12}$	0,2240 $I0^{8}$	0,85	0,30
0,2	0,2046 $I0^{-4}$	0,I0I7 $I0^{10}$	0,5I32 $I0^{11}$	0,2580 $I0^{7}$	0,85	0,38
0,3	0,3247 $I0^{-4}$	0,4573 $I0^{9}$	0,I368 $I0^{11}$	0,6875 $I0^{6}$	0,85	0,37
0,4	0,4645 $I0^{-4}$	0,2290 $I0^{9}$	0,5002 $I0^{10}$	0,25I4 $I0^{6}$	0,85	0,38
0,5	0,6342 $I0^{-4}$	0,I380 $I0^{9}$	0,2I23 $I0^{10}$	0,I067 $I0^{6}$	0,85	0,37

Зам. ②

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_x(L)$, $м^{-4}$	$C_a(L)$, $м^{-3}$	$L_0(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
			И65270-040, РК v I6			
0,6	0,8549 10^{-4}	0,8386 10^{6}	0,9506 10^{9}	0,4778 10^{5}	0,85	0,44
0,7	0,II50 10^{-3}	0,3664 10^{6}	0,4367 10^{9}	0,2I05 10^{4}	0,83	0,8I
0,8	0,I605 10^{-3}	0,I705 10^{6}	0,I877 10^{9}	0,9435 10^{4}	0,79	0,87
0,9	0,2290 10^{-3}	0,9479 10^{7}	0,7962 10^{8}	0,4002 10^{4}	0,75	0,86
I,0	0,3064 10^{-3}	0,5045 10^{7}	0,4082 10^{8}	0,2052 10^{4}	0,74	0,85
			И6520I-0I0, ЛК v 2,5			
0,I	0,8430 10^{-5}	0,53I2 10^{10}	0,I857 10^{11}	0,I458 10^{5}	0,85	0,44
0,2	0,I289 10^{-4}	0,2096 10^{10}	0,6483 10^{10}	0,5092 10^{4}	0,84	0,64
0,3	0,I706 10^{-4}	0,I475 10^{10}	0,3353 10^{10}	0,2634 10^{4}	0,84	0,72
0,4	0,2096 10^{-4}	0,I054 10^{10}	0,2II3 10^{10}	0,I659 10^{4}	0,83	0,82
0,5	0,2443 10^{-4}	0,7785 10^{9}	0,I496 10^{10}	0,II75 10^{4}	0,8I	0,86
0,6	0,2808 10^{-4}	0,5449 10^{9}	0,II46 10^{10}	0,8999 10^{3}	0,80	0,87
0,7	0,3I5I 10^{-4}	0,3648 10^{9}	0,9I64 10^{9}	0,7I97 10^{3}	0,77	0,86
0,8	0,353I 10^{-4}	0,2659 10^{9}	0,7439 10^{9}	0,5842 10^{3}	0,75	0,86
0,9	0,3970 10^{-4}	0,I962 10^{9}	0,6087 10^{9}	0,478I 10^{3}	0,74	0,85
I,0	0,4623 10^{-4}	0,I466 10^{9}	0,4968 10^{9}	0,3902 10^{3}	0,74	0,85

Зам.②

23·86 [illegible] 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
			И65204-01-025, ЛК у 16			
0,1	$0{,}3131\ 10^{-4}$	$0{,}1575\ 10^{12}$	$0{,}4627\ 10^{10}$	$0{,}5678\ 10^{6}$	0,85	0,30
0,2	$0{,}6434\ 10^{-4}$	$0{,}2892\ 10^{11}$	$0{,}7212\ 10^{9}$	$0{,}8850\ 10^{4}$	0,85	0,30
0,3	$0{,}9952\ 10^{-4}$	$0{,}1246\ 10^{9}$	$0{,}2529\ 10^{9}$	$0{,}3104\ 10^{4}$	0,84	0,33
0,4	$0{,}1374\ 10^{-3}$	$0{,}8386\ 10^{8}$	$0{,}1229\ 10^{9}$	$0{,}1509\ 10^{4}$	0,84	0,37
0,5	$0{,}1769\ 10^{-3}$	$0{,}4717\ 10^{8}$	$0{,}7299\ 10^{8}$	$0{,}8958\ 10^{3}$	0,82	0,55
0,6	$0{,}2159\ 10^{-3}$	$0{,}3019\ 10^{8}$	$0{,}5019\ 10^{8}$	$0{,}6159\ 10^{3}$	0,80	0,57
0,7	$0{,}2543\ 10^{-3}$	$0{,}1725\ 10^{8}$	$0{,}3800\ 10^{8}$	$0{,}4663\ 10^{3}$	0,76	0,62
0,8	$0{,}2920\ 10^{-3}$	$0{,}1179\ 10^{8}$	$0{,}3077\ 10^{8}$	$0{,}3776\ 10^{3}$	0,74	0,65
0,9	$0{,}3179\ 10^{-3}$	$0{,}9318\ 10^{7}$	$0{,}2748\ 10^{8}$	$0{,}3372\ 10^{3}$	0,74	0,67
1,0	$0{,}3503\ 10^{-3}$	$0{,}8163\ 10^{7}$	$0{,}2431\ 10^{8}$	$0{,}2983\ 10^{3}$	0,74	0,65
			И39109-050			
0,1	$0{,}2243\ 10^{-4}$	$0{,}5148\ 10^{8}$	$0{,}2612\ 10^{10}$	$0{,}2564\ 10^{6}$	0,70	0,91
0,2	$0{,}1862\ 10^{-3}$	$0{,}2355\ 10^{8}$	$0{,}2993\ 10^{8}$	$0{,}2938\ 10^{4}$	0,70	0,81
0,3	$0{,}3962\ 10^{-3}$	$0{,}8351\ 10^{7}$	$0{,}8351\ 10^{7}$	$0{,}8199\ 10^{3}$	0,71	0,56
0,4	$0{,}6206\ 10^{-3}$	$0{,}4929\ 10^{7}$	$0{,}4576\ 10^{7}$	$0{,}4492\ 10^{3}$	0,77	0,51
0,5	$0{,}8486\ 10^{-3}$	$0{,}2255\ 10^{7}$	$0{,}3296\ 10^{7}$	$0{,}3236\ 10^{3}$	0,80	0,53

