

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.
№ 74/12 - срок действия установлен с "1" января 1985 г.
1836 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.

28.09.86 28.09.86

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.1. 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-

кой линии.

2.1. Техничко-эксплуатационные параметры.

2.1.1. Техничко-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.

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

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

2.2. Расчетные критерии

2.2.1. Максимально возможный массовый расход источника напора ($max Q_{mo}$) должен быть не менее максимального массового расхода на входе в объект регулирования, необходимый по технологическому регламенту ($Q_{m max}$)

$$max Q_{mo} \geq \eta_k Q_{m max}, \quad (2.1)$$

где η_k - коэффициент запаса (не менее 1,2).

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-

вания, что обеспечивает качественное регулирование

$$Q_{\min} \geq \eta_k \min Q_m, \quad (2.2)$$

где η_k - коэффициент запаса (не менее 1,2).

2.2.3. Уровень шума при эксплуатации должен быть минимальным. Это требование эквивалентно ограничению перепада давления на РА ($\Delta P(1)$) величиной перепада давления при котором происходит скачок акустического шума (ΔP_a)

$$\Delta P_a \geq \Delta P(1). \quad (2.3)$$

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

$$\Delta P_{БК} \geq \Delta P(1). \quad (2.4)$$

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

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

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

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

2.2.7. Размер входного диаметра РА следует выбирать по критерию

$$D_{тр} \geq D_y \geq 0,25 D_{тр}. \quad (2.7)$$

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

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

$$\Delta K_{\min} = \min \left\{ \max_{\ell_{\min} \leq \ell \leq \ell_{\max}} |K_{yi} - K_{yi}| \right\}. \quad (2.8)$$

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_m — 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 9.06.87

- Q_{MH} - массовый расход источника напора при параллельной установке РА в ГС, кг/с
- Q_{MP} - массовый расход среды через прямую ветвь ГС при параллельной установке РА в ГС, кг/с
- Q_{MB} - массовый расход среды через боковую ветвь ГС при параллельной установке РА в ГС, кг/с
- $\max Q_{MO}, \max Q_{MH}$ - максимально возможный массовый расход источника напора в данной ГС, кг/с
- $\min Q_{MP}$ - минимально возможный массовый расход через прямую ветвь при параллельной установке РА в ГС, кг/с
- $\max Q_{MB}$ - 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^P - абсолютное статическое давление на входе РА (в случае отсутствия конфузора $P_1^P = P_1$), Па
- P_2^P - абсолютное статическое давление на выходе РА (в случае отсутствия диффузора $P_2^P = P_2$), Па
- P_{δ} - абсолютное статическое давление над уровнем жидкости в баке, Па
- P_H - абсолютное статическое давление на выходе источника напора, Па
- P_K - абсолютное статическое давление на выходе из ГС, Па
- P_P - абсолютное статическое давление в точке разветвления гидравлической системы, Па
- P_{at} - атмосферное давление, Па
- P_{HP} - абсолютное давление насыщенных паров при температуре на входе РА, Па
- P_T - абсолютное статическое давление, при котором в сжатом сечении из жидкости выделяется газ, Па

$P_{сж}$ - 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_o^* - давление торможения в сжатом сечении, РА, Па

$(\Delta P_{рн})_p$ - перепад давления на РА, Па

$\Delta P(\varepsilon)$ - 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

$(\frac{P_2}{P_1})_{кр}$ - предельное отношение давлений при течения 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

\mathcal{E} - удельная потенциальная энергия положения уровня жидкости в баке, м

\mathcal{E}_H - удельная потенциальная энергия положения нагнетательного патрубка источника напора, м

$\mathcal{E}_k, \mathcal{E}_{k1}, \mathcal{E}_{k2}$ - удельные потенциальные энергии положения на границах ГС, м

\mathcal{E}_p - удельная потенциальная энергия положения в точке разветвления, м

- γ_1, γ_2 - удельные потенциальные энергии положения входного и выходного патрубков РА, м
 $C_{k\pm}$ - квадратичный модуль ГС, м⁻⁴
 C_{ki} - квадратичный модуль i -ого сопротивления, м⁻⁴
 $C_{k\tau i}$ - квадратичный модуль i -ого участка трубопровода, м⁻⁴
 $C_{kш}$ - квадратичный модуль диафрагмы, м⁻⁴
 $C_k(1)$ - номинальное значение квадратичного модуля РА при полностью открытом регулирующем элементе, м⁻⁴
 $C_k(e)$ - квадратичный модуль РА для фиксированных положений регулирующего элемента, м⁻⁴
 C_{kk} - квадратичный модуль конфузора на входе РА, м⁻⁴
 C_{kg} - квадратичный модуль диффузора на выходе РА, м⁻⁴
 C_{kv} - квадратичный модуль всасывающей линии, м⁻⁴
 C_{k1} - квадратичный модуль участка ГС при последовательной установке РА в ГС - от источника напора до точки разветвления, м⁻⁴
 C_{k2} - квадратичный модуль участка ГС после РА, м⁻⁴
 C_{kp} - квадратичный модуль прямой ветви при параллельной установке РА в ГС, м⁻⁴
 C_{kn} - квадратичный модуль участка ГС от источника напора до точки разветвления, м⁻⁴
 $C_{\lambda \Sigma}$ - модуль вязкости системы, м⁻³
 $C_{\lambda i}$ - модуль вязкости i -ого сопротивления, м⁻³
 $C_{\lambda \tau i}$ - модуль вязкости i -ого участка трубопровода, м⁻³
 $C_{\lambda k}$ - модуль вязкости конфузора на входе РА, м⁻³
 $C_{\lambda g}$ - модуль вязкости диффузора на выходе РА, м⁻³
 $C_{\lambda v}$ - модуль вязкости всасывающей линии, м⁻³
 $C_{\lambda 1}$ - 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}

$C_{\Lambda 2}$ — модуль вязкости участка ГС после РА, м^{-3}

$C_{\Lambda П}$ — модуль вязкости прямой ветви при параллельной установке РА в ГС, м^{-3}

$C_{\Lambda Н}$ — модуль вязкости участка ГС от источника напора до точки разветвления, м^{-3}

$C_{\Lambda(I)}$ — модуль вязкости РА при полностью открытом регулирующем элементе, м^{-3}

D_y — условный проход РА, м

D_c — диаметр седла РА, м

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

$L_{тр i}$ — длина i -ого участка трубопровода, м

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

ℓ_k — длина конфузора, м

ℓ_d — 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_H — 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_3 — площадь сечения условного прохода РА, м

$S_c(\ell)$ — минимальная площадь между регулирующим элементом и седлом

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

$S_0(l)$ - максимальная площадь между регулирующим элементом и седлом при полностью открытом регулирующем элементе, м^2

l - относительный ход регулирующего элемента

$2x_0$ - смоченный периметр сжатого прохода РА , мм

$2x_y$ - смоченный периметр условного прохода РА , мм

$\eta_{\text{згон}}$ - коэффициент запаса по расходу в ГС

η_k - коэффициент запаса по расходу РА

K_a - акустический коэффициент РА

K_c - коэффициент начала кавитации

K_m - коэффициент кавитации ("запирания")

K_y - коэффициент усиления

C_f^a - фактор критического расхода при течении воздуха

C_f^r - фактор критического расхода при течении сжимаемой жидкости

C_r, M_r - эмпирические постоянные газа

Γ_r - газовая характеристика РА

m_w - модуль диафрагмы

α - коэффициент расхода диафрагмы

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

$\zeta_{\text{тн}}$ - коэффициент сопротивления в развитом турбулентном режиме течения, отнесенный к площади условного прохода РА

K_{v0} - начальная пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$

K_{vy} - условная пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$

g - ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$

ρ_0 - плотность среды при нормальных условиях ($T_0 = 273^\circ\text{К}$, $p_0 = 1,0132 \cdot 10^5 \text{Па}$), $\text{кг}/\text{м}^3$

- ρ — плотность среды при рабочих условиях, кг/м³
 ν — коэффициент кинематической вязкости, м²/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 $(\frac{p}{p_{кр}}; \frac{T}{T_{кр}})$
 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_M — критерий Лагранжа
 Re — число Рейнольдса.

3.2. Основные термины и их определения

Термины	Содержание термина
Квадратичный модуль $C_k, \text{м}^{-4}$	Мера гидромеханического рассеивания энергии потока за счет проявления сил инерции, которая определяется по соотношению $C_k = \frac{\overline{s_{xy}} + \left(\frac{s_y}{s_z}\right)^2 - \left(\frac{s_y}{s_x}\right)^2}{2 s_z}$

Термины	Содержание термина
Модуль вязкости $C_A, \text{м}^{-3}$	Мера гидромеханического рассеивания энергии потока за счет проявления сил вязкого трения, которая определяется по соотношению $C_A = \frac{La \cdot \mu}{\rho_y D_y}$
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 записания K_m	Параметр РА, задающий границу "записания" 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^g	Параметр РА, задающий границу критических режимов течения воздуха в сжатом сечении РА

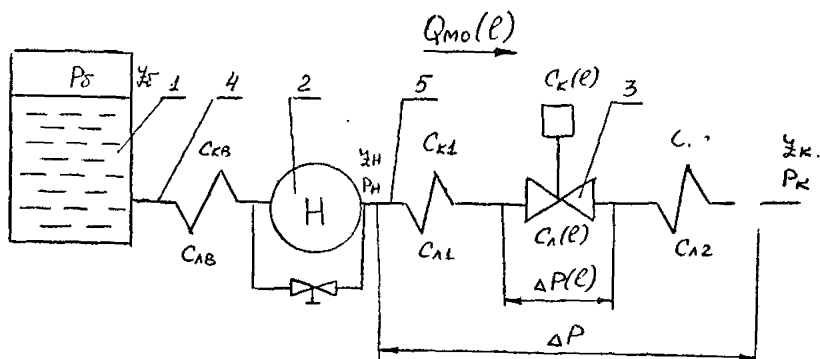
23-86 19.06.157

Термины	Содержание термина
<p>коэффициент критического расхода при течи сжимаемой жидкости</p> C_f^r	<p>Параметр РА, задающий границу критических режимов течения сжимаемой жидкости в сжатом сечении арматуры</p> $C_f^r = C_f^B \sqrt{\frac{\kappa}{0,469}} \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa+1}{2}}$
<p>Коэффициент сопротивления</p> ζ_i	<p>Мера интенсивности рассеивания энергии потока в РА, определяемая экспериментально по соотношению</p> $\zeta_i = \frac{2 \Delta P}{Q_v^2 \rho} \cdot S_i^2$ <p>где S_i — площадь сечения, в котором рассчитывается скорость, м²</p> <p>Q_v — объемный расход среды, м³/с</p> <p>ΔP — перепад давления на РА, Па</p> <p>ρ — плотность среды, кг/м³</p>
<p>Пропускная способность</p> $K_v, \text{м}^3/\text{ч}$	<p>Величина, численно равная расходу среды (в м³/ч) с плотностью 1000 кг/м³, протекающей через РА при перепаде давления 1 кг/см²</p>
<p>Критерий Лагранжа</p> $La_{\text{лж}}$	<p>Отношение сил давления к силам вязкого трения. В режиме ламинарной автомодельности, т.е. при изменении чисел Рейнольдса от 0 до 40 $La_{\text{лж}} = \text{const}$.</p>
<p>Расходная характеристика</p>	<p>Зависимость расхода среды через объект регулирования от хода регулирующего элемента</p>
<p>Коэффициент усиления</p> K_y	<p>Отношение изменения относительного расхода среды через объект регулирования к изменению относительного хода регулирующего элемента</p>

23-86 9.06.87

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

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



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

Рис. I

4.2. Среда - несжимаемая жидкость

4.2.1. Определение параметров гидравлической цепи.

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

$$C_{к\pm} = \sum_{i=1}^n C_{ki} + \sum_{i=1}^n C_{ктр i} \quad (4.1)$$

где

$$C_{ki} = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{S_y}{S_j} \right)^2 - \left(\frac{S_y}{S_1} \right)^2}{2 S_y} \quad (4.2)$$

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

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

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

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

$$C_{\lambda \Sigma} = \sum_{i=1}^n C_{\lambda i} + \sum_{i=1}^n C_{\lambda \text{тр}i}, \quad (4.4)$$

$$C_{\lambda i} = \frac{L_{\lambda} \lambda y}{S_y \cdot \Pi_y}, \quad (4.5)$$

где $L_{\lambda y}$ определяется из табл.3 приложения I,

$$C_{\lambda \text{тр}i} = \frac{32 \left(\frac{L_{\text{тр}i}}{D_{\text{тр}i}} \right)}{S_{\text{тр}} \cdot D_{\text{тр}}}. \quad (4.6)$$

4.2.1.3. Расчет максимально возможного расхода через ГС проводится по формуле:

$$\max Q_{\text{мо}} = \sqrt{\left(\frac{A'_1}{2A'_2} \right)^2 + \left(\frac{A'_0}{A'_2} \right)^2} - \left(\frac{A'_1}{2A'_2} \right), \quad (4.7)$$

где A'_0, A'_1, A'_2 - вспомогательные величины, рассчитываемые по формулам:

$$A'_1 = (P_{\text{д}} - P_{\text{к}}) \rho + (A_0 + \gamma_{\text{д}} - \gamma_{\text{к}}) g \rho^2, \quad (4.8)$$

$$A'_1 = \eta_{\text{т}} (C_{\lambda \text{в}} + C_{\lambda 1} + C_{\lambda 2} + C_{\lambda \text{к}} + C_{\lambda \text{г}}) + 3,6 \cdot 10^3 g A_1, \quad (4.9)$$

$$A'_2 = C_{\text{кв}} + C_{\text{к1}} + C_{\text{к2}} + C_{\text{кк}} + C_{\text{кг}} + 45 S_{\text{н}}^2 - (3,6 \cdot 10^3)^2 g A_2, \quad (4.10)$$

где $(3,6 \cdot 10^3)$ - коэффициент, учитывающий перевод размерности расхода из м³/ч в м³/с;

$C_{\text{кк}}, C_{\text{кг}}, C_{\lambda \text{к}}, C_{\lambda \text{г}}$ - в первом приближении равны нулю.