Зам. ②

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_K(L)$, $м^{-4}$	$C_A(L)$, $м^{-3}$	$L_0(L)$	$K_C(L)$	$C_X(L)$
			И39I09-050			
0,6	0,I076 I0^{-2}	0,I032 I0^{7}	0,2709 I0^{7}	0,2659 I0^{3}	0,75	0,59
0,7	0,I30I I0^{-2}	0,4720 I0^{6}	0,2388 I0^{7}	0,2345 I0^{3}	0,6I	0,65
0,8	0,I523 I0^{-2}	0,2I59 I0^{6}	0,2I92 I0^{7}	0,2I52 I0^{3}	0,40	0,69
0,9	0,I744 I0^{-2}	0,9878 I0^{5}	0,2062 I0^{7}	0,2025 I0^{3}	0,28	0,64
I,0	0,I963 I0^{-2}	0,45I9 I0^{5}	0,I97I I0^{7}	0,I935 I0^{3}	0,26	0,60
			У39083-080 Ку650 (1)			
0,I	0,5742 I0^{-4}	0,3356 I0^{7}	0,6377 I0^{9}	0,2564 I0^{6}	0,70	0,9I
0,2	0,4766 I0^{-3}	0,I535 I0^{7}	0,7307 I0^{7}	0,2938 I0^{4}	0,70	0,9I
0,3	0,I0I4 I0^{-2}	0,7024 I0^{6}	0,2039 I0^{7}	0,8I99 I0^{3}	0,7I	0,85
0,4	0,I589 I0^{-2}	0,32I3 I0^{6}	0,III7 I0^{7}	0,4492 I0^{3}	0,77	0,78
0,5	0,2I72 I0^{-2}	0,I470 I0^{6}	0,8046 I0^{6}	0,3236 I0^{3}	0,80	0,82
0,6	0,2754 I0^{-2}	0,6725 I0^{6}	0,66I3 I0^{6}	0,2659 I0^{3}	0,75	0,85
0,7	0,3330 I0^{-2}	0,3077 I0^{6}	0,5830 I0^{6}	0,2345 I0^{3}	0,6I	0,80
0,8	0,3899 I0^{-2}	0,I408 I0^{6}	0,5352 I0^{6}	0,2I52 I0^{3}	0,40	0,74
0,9	0,4464 I0^{-2}	0,6439 I0^{4}	0,5035 I0^{6}	0,2025 I0^{3}	0,28	0,64
I,0	0,5027 I0^{-2}	0,2946 I0^{4}	0,48I2 I0^{6}	0,I935 I0^{3}	0,26	0,60

Зам. ②

23-86 [illegible] 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
			И65I99-020 ЛК v6,3			
0,I	0,3795 I0^{-4}	0,8034 I0^{9}	0,I282 I0^{10}	0,804I I0^{4}	0,85	0,30
0,2	0,4754 I0^{-4}	0,3I26 I0^{9}	0,7372 I0^{9}	0,4632 I0^{4}	0,83	0,59
0,3	0,6543 I0^{-4}	0,I946 I0^{9}	0,3467 I0^{9}	0,2I79 I0^{4}	0,82	0,73
0,4	0,788I I0^{-4}	0,I200 I0^{9}	0,2288 I0^{9}	0,I438 I0^{4}	0,79	0,78
0,5	0,9857 I0^{-4}	0,8695 I0^{8}	0,I42I I0^{9}	0,893I I0^{3}	0,78	0,72
0,6	0,II33 I0^{-3}	0,693I I0^{8}	0,I079 I0^{9}	0,6776 I0^{3}	0,76	0,70
0,7	0,I34I I0^{-3}	0,500I I0^{8}	0,7883 I0^{8}	0,4953 I0^{3}	0,74	0,69
0,8	0,I473 I0^{-3}	0,4374 I0^{8}	0,6682 I0^{8}	0,4I98 I0^{3}	0,74	0,67
0,9	0,I640 I0^{-3}	0,3520 I0^{8}	0,5670 I0^{8}	0,3563 I0^{3}	0,74	0,66
I,0	0,I829 I0^{-3}	0,33I8 I0^{8}	0,4782 I0^{8}	0,3005 I0^{3}	0,74	0,6I
			У27095-I00 ЛКv-160			
0,I	0,8677 I0^{-4}	0,3I89 I0^{7}	0,I0I4 I0^{11}	0,7965 I0^{7}	0,85	0,54
0,2	0,I848 I0^{-3}	0,53I2 I0^{6}	0,II42 I0^{10}	0,8272 I0^{6}	0,84	0,70
0,3	0,3003 I0^{-3}	0,2268 I0^{6}	0,29I4 I0^{9}	0,2288 I0^{6}	0,8I	0,87
0,4	0,4486 I0^{-3}	0,I384 I0^{6}	0,97I9 I0^{8}	0,7633 I0^{5}	0,78	0,86
0,5	0,6880 I0^{-3}	0,9645 I0^{5}	0,3I37 I0^{8}	0,2464 I0^{5}	0,76	0,86

ЗОМ (2)

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_к(L)$, $м^{-4}$	$C_л(L)$, $м^{-3}$	$L_а(L)$	$K_с(L)$	$C_х(L)$
			У27095-100 ЛКv 160			
0,6	0,1065 10^{-2}	0,7785 10^{5}	0,1062 10^{8}	0,8343 10^{4}	0,74	0,85
0,7	0,1505 10^{-2}	0,6508 10^{5}	0,4544 10^{7}	0,3569 10^{4}	0,74	0,85
0,8	0,2047 10^{-2}	0,5594 10^{5}	0,2287 10^{7}	0,1796 10^{4}	0,74	0,85
0,9	0,2663 10^{-2}	0,4982 10^{5}	0,1333 10^{7}	0,1047 10^{4}	0,74	0,85
1,0	0,3305 10^{-2}	0,4685 10^{5}	0,8843 10^{6}	0,6945 10^{3}	0,74	0,85
			И68069-015 ЛКv2,5			
0,1	0,1312 10^{-5}	0,3543 10^{12}	0,5302 10^{13}	0,1406 10^{8}	0,85	0,30
0,2	0,2775 10^{-5}	0,1202 10^{12}	0,5988.10^{12}	0,1587 10^{7}	0,85	0,30
0,3	0,4467 10^{-5}	0,7665 10^{11}	0,1542 10^{12}	0,4089 10^{6}	0,85	0,30
0,4	0,6566 10^{-5}	0,2892 10^{11}	0,5279 10^{11}	0,1397 10^{6}	0,85	0,30
0,5	0,9472 10^{-5}	0,1285 10^{11}	0,1944 10^{11}	0,5152 10^{5}	0,85	0,30
0,6	0,1319 10^{-4}	0,5312 10^{10}	0,8092 10^{10}	0,2144 10^{5}	0,85	0,30
0,7	0,1899 10^{-4}	0,1444 10^{10}	0,3183 10^{10}	0,8436 10^{4}	0,83	0,81
0,8	0,3252 10^{-4}	0,6237 10^{9}	0,8711 10^{9}	0,2309 10^{4}	0,79	0,83
0,9	0,4613 10^{-4}	0,3189 10^{9}	0,3964 10^{9}	0,1051 10^{4}	0,74	0,79
1,0	0,5786 10^{-4}	0,1977 10^{9}	0,2458 10^{9}	0,6575 10^{3}	0,74	0,79

Нов.②

Продолжение табл.6

L	$S_0(L)$, $м^2$	$C_x(L)$, $м^{-4}$	$C_1(L)$, $м^{-3}$	$L_0(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
			Л39098-100 K_v880			
0,1	0,8973 10^{-4}	0,1834 10^{7}	0,3265 10^{9}	0,2564 10^{6}	0,70	0,78
0,2	0,7448 10^{-3}	0,8392 10^{6}	0,3741 10^{7}	0,2938 10^{4}	0,70	0,81
0,3	0,1585 10^{-2}	0,3839 10^{6}	0,1044 10^{7}	0,8199 10^{3}	0,71	0,85
0,4	0,2483 10^{-2}	0,1756 10^{6}	0,5720 10^{6}	0,4492 10^{3}	0,77	0,87
0,5	0,3394 10^{-2}	0,8035 10^{5}	0,4120 10^{6}	0,3236 10^{3}	0,80	0,85
0,6	0,4303 10^{-2}	0,3676 10^{5}	0,3386 10^{6}	0,2659 10^{3}	0,75	0,80
0,7	0,5202 10^{-2}	0,1682 10^{5}	0,2985 10^{6}	0,2345 10^{3}	0,61	0,71
0,8	0,6092 10^{-2}	0,7694 10^{4}	0,2740 10^{6}	0,2152 10^{3}	0,40	0,55
0,9	0,6975 10^{-2}	0,3520 10^{4}	0,2578 10^{6}	0,2025 10^{3}	0,28	0,35
1,0	0,7854 10^{-2}	0,1610 10^{4}	0,2464 10^{6}	0,1935 10^{3}	0,26	0,30

Нов.②

23-86 9.06.87

Таблица 7

Физические свойства газов

Газ	Химическая формула	Плотность ρ_0, кг/нм³	Показатель адиабаты K	Критические параметры		Вязкость динамическая η_0, пз·10⁶	Газовые постоянные		
				$t_{кр}$, °C	$P_{кр}$, МПа		интервал температур, °C	C_r	M_r
Азот	N_2	1,250	1,40	-147,0	3,46	166,5	20÷825	104,7	0,68
Аммиак	NH_3	0,771	1,29	132,3	11,50	93,5	20÷300	503,0	1,06
Ацетилен	C_2H_2	1,171	1,25	35,7	6,37	94,0	20÷120	198,2	-
Н-бутан	C_4H_{10}	2,703	1,11	152,0	3,87	8,2	20÷120	377,4	0,97
							20÷100	73	
							100÷200	86	
Водород	H_2	0,0899	1,41	-239,9	1,32	84,0	200÷250	105	0,678
							713÷822	234	
Воздух (сухой)	-	1,293	1,40	-140,7	3,84	172	16÷825	111	0,683
Гелий	He	0,178	1,66	-267,9	23,3	185	100÷200	83	0,68
							200÷250	95	
Кислород	O_2	1,429	1,40	-118,4	5,17	194	15÷630	125	0,693

РД РТМ 26-02-256-84 Стр. 7

Продолжение табл. 7

Газ	Химическая формула	Плотность ρ_0, кг/нм³	Показатель адиабаты K	Критические параметры		Вязкость динамическая η_0, пз·10^6	Газовые постоянные		
				$t_{кр}$, °С	$P_{кр}$, МПа		интервал температур, °С	C_r	M_r
Метан	CH_4	0,717	1,31	-82,1	4,73	104	20÷500	162	0,76
Окись углерода	CO	1,250	1,40	-140,0	3,56	121	20÷277	101,2	0,912
Пропан	C_3H_8	2,004	1,13	96,8	4,34	75	20÷250	278	0,92
Пропилен	C_3H_6	1,915	1,17	92,0	4,71	78	20÷120	321,6	-
Сернистый газ	SO_2	2,926	1,25	157,5	8,04	121	300 +850	306	0,812
Сероводород	H_2S	1,539	1,34	218,2	8,66	118	0÷100 25÷280	331 254	-
Углекислый газ	CO_2	1,977	1,30	31,04	7,528	140	300÷824	213	0,82
Хлор	Cl_2	3,220	1,36	144,0	7,86	125	20÷500	351	-
Этан	C_2H_6	1,356	1,20	32,3	4,98	86	20÷250	252	0,98
Этилен	C_2H_4	1,260	1,25	9,2	5,16	95	20÷250	225	-