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{где } \eta_{\max} &= \frac{H_{\max}}{(Q_{\min} - Q_{\text{ср}})(Q_{\min} - Q_{\max})} , \\ \eta_{\text{ср}} &= \frac{H_{\text{ср}}}{(Q_{\text{ср}} - Q_{\min})(Q_{\text{ср}} - Q_{\max})} , \\ \eta_{\min} &= \frac{H_{\min}}{(Q_{\max} - Q_{\min})(Q_{\max} - Q_{\text{ср}})} , \end{aligned}$$

где $H_{\min}, H_{\text{ср}}, H_{\max}, Q_{\min}, Q_{\text{ср}}, Q_{\max}$ — 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:

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

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

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

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

4.2.1.4. Проверка правильности выбора насоса проводится по критерию

$$\frac{\max Q_{\text{мо}}}{Q_{\text{мmax}}} \geq \eta_{\text{ср}} , \quad (4.17)$$

где $\eta_{\text{ср}}$ не менее 1,2.

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

4.2.2. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА.

4.2.2.1. Расчет минимального квадратичного модуля РА проводится по формуле:

$$\begin{aligned} \zeta_{\text{кmin}} &= (A'_1 - A'_1 Q_{\text{мmax}})(Q_{\text{мmax}}^2 - A'_2) = \\ &= \frac{\Delta P(Q_{\text{мmax}}) \cdot P}{Q_{\text{мmax}}^2} \end{aligned} \quad (4.18)$$

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

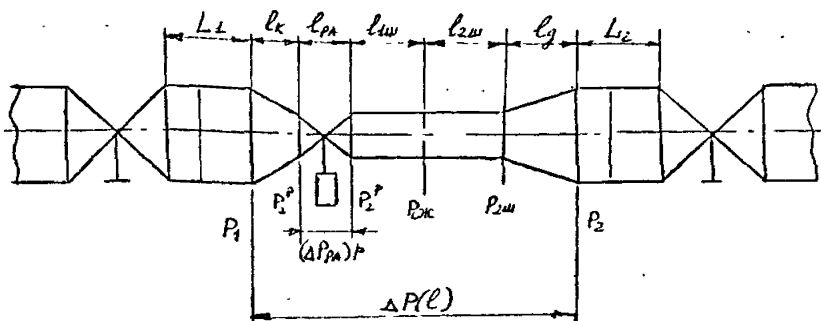


Рис.2

4.2.2.3. Основные размеры обвязки РА определяются соотношениями:

$$l_k = 1,83 (D_{TP} - D_y) , \quad (4.20)$$

$$l_g = 3,80 (D_{TP} - D_y) . \quad (4.21)$$

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

$$\frac{l_{1ш}}{D_y} = 22,2 m_{ш}^2 + 1,11 m_{ш} + 8,82 . \quad (4.22)$$

В случае выбора шарового крана при установке диафрагмы

$$\frac{l_{1ш}}{D_y} = 10 m_{ш} + 4 . \quad (4.23)$$

Независимо от типа РА при установке диафрагмы

$$\frac{l_{2ш}}{D_y} = 4,11 + 9,44 m_{ш} - 5,56 m_{ш}^2 . \quad (4.24)$$

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

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

проводится по формулам (4.8) + (4.10).

4.2.2.6. Расчет максимального расхода проводится по формуле:

$$Q_M(l) = \sqrt{B_1^2(l) + B_c(l)} - B_1(l), \quad (4.25)$$

где $B_c(l) = \frac{A_c^4}{C_k(l) + A_2^4}, \quad (4.26)$

$$B_1(l) = \frac{\eta_1 C_k(l) + A_1^4}{2[C_k(l) + A_2^4]}. \quad (4.27)$$

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

$$\frac{Q_M(l)}{Q_{\max}} \geq \eta_K, \quad (4.28)$$

где $\eta_K = 1$.

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 $P_H, P_1^P, P_2^P, \Delta P(l)$ проводится по формулам:

$$P_H = P_D + (A_c + Z_D - Z_H) \gamma_P - (\sqrt{C_{AB}} + 3,6 \cdot 10^3 \sqrt{A_1}) Q_M(l) - \frac{[C_{KB} - (3,6 \cdot 10^3)^2 \gamma A_2 + 0,5 \gamma H^2] Q_M^2(l)}{\rho}, \quad (4.29)$$

$$P_1^P = P_H + (Z_H - Z_1) \gamma_P - \eta_c [C_{M1} + C_{K1}] Q_M(l) - \frac{[C_{K1} + C_{K2}] Q_M^2(l)}{\rho}, \quad (4.30)$$

$$P_2^P = P_H + (Z_H - Z_2) \gamma_P - \eta_t [C_{M2} + C_{K2}] Q_M(l) + \frac{[C_{K2} + C_{K3}] Q_M^2(l)}{\rho}, \quad (4.31)$$

$$\Delta P(l) = P_1^P - P_2^P. \quad (4.32)$$

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

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

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

$K_a = \frac{K_m}{2 n_3}$ — зависимость, полученная экспериментальным путем;

$n_3 = 0,96 \div 0,8$ — коэффициент запаса;

K_m — выбирается из табл. 4.5 приложения I.

4.2.3.3. Проверка наличия повышенного акустического шума проводится по критерию:

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

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 $P_1 = P_n$ 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:

$$\Delta P_{БК} = K_c (P_1 - P_{нп}), \quad (4.35)$$

где K_c — определяется из табл. 4.5 приложения I.

4.2.3.5. Проверка условия возникновения кавитации проводится по критерию:

$$\Delta P_{БК} \geq \Delta P(1). \quad (4.36)$$

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

Если условие (4.36) не выполняется, то

а) РА помещаем в начало ГС, принимая $P_1 = P_H$, 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 варианта), последовательно определяем параметры диафрагмы по формулам:

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

где
$$\Delta P_{БК} = \frac{C_{БК} \cdot Q_{мmax}^2}{P} + \sqrt{C_{БК} Q_{мmax}}, \quad (4.38)$$

$$C_{Кш} = \frac{(P_2^P - P_{2ш}) P}{Q_{мmax}^2}, \quad (4.39)$$

где
$$P_{2ш} = P_1 - \Delta P(\epsilon) + \Delta P_g, \quad (4.40)$$

$$\Delta P_g = \frac{C_{Кг} \cdot Q_{мmax}^2}{P} + \sqrt{C_{Кг} Q_{мmax}}, \quad (4.41)$$

$$P_{ож} = P_2^P - \frac{Q_{мmax}^2}{2P(m_{ш} \alpha S_y)^2}, \quad (4.42)$$

где при $0,64 \geq m_{ш} > 0,16$

$$m_{ш} = 0,545 - \sqrt{7,025 \cdot 10^{-3} + 4,042 \cdot 10^{-3} C_{Кш} S_y^2}, \quad (4.43)$$

при $0,16 \geq m_{ш} \geq 0,05$

$$m_{ш} = 0,287 - \sqrt{1,241 \cdot 10^{-2} + 1,1 \cdot 10^{-4} C_{Кш} S_y^2}, \quad (4.44)$$

при $m_{ш} \leq 0,3$

$$\alpha = 0,3 m_{ш}^2 + 0,04 m_{ш} + 0,595, \quad (4.45)$$

при $0,5 \geq m_{ш} \geq 0,3$

$$\alpha = 0,45 m_{ш}^2 + 0,055 m_{ш} + 0,61, \quad (4.46)$$

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

$$(\Delta P_{РА})_P = K_C (P_i - \Delta P_K - P_{нп}) \quad (4.49)$$

и минимальный квадратичный модуль

$$C_{kmin} = \frac{(\Delta P_{РА})_P \cdot P}{Q_{нmax}^2}. \quad (4.50)$$

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

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

а) определяем кавитационный перепад, соответствующий режиму "запирания"

$$\Delta P_{кав} = K_M (P_i - P_{нп}); \quad (4.51)$$

б) считаем минимальный квадратичный модуль РА

$$C_{kmin} = \frac{\Delta P_{кав} \cdot P}{Q_{нmax}^2}; \quad (4.52)$$

в) согласно C_{kmin} 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 $C_K(\ell)$ 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

а) односедельные и двухседельные клапаны

- для линейной расходной характеристики

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

- для равнопроцентной расходной характеристики

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

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° до 60°)

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

где D_d - диаметр диска

S - толщина диска по его наружному диаметру.