Приложение 2

Справочное

Пример расчета и выбора РА при установке ее в ГС

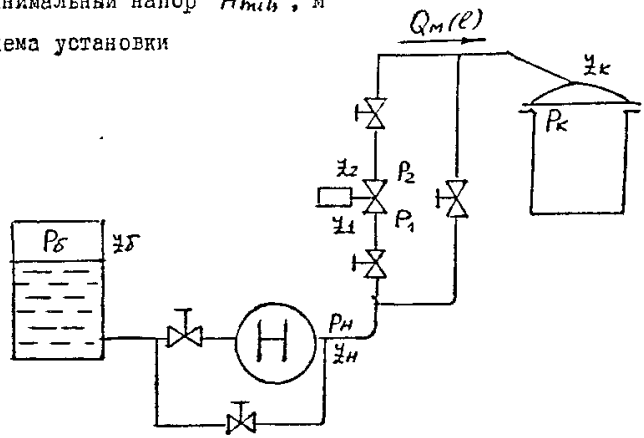
Исходные данные:

Рабочая среда	98% серная кислота
Температура среды на входе РА T_1, К	298
Плотность среды при температуре T_1 - ρ, кг/м^3	1830
Коэффициент кинематической вязкости среды при температуре T_1 - ν, м^2/с	$1{,}07 \cdot 10^5$
Максимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту $Q_{m\,max}$, кг/с	0,7
Минимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту $Q_{m\,min}$, кг/с	0,2
Абсолютное статическое давление в баке насоса $P_б$, Па	$1{,}013 \cdot 10^5$
Абсолютное статическое давление в конце ГС $P_к$, Па	$1{,}013 \cdot 10^5$
Значение потенциальных энергий положения:	
уровня жидкости в баке насоса $Z_б$, м	3
нагнетательного патрубка источника напора $Z_н$, м	0
на входе РА Z_1, м	2
на выходе РА Z_2, м	2
в конце ГС $Z_к$, м	6
Источник напора	центробежный насос типа НС

23-86 9.06. 87

Максимальный расход Q_{max}, м³/ч	3
Средний расход $Q_{ср}$, м³/ч	2
Минимальный расход Q_{min}, м³/ч	I
Максимальный напор H_{max}, м	27
Средний напор $H_{ср}$, м	20,5
Минимальный напор H_{min}, м	II

Схема установки



Перечень элементов гидравлической системы

Всасывающая линия:

диаметр трубопровода $D_{тв}$, м	0,032
длина трубопровода $L_{тв}$, м	4
шероховатость Δ, м	$2 \cdot 10^{-4}$
угол конфузора нагнетательного патрубка	10^0

Состав всасывающей линии:

внезапное сужение (ВС)

тройник (ТК) - $n = 1$

клапан запорный проходной (КЛ) - $n = 1$

трубопроводная линия (ТР)

конфузорный переход на нагнетательном патрубке насоса (К)

Нагнетательная линия:

диаметр трубопровода $D_{тн}$,м 0,02

длина трубопровода до РА L_1 ,м II

длина трубопровода после РА L_2 ,м I2

Состав нагнетательной линии:

участок до РА

тройник (ТК) - $n = 2$

клапан запорный проходной (КЛ)- $n = 2$

колено под углом 90^0 ($R = D_{тр}$) - $n = 1$

трубопроводная линия (ТР1)

участок после РА

тройник (ТК) - $n = 1$

клапан запорный проходной (КЛ) - $n = 1$

колено под углом 90^0 - $n = 1$

угольник под углом 135^0 - $n = 1$

внезапное расширение (ВР)

трубопроводная линия (ТР2)

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

I.I. Определение параметров всасывающей линии

I.I.I. Расчет квадратичного модуля всасывающей линии проводится по формуле:

$$C_{КВ} = \frac{\zeta_{твс} + \zeta_{ттк} + \zeta_{ткл} + \frac{\lambda_{тр} \cdot L_{тв} \, k_0}{D_{тв}}}{2 S_в^2} + \frac{\zeta_{тк} + \left(1 - \frac{D_{тв}^4}{D_{тн}^4}\right)}{2 S_н^2},$$

где $\zeta_{твс}, \zeta_{ттк}, \zeta_{ткл}, \lambda_{тр}, k_0, D_{тв}, \zeta_{тк}$ определяются по табл.3 приложения I.

$\zeta_{твс} = 0,5;$

$\zeta_{ттк} = 0,3;$

$\zeta_{ткл} = 4;$

23-86 9.06. Дст

$$\lambda_{тр} = 0{,}25\left[\lg\left(\frac{37\cdot 0{,}032}{2\cdot 10^{-4}}\right)\right]^{-2} = 3{,}252\cdot 10^{-2};$$

$$K_{\delta} = 1{,}25;$$

$$\zeta_{тк} = \frac{0{,}41(5{,}68\ 10^{-4}10^{2} - 4{,}36\cdot 10^{-2}\cdot 10 + 1)\left(1-\frac{0{,}02}{0{,}032}\right)^{2}}{\left(1-0{,}85\ \frac{0{,}02}{0{,}032}\right)^{2}} + \frac{3{,}253\cdot 10^{-2}\left(1-\frac{0{,}02}{0{,}032}\right)^{2}}{8\sin\left(\frac{10}{2}\right)} = 0{,}42;$$