Значения величин $C_k(\ell)$ приведены в табл. 5 приложения I.

4.2.4.2 Расчет чисел Лагранжа в режиме ламинарной автономности ($La_{\lambda y}$) отнесенных к площади условного прохода, проводим по формулам:

а) для односедельных и двухседельных клапанов

$$La_{\lambda y} = 150 + 40 \frac{Re}{Re_y} \left(\frac{S_y}{S_c} \right)^2 + 3,5 \sqrt{\left[\frac{Re}{Re_y} \left(\frac{S_y}{S_c} \right)^2 \right]^3} ; \quad (4.56)$$

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

$$La_{\lambda y} = 40 \frac{Re}{Re_y} \left(\frac{S_y}{S_c} \right)^2 . \quad (4.57)$$

Значения чисел Лагранжа $La_{\lambda y}$ и конструктивных характеристик S_o приведены в табл. 5 приложения I.

4.2.4.3. Расчет модуля вязкости $C_A(\ell)$ проводится для фиксированных положений регулирующего элемента по формуле (4.5). Значения величин $C_A(\ell)$ 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:

$$B_1(\ell) = \frac{\eta_1 C_A(\ell) + A_1'}{2[C_K(\ell) + A_2']} \quad (4.58)$$

$$B_0(\ell) = \frac{A_1'}{C_K(\ell) + A_2'} \quad (4.59)$$

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

4.2.4.6. Представим расходную характеристику в относительном виде

$$q_o(\ell) = \frac{Q_M(\ell)}{\max Q_{Mo}} \quad (4.60)$$

При последовательном соединении $\max Q_{Mo} = Q_M(1)$.

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

$$K_y(\ell_j) = \frac{q_o(\ell_i) - q_o(\ell_{i-1})}{\ell_i - \ell_{i-1}} \quad (4.61)$$

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

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

$$\Delta K(\ell_j) = K_{yi} - K_y(\ell_j) \quad (4.62)$$

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

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

4.2.4.9. Представляем относительную расходную характеристику РА (см.рис.3 кривая 1) и изменение величины отклонения коэффициента усиления от "идеального" (см.рис.3 кривая 2) в графической форме.

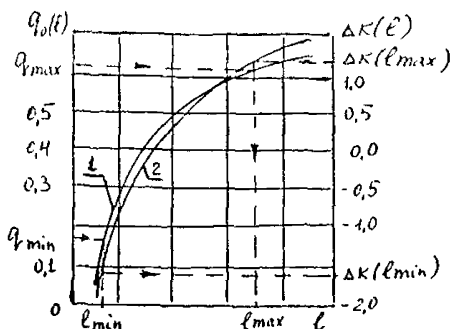


Рис.3

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

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

$$q_{\min} = \frac{Q_{M\min}}{Q_M(l)} \quad (4.63)$$

$$q_{\max} = \frac{Q_{M\max}}{Q_M(l)} \quad (4.64)$$

б) определяем значения l_{\min} и l_{\max} по кривой 1 рис.3, соответствующие q_{\min} и q_{\max} ;

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

г) выбираем максимальное значение $\max |\Delta\kappa(l)|$.

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

го^м имеет минимальное значение (см. критерий 2.9)

4.3. Среда - сжимаемая жидкость.

4.3.1. Определение параметров гидравлической цепи.

4.3.1.1. Расчет параметров гидравлической цепи проводится в соответствии с пп. 4.2.1.1 и 4.2.1.2.

4.3.1.2. Расчет максимально возможного расхода через гидравлическую цепь проводится по формуле

$$\max Q_{\text{мо}} = \sqrt{\frac{4,347 \cdot 10^{-3} (P_H^2 - P_K^2) \rho_c}{(C_{K1} + C_{K2}) T_A K'}}, \quad (4.65)$$

где для случая $0 < P_{\text{пр}} < 1$:

$$\begin{aligned} K' = & (0,837511 + 0,567765 P_{\text{пр}} + 0,147317 P_{\text{пр}}^2 - 0,223963 P_{\text{пр}}^3) + \\ & + (0,583418 - 1,893640 P_{\text{пр}} + 2,108597 P_{\text{пр}}^2 + 1,062972 P_{\text{пр}}^3) T_{\text{пр}} + \\ & + (0,609991 + 1,970500 P_{\text{пр}} + 4,212202 P_{\text{пр}}^2 - 0,238968 P_{\text{пр}}^3) T_{\text{пр}}^2 + \\ & + (0,218485 - 1,170022 P_{\text{пр}} - 1,814810 P_{\text{пр}}^2 - 1,174451 P_{\text{пр}}^3) T_{\text{пр}}^3; \quad (4.66) \end{aligned}$$

для случая $1 < P_{\text{пр}} \leq 10$:

$$\begin{aligned} K' = & (1,990160 - 0,567309 P_{\text{пр}} + 0,074852 P_{\text{пр}}^2 - 0,002751 P_{\text{пр}}^3) + \\ & + (-7,803027 + 5,052183 P_{\text{пр}} - 0,741152 P_{\text{пр}}^2 + 0,231965 P_{\text{пр}}^3) T_{\text{пр}} + \\ & + (17,565650 + 5,052183 P_{\text{пр}} + 1,809079 P_{\text{пр}}^2 - 0,082624 P_{\text{пр}}^3) T_{\text{пр}}^2 + \\ & + (-11,497080 + 7,195120 P_{\text{пр}} - 1,100700 P_{\text{пр}}^2 + 0,050686 P_{\text{пр}}^3) T_{\text{пр}}^3, \quad (4.67) \end{aligned}$$

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

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

4.3.1.3. Проверка правильности выбора давления нагнетания проводится по критерию:

$$\frac{\max Q_{mo}}{Q_{M \max}} \geq N_{огр}, \quad (4.68)$$

где $N_{огр} = 1, 2$.

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.

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

$$C_f^r = C_f^B \sqrt{\frac{k}{0,469} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (4.69)$$

где значения C_f^B приведены в табл. 1 приложения 1

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

$$P_1^p = \sqrt{\frac{P_n^2 - 742,3 T_1 K' [(C_{k1} + C_{kk}) Q_{MP}^2 + \eta_t (C_{\lambda 1} + C_{\lambda k}) Q_{MP}]}{P_0}}, \quad (4.70)$$

$$P_2^p = \sqrt{\frac{P_k^2 + 742,3 T_1 K' [(C_{k2} + C_{kg}) Q_{MP}^2 + \eta_t (C_{\lambda 2} + C_{\lambda g}) Q_{MP}]}{P_0}}, \quad (4.71)$$

где $Q_{MP} = 1,1 Q_{M \max}$,

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

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

Значения η_0 , M_r , C_r приведены в табл. 7 приложения 1.