$$S_{в} = 0{,}785\cdot D_{тв}^{2} = 0{,}785\cdot 0{,}032^{2} = 8{,}042\ 10^{-4}\ [м^{2}];$$

$$S_{н} = 0{,}785\cdot D_{тн}^{2} = 0{,}785\cdot 0{,}02^{2} = 3{,}142\cdot 10^{-4}\ [м^{2}].$$

$$C_{кв} = \frac{0{,}5+0{,}3+4+3{,}253\cdot 10^{-4}\,4\cdot\frac{1{,}25}{0{,}032}}{2\,(8{,}042\cdot 10^{-4})^{2}} + \frac{0{,}42+\left(1-\frac{0{,}02^{4}}{0{,}032^{4}}\right)}{2\,(3{,}142\cdot 10^{-4})^{2}} =$$

$$= 1{,}406\cdot 10^{7}\ [м^{-4}].$$

I.I.2. Расчет модуля вязкости всасывающей линии проводится по формуле:

$$C_{лв} = \frac{La_{вс} + La_{тк} + La_{кл} + \frac{32\,L_{в}}{D_{тв}}}{D_{тв}\cdot S_{в}} + \frac{La_{к}}{D_{тн}\cdot S_{н}},$$

где $La_{вс}, La_{тк}, La_{кл}, La_{к}$ определяются по табл.3 приложения I

$La_{вс} = 12{,}6;$

$La_{тк} = 150;$

$La_{кл} = 1500;$

$$La_{к} = \frac{16\left[1-\left(\frac{0{,}02}{0{,}032}\right)^{\frac{3}{2}}\right]}{3\sin 5^{\circ}} + 12{,}6\,(\sin 10^{\circ})^{0{,}25} = 39{,}1;$$

$$C_{лв} = \frac{12{,}6+150+1500+\frac{32\cdot 4}{0{,}032}}{8{,}042\cdot 10^{-4}\cdot 0{,}032} + \frac{39{,}1}{0{,}02\cdot 3{,}142\cdot 10^{-4}} = 2{,}26\cdot 10^{8}\ [м^{-3}].$$

I.2. Расчет параметров насоса по формулам (4.II) ÷ (4.I3):

$$n_{max} = \frac{27}{(1-2)\cdot(1-3)} = 13{,}5;$$

$$n_{ср} = \frac{20{,}5}{(2-1)(2-3)} = -20{,}5;$$

$$n_{min} = \frac{11}{(3-1)(2-3)} = 5{,}5;$$

~3-86 9.06. 1157

$A_0 = 13{,}5\ 2\ 3 + (-20{,}5)\ 1\ 3 + 5{,}5\ 1\ 2 = 30{,}5;$

$A_1 = 13{,}5\ (2+3) + (-20{,}5)\cdot(1+3) + 5{,}5\ (1+2) = 2;$

$A_2 = 13{,}5 - 20{,}5 + 5{,}5 = -1{,}5.$

1.3. Определение параметров нагнетательной линии

1.3.1. Расчет квадратичного модуля нагнетательной линии проводится по формулам:

до РА

$$C_{кл1} = \frac{2\zeta_{ттк} + 2\zeta_{ткл} + \zeta_{т90} + \frac{\lambda_{тр} L_1 K_0}{D_{тн}}}{2 S_н^2},$$

после РА

$$C_{кл2} = \frac{\zeta_{ткл} + \zeta_{ттк} + \zeta_{т90} + \zeta_{т135} + \frac{\lambda_{тр} L_2 K_0}{D_{тн}} + \zeta_{твр}}{2 S_н^2},$$

где $\zeta_{ттк}$, $\zeta_{ткл}$, $\zeta_{т90}$, $\lambda_{тр}$, K_0 определяются по табл.3 приложения 1.

$\zeta_{ттк} = 0{,}3;$

$\zeta_{ткл} = 4;$

$\zeta_{т90} = 0{,}2;$

$\zeta_{т135} = 0{,}4;$

$\zeta_{твр} = 1,$

$$\lambda_{тр} = 0{,}25\left[\lg\left(\frac{3{,}7\cdot 0{,}02}{2\cdot 10^{-4}}\right)\right]^{-2} = 3{,}79\cdot 10^{-2};$$

$K_0 = 1{,}25;$

$$C_{кл1} = \frac{2\cdot 0{,}03\cdot 2\cdot 4 + 0{,}2 + \frac{3{,}79\cdot 10^{-2}\cdot 11\cdot 1{,}25}{0{,}02}}{2(3{,}142\cdot 10^{-4})^2} = 1{,}765\cdot 10^{8}\ [м^{-4}],$$

$$C_{кл2} = \frac{4 + 0{,}3 + 0{,}2 + 0{,}4 + \frac{3{,}79\cdot 10^{-2}\cdot 12\cdot 1{,}25}{0{,}02} + 1}{2(3{,}142\cdot 10^{-4})^2} = 1{,}738\cdot 10^{8}\ [м^{-4}].$$

1.3.2. Расчет модуля вязкости нагнетательной линии проводится по формулам:

до РА

$$C_{лл1} = \frac{2 La_{тк} + 2 La_{кл} + La_{90} + \frac{32 L_1}{D_{тн}}}{D_{тн} S_н},$$

123-86 9.06.87

после РА

$$C_{лл2} = \frac{La_{кл} + La_{тк} + La_{90} + La_{135} + La_{ВР} + \frac{32 L_z}{D_{тн}}}{D_{тн} S_н},$$

где $La_{тк}$, $La_{кл}$, La_{90}, La_{135}, $La_{ВР}$ определяются по табл.3 приложения I:

$La_{тк} = 150$;

$La_{кл} = 1500$;

$La_{90} = 65$;

$La_{135} = 300$;

$La_{ВР} = 15$;

$$C_{лл1} = \frac{2 \cdot 150 + 2 \cdot 1500 + 65 + \frac{32 \cdot 11}{0.02}}{0{,}02 \cdot 3{,}142 \cdot 10^{-4}} = 3{,}336 \cdot 10^{9} \ [м^{-3}],$$

$$C_{лл2} = \frac{1500 + 150 + 65 + 300 + 15 + \frac{32 \cdot 12}{0.02}}{0{,}02 \cdot 3{,}142 \cdot 10^{-4}} = 3{,}378 \cdot 10^{9} \ [м^{-3}].$$

2. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

2.1. Расчет абсолютного статического давления нагнетания проводится по формуле (4.29):

$$P_н = 1{,}013 \cdot 10^{5} + (30{,}5 + 3 - 0) \cdot 9{,}81 \cdot 1830 - (1{,}07 \cdot 10^{-5} \cdot 2{,}26 \cdot 10^{8} + 3{,}6 \cdot 10^{3} \cdot 9{,}81 \cdot 2) Q_м(\ell) - \frac{1{,}406 \cdot 10^{2} \cdot 36^{2} \cdot 10^{6} \cdot 9{,}81 (-15) + 05 (3{,}142 \cdot 10^{4})^{2}}{1830} Q^{2}(\ell)$$

$$= 4{,}544 \cdot 10^{5} - 4{,}101 \cdot 10^{4} Q_м(\ell) - 6{,}74 \cdot 10^{4} Q^{2}_м(\ell)$$

2.2. Расчет абсолютных статических давлений на входе и выходе РА и перепада давления на РА проводится по формулам:

$$P_1 = P_н + (Y_н - Y_1) g \rho - \frac{C_{кл1} Q^{2}_м(\ell)}{\rho} - \nu C_{лл1} Q_м(\ell) =$$

$$= 4{,}544 \cdot 10^{5} - 4{,}101 \cdot 10^{4} Q_м(\ell) - 6{,}74 \cdot 10^{4} Q^{2}_м(\ell) + (0-2) \cdot 981 \cdot 1830 - \frac{1{,}765 \cdot 10^{8} Q^{2}_м(\ell)}{1830} - 1{,}07 \cdot 10^{-5} \cdot 3{,}336 \cdot 10^{9} Q_м(\ell) =$$

$$= 4{,}185 \cdot 10^{5} - 7{,}57 \cdot 10^{4} Q_м(\ell) - 1{,}615 \cdot 10^{5} Q^{2}_м(\ell),$$

$$P_2 = P_к - (Y_к - Y_1) g \rho + \frac{C_{кл2} Q^{2}_м(\ell)}{\rho} + \nu C_{лл2} Q_м(\ell) =$$

23-86 9.06.87

$$= 1{,}013\,10^5 + (6-2)\cdot 9{,}81\cdot 1830 + \frac{1{,}738\cdot 10^8 Q_M^2(\ell)}{1830} + 1{,}07\,10^{-5} 3{,}378\cdot 10^9 Q_M(\ell) -$$

$$= 1{,}731\cdot 10^5 + 9{,}497\,10^4 Q_M(\ell) + 3{,}614\cdot 10^4 Q_M^2(\ell),$$

$$\Delta P(\ell) = P_1 - P_2 = 2{,}454\cdot 10^5 - 1{,}128\cdot 10^5 Q_M(\ell) - 2{,}588\cdot 10^5 Q_M^2(\ell).$$

3. ВЫБОР РАЗМЕРА РА

3.I. Расчет перепада давления на РА при максимальном расходе через объект регулирования $\Delta P(Q_{M\,max})$:

$$\Delta P(Q_{M\,max}) = 2{,}454\cdot I0^5 - I{,}I28\cdot I0^5\cdot 0{,}7 - 2{,}588\cdot I0^5\cdot 0{,}7 =$$
$$= 3{,}963\cdot I0^4\,[\text{Па}].$$

3.2. Расчет минимального квадратичного модуля проводится по формуле (4.I8):

$$C'_{K\,min} = \frac{3{,}963\cdot 10^4\cdot 1830}{0{,}7^2} = 1{,}48\cdot 10^8\,[м^{-4}].$$

3.3. По табл.I приложения I выбираем регулирующий клапан со смещенными осями И65I99 с ближайшим меньшим значением $C'_K(I) =$ ② $= 7{,}97\cdot I0^{-7}$ $м^{-4}$ и определяем значения $K_{vy} = 6{,}3$ м³/ч, $C_\Lambda(I) = I{,}2\cdot I0^{-3}$ $м^{-3}$, $D_c = I2$ мм, $D_y = 0{,}02$ м.

3.4. Проверяем выполнение критерия (4.I9а):

$$7{,}97\cdot 10^{-7} + \frac{1{,}07\cdot 10^{-5}\cdot 1830\cdot 1{,}2\cdot 10^{-3}}{0{,}7} = 8{,}307\cdot 10^{-7} < \frac{1{,}48\cdot 10^8}{1{,}2^2} = 1{,}028\cdot 10^8.$$

4.5. Проверка на возникновение кавитационных режимов работы.

3.5.I. По табл.4 приложения I для РА малых расходов имеем $K_M = 0{,}65$.

3.5.2. Расчет акустического коэффициента РА:

$$K_a = \frac{0{,}65}{2\cdot 0{,}96} = 0{,}339.$$

23-86 9.06.87

3.5.3. Расчет давления на входе РА при максимальном расходе:

$$P_1 = 4,185 \cdot 10^5 - 7,57 \cdot 10^4 \cdot 0,7 - 1,615 \cdot 10^5 \cdot 0,7^2 = 2,845 \cdot 10^5 \ [\text{Па}].$$

3.5.4. Расчет максимального бескавитационного перепада давления на РА проводится по формуле (4.33):

$$\Delta P_a = 0,339 \cdot (2,845 \cdot 10^5 - 1,013 \cdot 10^5) = 6,21 \cdot 10^4 \ [\text{Па}].$$

3.5.5. Так как выполняется условие (4.34)

$$6\,21 \cdot 10^4 > 3,963 \cdot 10^4,$$

окончательно принимаем РА, выбранную в п.3.3-регулирующий клапан ② черт. И65199-020 с $K_{vy} = 6,3$ м^3/ч, $C_K(1) = 7,27 \cdot 10^7$ м$^{-4}$, $C_A(1) = 1,2 \cdot 10^8$ м$^{-3}$, $D_c = 12$ мм, $h_y = 10$ мм.