4.3.2.3. Расчет минимального квадратичного модуля РА проводится по формуле:

$$C_{k \min} = [3,18 \cdot 10^{-2} \frac{C_f^r P_1}{Q_{MP}} \sqrt{\frac{P_0}{T_1 K'}} \sin \alpha]^2, \quad (4.72)$$

23-86 9.06.87

$$\text{где } \alpha' = \frac{1,63}{C_f} \cdot \sqrt{1 - \frac{P_0}{P_1}} \leq \frac{\pi}{2} \quad (4.73)$$

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

$$Q_M(1) = 3,18 \cdot 10^{-2} C_f(1) P_1^0 \sqrt{\frac{P_0}{C_k(1) T_1 K'}} \cdot \sin\left(\frac{1,63}{C_f(1)} \sqrt{1 - \frac{P_0}{P_1}}\right) \quad (4.74)$$

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 (4.26). Если условие (4.26) 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 РА.

4.3.3.2. Расчет дополнительных данных

Скорость газа на входе в РА

$$V_1 = \frac{473 Q_{MP} T_1 K'}{D_g^2 P_1^0 P_0} \quad (4.76)$$

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

Температура торможения на входе в РА

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

Критическая скорость газа на входе в РА

$$a_{kp} = \sqrt{\frac{2 \kappa R T_1^*}{\kappa + 1}} \quad (4.78)$$

Коэффициент скорости на входе в РА

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

По значению λ_1 рассчитываем значения следующих функций:

- приведенной плотности потока

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

- отношения давлений

$$p(\lambda_1) = \frac{p}{p^*} = \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda_1^2\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (4.81)$$

- относительного скоростного напора

$$j^*(\lambda_1) = \frac{\rho V^2}{2p^*} = \frac{k}{k+1} \lambda_1^2 \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda_1^2\right)^{\frac{1}{k-1}} \quad (4.82)$$

4.3.3.3. Принимаем величину гидравлического сопротивления между входным и сжатым сечениями, отнесенную к площади входного сечения РА (ζ_{ex}):

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

$$\zeta_{ex} = 0.$$

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

$$\zeta_{ex} = 1.$$

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

$$q(\lambda_0) = \frac{q(\lambda_1) \cdot S_4}{S_0(1) [1 - \zeta_{ex} j^*(\lambda_1)]} \quad (4.83)$$

4.3.3.5. По значению $q(\lambda_0)$ определяем величину λ'_0 :

$$\lambda'_0 = \frac{2}{\pi} \arcsin q(\lambda_0) \leq 1. \quad (4.84)$$

В формулу (4.80) подставляем λ'_0 вместо λ_1 и вычисляем $q(\lambda'_0)$.

Определяем разность

$$q(\lambda'_0) - q(\lambda_0) = \Delta. \quad (4.85)$$

$$\text{Если } \Delta \leq 0,00003, \quad (4.86)$$

то считаем, что $\lambda'_0 = \lambda_0$.

Если $\Delta > 0,00003$, то задаемся новым значением λ''_0 , определяемым следующим образом

$$\text{Для } \Delta > 0 \quad \lambda''_0 = \lambda'_0 + \Delta_1 \leq 1. \quad (4.87)$$

$$\text{Для } \Delta < 0 \quad \lambda''_0 = \lambda'_0 - \Delta_1, \quad (4.88)$$

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

$$\left(\frac{P_2^0}{P_1^0}\right)_{\text{теор}} = \frac{[1 - \zeta_{ex} j^*(\lambda_1)] [\pi(\lambda_0) + j^*(\lambda_0) \cdot \Gamma_r]}{\pi(\lambda_1)}, \quad (4.89)$$

$$\text{где } \Gamma_r = 1 - 2 \left(\frac{\delta_0(1)}{\delta_1} \right)^2 \cdot \delta_y^2 \cdot C_k(1). \quad (4.90)$$

4.3.3.8. Критерием правильности выбора размера РА является условие:

$$\left(\frac{\rho_2^p}{\rho_1^p} \right) - \left(\frac{\rho_2^p}{\rho_1^p} \right)_{\text{теор}} \leq 0,0005, \quad (4.91)$$

при котором выполняется критерий (4.28).

Варьированием размерами РА добиваемся выполнения критерия (4.91).

4.3.4. Выбор расходной характеристики.

4.3.4.1. Расчет квадратичного модуля $C_k(\ell)$ 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 (4.53) + (4.55).

4.3.4.2. Расчет модуля вязкости $C_h(\ell)$ для ℓ от 1,0 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 1,0 до 0,05 проводится по формулам:

$$C_f^B = 1,116 S_o(\ell) \sqrt{C_k^3(\ell)}, \quad (4.92)$$

$$\Gamma_r = 1 - 2 \left(\frac{S_o^d}{S_i} \right)^2 S_d^2 C_k^3(\ell), \quad (4.93)$$

где $C_k^3(\ell)$ — экспериментальное значение $C_k(\ell)$ РА. Значения величин C_f^B и Γ_r приведены в табл.Б приложения I.

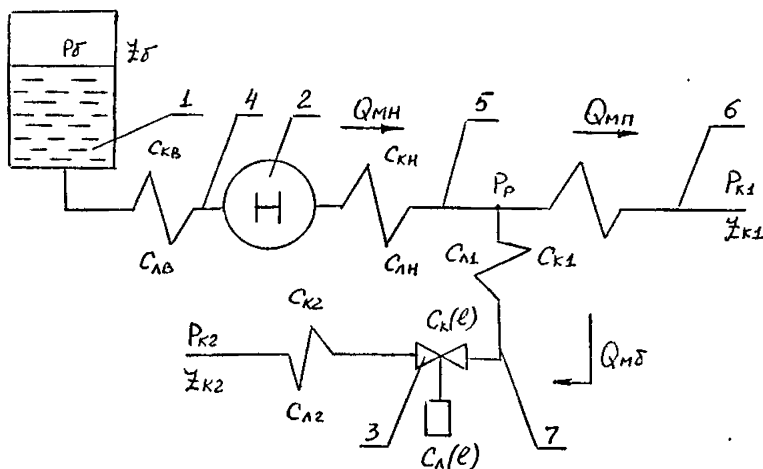
Допускается оценка C_f^B по $C_k(\ell)$ из пп.4.2.1.1. При этом необходимо иметь в виду, что $C_f^B \leq 1$.

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 1,0 до 0,05.

4.3.4.5. Расходная характеристика РА выбирается аналогично выбору характеристики при течении несжимаемой жидкости (см.пп. 4.2.4.6 + 4.2.4.11).

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

5.1. 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.



1 - 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

5.2.1. Определение параметров гидравлической цепи.

5.2.1.1. Расчет параметров ветвей ГС проводится по соотношениям, приведенным в пп.4.2.1.1 - 4.2.1.2.

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

а) источник напора - ресивер

$$(P_H + z_H \gamma_f) \rho = (P_\delta + z_\delta \gamma_f) \rho - \frac{0,5}{s_H^2 \cdot Q_{MH}^2} \quad (5.1)$$

б) источник напора – центробежный насос

$$(P_H + \gamma_H g p) p = A'_1 p - A'_1 Q_{MH} - A'_2 Q_{MH}^2, \quad (5.2)$$

$$A'_0 = P_0 + (A_0 + \gamma_0) g p, \quad (5.3)$$

$$A'_1 = \eta_t C_{AB} + 3,6 \cdot 10^3 g p A_1, \quad (5.4)$$

$$A'_2 = C_{KB} + 0,5 \gamma_H^2 - (3,6 \cdot 10^3)^2 g A_2, \quad (5.5)$$

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

5.2.1.3. Для насоса объемного нагнетания максимально возможный расход $Q_{MH} = \text{const}$. (5.6)

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

$$Q_{MH} = \sqrt{\frac{(P_H + \gamma_H g p) p - (P_{K1} + \gamma_{K1} g p) p}{C_{KP}} - \frac{C_{KH}}{C_{KP}} Q_{MH}^2} \quad (5.7)$$

$$Q_{MH} = \frac{Q_{MH}}{1 - f_M} - \sqrt{\frac{f_M}{1 - f_M} \left(\frac{Q_{MH}^2}{1 - f_M} + \Delta \right)}, \quad (5.8)$$

$$\text{где } f_M = \frac{C_{KP}}{C_{K1} + C_{K2} + C_K(1)_M},$$

$$\Delta = \frac{(P_{K1} + \gamma_{K1} g p) p - (P_{K2} + \gamma_{K2} g p) p}{C_{KP}},$$

$C_K(1)_M$ – табличное значение минимального $C_K(1)$ при $D_y = (D_{TP})_E$, что соответствует максимально возможному значению размера РА в данной ГС.

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

системе $\max Q_{mn}$. По найденному Q_{mn} 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:

$$\max Q_{мб} = \max Q_{mn} - \min Q_{мп} . \quad (5.9)$$

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

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

$$\frac{\max Q_{mn}}{Q_{м\max}} \geq n_{сдст} , \quad (5.10)$$

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

$$\frac{Q_{м\min}}{\min Q_{мп}} \geq n_{сдоп} , \quad (5.11)$$

$$\frac{(\max Q_{mn})_0}{Q_{м\max}} \geq n_{сдоп} , \quad (5.12)$$

где $(\max Q_{mn})_0$ определяется по (5.7) путем подстановки

$Q_{mn} = n_{сдст} Q_{м\max}$, что соответствует полностью закрытому регулирующему элементу арматуры ($f = 0$);

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

$$\frac{\max Q_{мб}}{Q_{м\max}} \geq n_{сдоп} . \quad (5.13)$$

В формулах (5.10) + (5.13) величина $n_{сдоп}$ назначается в зависимости от необходимого диапазона регулирования (но не менее 1,2).

Если условия (5.10) + (5.13) 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).

5.2.2.1. Расчет максимального расхода на входе объекта регу-

лирования при фиксированном значении размера РА $C_k(l)_i \geq C_k(l)_m$.

Приравниваем правые части уравнений

$$Q_{mn} = \sqrt{\frac{(P_n + \gamma_{нз} g p) P - (P_{k1} + \gamma_{k1} g p) P}{C_{кп}} - \frac{C_{кп}}{C_{кп}} Q_{mn}^2 + \frac{\eta_t C_{лп}}{C_{кп}} Q_{mn}} + \left(\frac{\eta_t C_{лп}}{2 C_{кп}} \right)^2 - \frac{\eta_t C_{лп}}{2 C_{кп}}, \text{ и} \quad (5.14)$$

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

где $C_{л\delta} = C_{л1} + C_{лк} + C_{л(l)_i} + C_{лg} + C_{л2}$ - модуль вязкости боковой ветви;

$C_{кп}$ - модуль вязкости прямой ветви

$C_{к\delta} = C_{к1} + C_{кк} + C_{к(l)_i} + C_{кг} + C_{к2}$ - квадратичный модуль боковой ветви;

$f = \frac{C_{кп}}{C_{к\delta}}$ - относительная квадратичная характеристика гидравлической системы.

Подставляем характеристики источников напора (5.1) для реверсивера или (5.4) для центробежного насоса и определяем Q_{mn} в зависимости от величин f и $C_{л\delta}$. Эти параметры определялись по следующим соображениям:

$C_k(l)_i$ - значение квадратичного модуля РА из нормального ряда;

$C_{л(l)_i}$ - соответствующее $C_k(l)_i$ табличное значение модуля вязкости РА.

Начиная с минимального значения $C_k(l)_i \geq C_k(l)_m$ варьируем размерами клапана. Рассчитываем по фиксированным значениям $C_k(l)_i$ и $C_{л(l)_i}$ параметры боковой ветви - $C_{к\delta}$ и $C_{л\delta}$ и считаем $(Q_{mn})_i$. При этом следует учитывать рекомендации, изложенные в

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

При расчете $(Q_{MN})_i = F[C_K(i)_i, C_A(i)_i]$ следует учитывать ограничение:

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

где $a = \frac{C_{KP}}{A_2'}$,

$$\Delta' = \frac{A_0' - (P_{K1} + Z_{K1} g p)}{A_0' - (P_{K2} + Z_{K2} g p)}$$

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

а) при $Q_{MO} = Q_{MN}$ выбираем такие $C_K(i)$ и D_y , при которых выполняется условие:

$$1,3 \geq \frac{(Q_{MN})_i}{Q_{M \max}} \geq 1,1; \quad (5.17)$$

б) при $Q_{MO} = Q_{MP}$ выбираем такие $C_K(i)$ и D_y , при которых выполняется условие:

$$1,3 \geq \frac{Q_{M \min}}{\min Q_{MP}} \geq 1,1, \quad (5.18)$$

где $\min Q_{MP}$ - есть результат решения уравнения (5.14) при $(Q_{MN})_i$ из пп. 5.2.2.1 и соответствующем $C_K(i)_i$;

в) при $Q_{MO} = Q_{MB}$ выбираем такие $C_K(i)$ и D_y , при которых выполняется условие:

$$1,3 \geq \frac{Q_{MB}}{Q_{M \max}} \geq 1,1, \quad (5.19)$$

где $Q_{MB} = (Q_{MN})_i - (Q_{MP})_i$,

$(Q_{MN})_i$ и $(Q_{MP})_i$ - численные значения расходов, соответствующих $C'_K(i)_i$.

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

5.2.3.1. Для работы РА в ГС должно выполняться условие:

$$(P_n)_{\text{ген}} \geq P_{k1} + (\gamma_{k1} - \gamma_n) g p + \frac{(C_{kn} + C_{kp}) Q_{mn}^2 + \eta_t (C_{ln} + C_{ln}) Q_{mn}}{\rho}, \quad (5.20)$$

где $(P_n)_{\text{ген}}$ – паспортное значение максимально допустимого давления в нагнетательной линии насоса.

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

$$f_p = \frac{(Q_{mn} - Q_{m \min})^2}{Q_{m \min}^2 + \Delta}. \quad (5.21)$$

5.2.3.3. Расчет минимального квадратичного модуля проводится по формуле:

$$C_{k \min} = \frac{C_{kp}}{f} - (C_{k1} + C_{kk} + C_{k2} + C_{kg}). \quad (5.22)$$

5.2.3.4. Проверка условия

$$C_{k \min} > C_k(l)_M, \quad (5.23)$$

где $C_k(l)_M$ – см. пп. 5.2.1.3.