4.РАСЧЕТ РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РА

4.1. Клапан черт. И65199-020 имеет только линейную пропускную характеристику, поэтому оценим величину отклонения коэффициента усиления от "идеального" для РА выбранной в п.3.5.5

4.2. Расчет модульных характеристик РА $C_K(\ell)$ и $C_A(\ell)$.

4.2.1. Фиксируем положения регулирующего элемента ℓ = 1,0, 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3 ; 0,2; 0,1; 0,05.

4.2.2. Расчет $C_K(\ell)$ и $C_A(\ell)$ следует проводить по формулам (4.53) ÷ (4.55) и (4.5).

Значения $C_K(\ell)$ и $C_A(\ell)$ для фиксированных положений регулирующего элемента клапана черт. И65199-020 приведены в табл.6 приложения 1.

4.3. Расчет параметров ГС для фиксированных положений регулирующего элемента РА – $B_1(\ell)$ и $B_2(\ell)$ проводится по формулам (4.58), (4.59), (4.8) ÷ (4.10).

Для положения $\ell = 0,9$ $C_K(0,9) = 9,84 \cdot 10^7$ м$^{-4}$; $C_A(0,9) = 1,38 \cdot 10^8$ м$^{-3}$

23-86 9.06.87

$$A_0' = (1{,}013 \cdot 10^5 - 1{,}013 \cdot 10^5) + (30{,}5 + 3 - 0) \cdot 9{,}81 \cdot 1830^2 =$$
$$= 4{,}4898 \cdot 10^8 \left[\frac{кг}{(см)^2}\right],$$

$$A_1' = 1{,}07 \cdot 10^5 \cdot 1830\,(3{,}336 \cdot 10^9 + 3{,}378 \cdot 10^9 + 2{,}26 \cdot 10^8) +$$
$$+ 3{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 2 = 2{,}0652 \cdot 10^8 \left[\frac{кг}{с \cdot м^4}\right],$$

$$A_2' = 1{,}765 \cdot + 1{,}738 \cdot 10^8 + 1{,}406 \cdot 10^7 + \frac{1}{2(3{,}142 \cdot 10^4)^2} -$$
$$- 3 \cdot 10^2 \cdot 9{,}81 \cdot (-1{,}5) = 4{,}7363 \cdot 10^2 \left[м^{-4}\right],$$

$$B_1(0{,}9) = \frac{1{,}07 \cdot 10^5 \cdot 1830\,138 \cdot 10^8 + 2{,}0652 \cdot 10^8}{2(9{,}84\ 10^7 + 4{,}7363 \cdot 10^3)} = 0{,}1829 \left[кг/с\right]$$

$$B_0(0{,}9) = \frac{4{,}4898 \cdot 10^8}{9{,}84 \cdot 10^7 + 4{,}7363 \cdot 10^3} = 0{,}7849 \left[кг/с\right].$$

Аналогично находим значения $B_1(\ell)$ и $B_0(\ell)$ для всех положений регулирующего элемента. Результаты расчета представлены в табл.8

4.3. Расчет проходной характеристики проводится по формуле (4.25). Для положений $\ell = 0{,}9$ и $\ell = 1{,}0$:

$$Q_M(1{,}0) = \sqrt{0{,}1887^2 + 0{,}8115} - 0{,}1887 = 0{,}7317 \left[кг/с\right],$$

$$Q_M(0{,}9) = \sqrt{0{,}1829^2 + 0{,}7849} - 0{,}1829 = 0{,}7217 \left[кг/с\right].$$

Результаты расчета для всех положений ℓ представлены в табл.8.

4.4. Расчет расходной характеристики в относительной форме проводится по формуле (4.60). Для положения $\ell = 0{,}9$:

$$q_0(0{,}9) = \frac{0{,}7217}{0{,}7317} = 0{,}9864.$$

Результаты расчета для всех положений ℓ представлены в табл.8.

Таблица 8

ℓ	$C_k(\ell), м^{-4}$	$C_\Delta(\ell) \cdot м^{-3}$	$B_1(\ell), кг/с$	$B_0(\ell), кг/с$	$Q_M(\ell), кг/с$	$q_0(\ell)$
1,0	$7{,}97 \cdot 10^7$	$1{,}20 \cdot 10^8$	0,1887	0,8115	0,7317	1,0000
0,9	$9{,}84 \cdot 10^7$	$1{,}38 \cdot 10^8$	0,1829	0,7849	0,7217	0,9864

23-86 9.06-87

Продолжение табл.8

ℓ	$C_k(\ell), м^{-4}$	$C_A(\ell), м^3$	$B_1(\ell)$, кг/с	$B_c(\ell)$, кг/с	$Q_M(\ell)$, кг/с	$q_c(\ell)$
0,8	$1,25 \cdot 10^{8}$	$1,68 \cdot 10^{8}$	0,1752	0,7500	0,7084	0,9681
0,7	$1,63 \cdot 10^{8}$	$2,13 \cdot 10^{9}$	0,1655	0,7053	0,6904	0,9436
0,6	$2,21 \cdot 10^{8}$	$1,84 \cdot 10^{9}$	0,1527	0,6464	0,6657	0,9097
0,5	$3,19 \cdot 10^{8}$	$4,09 \cdot 10^{9}$	0,1353	0,5665	0,6294	0,8601
0,4	$4,98 \cdot 10^{8}$	$6,53 \cdot 10^{9}$	0,1129	0,4621	0,5762	0,7875
0,3	$8,86 \cdot 10^{8}$	$1,83 \cdot 10^{9}$	0,0891	0,3302	0,4924	0,6730
0,2	$1,99 \cdot 10^{9}$	$3,35 \cdot 10^{9}$	0,0552	0,1822	0,3753	0,5129
0,1	$7,97 \cdot 10^{9}$	$2,01 \cdot 10^{10}$	0,0355	0,0532	0,1978	0,2704
0,05	$3,19 \cdot 10^{10}$	$1,36 \cdot 10^{11}$	0,0443	0,0139	0,0815	0,1114

4.5. Определение максимального отклонения коэффициента усиления от "идеального".