Если условие (5.23) не выполняется, то

- а) варьируем положением точки разветвления боковой ветви;
- б) изменяем характеристики насосов.

5.2.3.5. По значению $C_{k \min}$ и $(D_{TP})_G$ выбираем РА в соответствии с пп. 4.2.2.1 и 4.2.2.6.

5.2.4. Проверка на возможность возникновения кавитационных режимов.

5.2.4.1. Расчет статических давлений на границах РА проводится по формулам:

$$P_2^p = P_{k2} + (\gamma_{k2} - \gamma_2) g p + \frac{(C_{k2} + C_{kg}) Q_{MB}^2 + \eta_t (C_{L2} + C_{Lg}) Q_{MB}}{\rho}, \quad (5.24)$$

$$P_1^p = P_2^p + (\gamma_2 - \gamma_1) g p - \frac{C_k(l) Q_{MB}^2 + \eta_t C_L(l) Q_{MB}}{\rho}, \quad (5.25)$$

23-86 9.06.87

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

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.

5.2.5.1. По пп. 4.2.4.1 - 4.2.4.3 проводится расчет модульных характеристик РА.

5.2.5.2. Расчет относительной квадратичной характеристики системы проводится по формуле:

$$f = \frac{C_{кп}}{C_{к1} + C_{кк} + C_{кз} + C_{к2} + C_{к}(e)} . \quad (5.27)$$

5.2.5.3. Расчет вязкости боковой ветви проводится по формуле:

$$C_{лб} = C_{л1} + C_{лк} + C_{лз} + C_{л2} + C_{л}(e) . \quad (5.28)$$

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

а) при $Q_{мб} = Q_{мн}$ в соответствии с пп. 5.2.2.1 определяем значения $Q_{мн}(e)$ по значениям f (см. пп. 5.2.5.2) и $C_{лб}$ (см. пп. 5.2.5.3) для фиксированных положений регулирующего элемента e от 1,0 до 0,05;

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

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

$$Q_{мб}(e) = Q_{мн}(e) - Q_{мп}(e) . \quad (5.29)$$

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

а) определяем значения $Q_{мп}(e)$ по формуле (5.8) и значениям f и $C_{лб}$ (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:

$$Q_{мд}(l) = Q_{мн}(l) - Q_{мп}(l). \quad (5.30)$$

5.2.5.6. Выбор расходной характеристики проводится в последовательности, изложенной в пп.4.2.4.6 ÷ 4.2.4.11.

5.3. Среда — сжимаемая жидкость

5.3.1. Определение параметров гидравлической цепи.

5.3.1.1. Расчет параметров ветвей ГС проводится по соотношениям, приведенным в пп.4.2.1.1 и 4.2.1.2.

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

$$\max Q_{мн} = \max Q_{мп} = \sqrt{\frac{\eta_t^2 (C_{лн} + C_{лп})^2}{4(C_{кн} + C_{кп})} + \frac{(P_H^2 - P_{к1}^2) \rho_0}{(C_{кн} + C_{кп}) 7423 T_1 K'}} - \frac{(C_{лн} + C_{лп}) \eta_t}{2(C_{кн} + C_{кп})}. \quad (5.31)$$

5.3.1.3. Определение минимального расхода в прямой ветви при условии, что в ГС используется РА с максимально возможным значением $C_{к(1)м}$ (см. пп.5.2.1.3) проводится по формулам:

Совместно решаем систему уравнений:

$$Q_{мн} = \sqrt{\left(\frac{\eta_t C_{лн}}{2 C_{кн}}\right)^2 + \frac{(P_H^2 - P_{к1}^2) \rho}{1423 T_1 K' C_{кн}}} - \left[\frac{C_{кп}}{C_{кн}} Q_{мп}^2 + \eta_t \frac{C_{лп}}{C_{кн}} Q_{мп} \right] - \frac{\eta_t C_{лп}}{2 C_{кн}}, \quad (5.32)$$

$$(Q_{мн} - Q_{мп}) = 3,18 \cdot 10^2 C_f^r(1)_m P_i^p \sqrt{\frac{P_2}{C_{к(1)м} T_1 K'}} \cdot \sin \alpha, \quad (5.33)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{1,63}{C_f^r(1)_m} \sqrt{1 - \frac{P_2^p}{P_1^p}} \leq \frac{\pi}{2},$$

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

$C_f^f(1)_M$ - фактор критического расхода РА с $C_k(1)_M$ и $C_f^B(1)_M$,
который рассчитывается по формуле (4.69),

$$P_1^P = \sqrt{P_{K1}^2 + \frac{7423 T_1 K^1}{P_c} [C_{kp} Q_{мп}^2 + \eta_t C_{лп} Q_{мп} - (C_{K1} + C_{Kк})(Q_{mn} - Q_{мп})^2 + \eta_t (C_{л1} + C_{лк})(Q_{mn} - Q_{мп})]} \quad (5.34)$$

$$P_2^P = \sqrt{P_{K2}^2 + \frac{7423 T_1 K^1}{P_c} [(C_{K2} + C_{Kг})(Q_{mn} - Q_{мп})^2 + \eta_t (C_{л2} + C_{лг})(Q_{mn} - Q_{мп})]} \quad (5.3)$$

В результате решения системы уравнений (5.32) + (5.33) при использовании РА с $C_k(1)_M$ получаем:

а) значение расхода источника напора $((Q_{mn})_M)$ 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

$$\max Q_{мб} = (Q_{mn})_M - \min Q_{мп}.$$

5.3.1.4. Проверяем возможность регулирования в данной структуре ГС (в зависимости от того, в какой ветви находится объект регулирования) по критериям (5.10) + (5.13) в соответствии с п.5.2.1.4.

5.3.2. Определение условного прохода и условной пропускной способности РА.

5.3.2.1. Выбор размера РА проводится аналогично пп.5.2.2.1. Решаем систему уравнений (5.32) и (5.33) при условии, что $C_k(1)_M$ является минимальным значением $C_k(1)_i$ в данной ГС. Варьируем размерами РА, начиная с минимального значения $C_k(1)_i - C_k(1)_M$. Рассчитываем (при фиксированном значении $C_k(1)_i$ и соответ-

23-86 9.06.87

в общем значении фактора критического расхода $C_f^B(1)_i$) величины расходов $(Q_{mi})_i$, $(Q_{mp})_i$ и $(Q_{md})_i$ 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 $D_y \neq D_{tr}$ 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.

5.3.3.1. По формулам пп.4.3.4.I + 4.3.4.3 проводится расчет модульных и газовых характеристик РА, выбранной по критериям (5.17) + (5.19).