4.5.1. Расчет текущих значений коэффициента усиления по расходной характеристике в относительной форме проводится методом конечных разностей.

Для $\ell = \frac{1,0 - 0,9}{2} = 0,95$

$$K_y(0,95) = \frac{q_c(1,0) - q_c(0,9)}{1,0 - 0,9} = \frac{1,0 - 0,9864}{0,1} = 0,136 = 0,14.$$

Для остальных положений регулирующего элемента значения расчетного коэффициента усиления приведены в табл.9

4.5.2. Расчет отклонения коэффициента усиления от "идеального" проводится по формуле (4.62):

$K_u = 1$.

Для $\ell = 0,95$ $\Delta K = 1 - 0,14 = 0,86$.

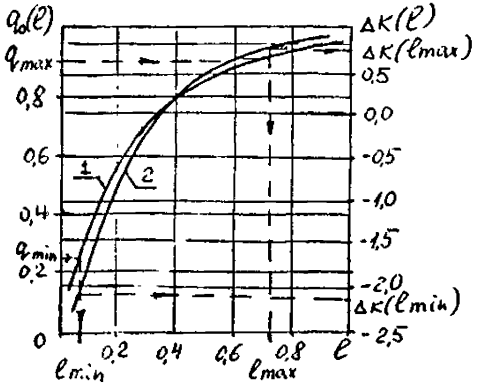
Для остальных положений ℓ значения $\Delta K(\ell)$ приведены в табл.9

23-86 9.06 Б7

Таблица 9

ℓ	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15	0,075
$K_y(\ell)$	0,14	0,18	0,25	0,34	0,50	0,73	1,15	1,60	2,43	3,18
$\Delta K(\ell)$	0,86	0,82	0,75	0,66	0,50	0,27	-0,15	-0,60	-1,43	-2,18

4.6. Представляем расходную характеристику в относительной форме (кривая 1) и изменение величины отклонения коэффициента усиления от "идеального" (кривая 2) в графической форме.



4.7. Расчет минимального и максимального относительных расходов проводится по формулам (4,63) и (4,64):

$$q_{min} = \frac{0,2}{0,7317} = 0,2733,$$

$$q_{max} = \frac{0,7}{0,7317} = 0,9567.$$

4.8. По значениям q_{min} и q_{max} по кривой I находим величины ℓ_{min} и ℓ_{max} : $\ell_{min} \simeq 0,1$; $\ell_{max} \simeq 0,75$.

4.9. По кривой 2 находим значения ΔK соответствующие ℓ_{min} и ℓ_{max} :

$\Delta K(\ell_{min}) = -1,8$;

$\Delta K(\ell_{max}) = 0,76$.

23-86 9.06.87

4.10. Максимальное отклонение коэффициента усиления от "идеального" ищем в диапазоне изменения $\Delta K(\ell_{min}) \div \Delta K(\ell_{max})$.
Находим $\max\limits_{\ell_{min} \div \ell_{max}} |\Delta K(\ell)| = 1{,}8$ при $\ell = \ell_{min} = 0{,}1$.

23-86 9.06.87

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М., Недра, 1970

2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М., 1967

3. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. Л., 1969

4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М., 1975

5. Насосы. Каталог - справочник Всесоюзного института гидромашиностроения. М.-Л., 1960

6. Патрикеев В.Г., Сербулов Ю.С. Специальные исполнительные устройства химической промышленности. Воронеж, 1982

7. Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики. ГОСТ 16443-70.

8. Устройства исполнительные ГСП. Методы определения пропускной способности. ГОСТ 14768-69.

23-86 9.06 Л

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Вводная часть 1

I. Задачи расчета 2

I.I. Расчет и выбор РА при работе на несжимаемой среде при последовательной и параллельной установке ее в ГС 2

I.2. Расчет и выбор РА при работе на сжимаемой среде при последовательной и параллельной установке ее в ГС 2

2. Критерии выбора регулирующей арматуры 2

2.I. Технико-эксплуатационные параметры 3

2.2. Расчетные критерии 3

3. Условные обозначения, основные термины и их определения 5

3.I. Условные обозначения основных величин 5

3.2. Основные термины и их определения 11

4. Расчет и выбор регулирующей арматуры при последовательной установке ее в ГС 14

4.I. Схема установки РА в ГС 14

4.2. Среда - несжимаемая жидкость 14

4.3. Среда - сжимаемая жидкость 26

5. Расчет и выбор регулирующей арматуры при параллельной установке ее в ГС 32

5.I. Схема установки РА в ГС 32

5.2. Среда - несжимаемая жидкость 32

5.3. Среда - сжимаемая жидкость 39

6. Исходные данные для расчета, запрашиваемые у проектантов систем 42

Приложение I 46

23-86 9.06.87

Стр.

Приложение 2 73

Список использованных источников 85

23-86 9.06.87

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Номер документа	Подпись	Дата	Срок введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных				
1		57-70			Изм. „1"		20.11.85	
2	1, 79, 80	46÷48, 57÷70	70а, 70б		Изм. „2"		20.11.85	

gost.e-ecolog.ru