5.3.3.2. Расходные характеристики РА определяются в следующей последовательности:

а) при $Q_{mo} = Q_{mp}$ решаем систему уравнений (5.32) + (5.33) относительно Q_{mp} при условии, что $C_k(1)_m = C_k(l)$ и $C_f^B(1)_m = C_f^B(l)$;

б) при $Q_{mo} = Q_{mn}$ определяем значения Q_{mn} по формуле (5.32) и значениям Q_{mp} из пп.а ;

в) при $Q_{mo} = Q_{md}$ рассчитываем расходную характеристику по формуле :

$$Q_{md} = Q_{mn} - Q_{mp} . \quad (5.36)$$

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 9.06.87

6. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, ЗАПРАШИВАЕМЫЕ У ПРОЕКТАНТОВ СИСТЕМ

6.1. 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

($P = 0,1$ МПа, $T = 273$ 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 , $\text{м}^2/\text{с}$ 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

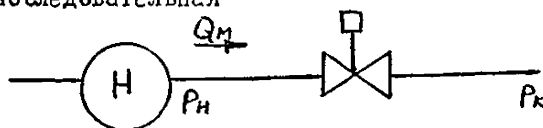
 R Удельная теплоемкость сжимаемой среды при T_1 , Дж/кг·град c_p

Показатель адиабаты

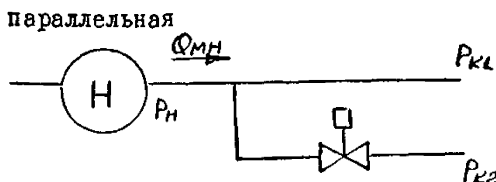
 k Максимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с $Q_{m\max}$ Минимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с $Q_{m\min}$ Массовый расход на входе в ГС, кг/с Q_{mn}

23-86 9.06.85

Абсолютное статическое давление в баке насоса, Па	P_5
Абсолютное статическое давление на входе в ГС, Па	P_H
Абсолютное статическое давление в конце гидравлической ветви, не содержащей РА, Па	P_{K1}
Абсолютное статическое давление в конце гидравлической ветви, содержащей РА, Па	P_{K2}
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_5
нагнетательного патрубка источника напора на входе РА, м	Z_H
на входе РА, м	Z_1
на выходе РА, м	Z_2
на выходе гидравлической ветви, не содержащей РА, м	Z_{K1}
на выходе гидравлической ветви, содержащей РА, м	Z_{K2}
Источники напора:	
Центробежный насос	МАРКА
максимальный расход (по характеристике), м ³ /ч	Q_{max}
средний расход, м ³ /ч	Q_{cp}
минимальный расход, м ³ /ч	Q_{min}
максимальный напор, м	H_{max}
Средний напор, м	H_{cp}
Минимальный напор, м	H_{min}
Насос объемного нагнетания	МАРКА
Расход, кг/с	Q_{MH}
Максимальное давление, Па	$P_H(gcn)$
Схема установки РА в ГС	
последовательная	



23-86 9.06.85



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 ($D_1, D_2, D_y, L, \Delta, \alpha_k, \alpha_g$).

Перечень элементов ГС:

клапан запорный проходной

клапан угловой

клапан прямооточный с наклонным шпинделем

кран шаровой

клапан запорный со смещенными осями

задвижка

стандартная диафрагма

угольник 90°

угольник 135°

колено 90°

$R = 0,5 D_{TP}$

$R = D_{TP}$

$R = 1,5 D_{TP}$

тройник

внезапное расширение

внезапное сужение

диффузор

конфузор

трубопровод

23-86 9.06.87

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



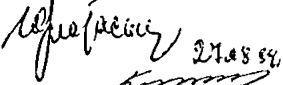
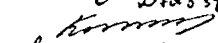
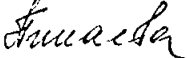
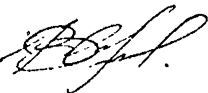




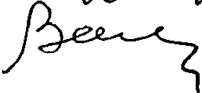
Руководитель предприятия п/я Г-4745		С.И.Косых
Главный инженер предприятия п/я А-7899		М.И.Власов
Заместитель руководителя Заведующий отделом I6I		Д.И.Тарасьев
И.о.заведующего отделом I53		А.Е.Кречков
Руководитель темы - заведующий сектором отдела I53		Е.Г.Пинаева
Исполнители:		В.Д.Савельев
ведущий конструктор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



Таблица I

Параметры РА

№ чертежа	D_u , мм	D_c , мм	K_{vy} , м ³ /ч	$C_k (1)$, м ⁻⁴	$C_1 (1)$, м ⁻³	$C_2 (1)$	$K_c (1)$
Двухседельные регулирующие клапаны							
И65233	25	25/23	16	0,5984 IO ⁷	0,1803 IO ⁸	0,43	0,52
И65233	40	40/38	40	0,7442 IO ⁸	0,5595 IO ⁷	0,62	
И65233	50	50/48	63	0,3628 IO ⁶	0,3042 IO ⁷	0,61	
И65235	80	80/78	100	0,1328 IO ⁸	0,2591 IO ⁷	0,83	
И65144			160	0,5984 IO ⁵	0,8205 IO ⁶	0,61	
И65255				0,6692 IO ⁵	0,2080 IO ⁷	0,90	
И65233	100	100/98	250	0,1687 IO ⁵	0,3121 IO ⁶	0,55	
И65144				0,2497 IO ⁵	0,3621 IO ⁶	0,53	
И65260				0,2370 IO ⁵	0,3121 IO ⁶	0,47	
И65235	150	150/148	500	0,3664 IO ⁴	0,9101 IO ⁵	0,51	
И65144			400	0,9842 IO ⁴	0,3299 IO ⁶	0,79	
И65181				0,1072 IO ⁵	0,3034 IO ⁶	0,73	

Продолжение табл. I

№ чертежа	D_y , мм	D_c , мм	K_{vy} , м ³ /ч	$C_K(I)$, м ⁻⁴	$C_A(I)$, м ⁻³	$C_X(I)$	$K_c(I)$
Двухседельные регулирующие клапаны							
И65233	200	200/198	1000	0,1874 IO ⁴	0,5068 IO ⁵	0,54	0,52
УФ65085	250	250/248	1600	0,5594 IO ³	0,2057 IO ⁵	0,50	
УФ65016			1000	0,8163 IO ³	0,2167 IO ⁵	0,44	
Односедельные регулирующие клапаны							
У27095	100	100	160	0,4685 IO ⁵	0,8843 IO ⁶	0,85	0,74
У27096	150	150	400	0,7932 IO ⁴	0,1077 IO ⁶	0,54	
Р27054	6	8	0,63	0,4541 IO ¹⁰	0,1401 IO ¹⁰	0,32	
И68068	15	10	2,5	0,2310 IO ⁹	0,1307 IO ¹¹	0,85	
У27087	10	15	1,6	0,5309 IO ⁹	0,3688 IO ⁹	0,42	
А26257	32	25	16	0,7547 IO ⁷	0,1396 IO ⁸	0,56	
А26257	50	42	40	0,1103 IO ⁷	0,5136 IO ⁷	0,71	

23-86 № 22.10.89

Продолжение табл. I

№ чертежа	$D_y,$ мм	$D_c,$ мм	$K_{vy},$ м ³ /ч	$C_K(1),$ м ⁻⁴	$C_A(1),$ м ⁻³	$C_F(1)$	$K_c(1)$
Односедельные регулирующие клапаны							
М65199	20	16	6,3	0,7970 IO ⁸	0,1200 IO ⁸	0,61	0,74
И65270	40	40	16	0,5045 IO ⁸	0,4082 IO ⁸	0,85	
И65201	10	10	2,5	0,1466 IO ⁹	0,4968 IO ⁹	0,85	
И65204-01	25	25	16	0,8163 IO ⁴	0,2431 IO ⁸	0,65	
Шаровые краны							
И39109	50	-	160	0,4519 IO ⁵	0,1971 IO ⁷	0,60	0,26
У39083	80		630	0,2946 IO ⁴	0,4812 IO ⁶	0,60	
Л39098	100		900	0,1610 IO ⁴	0,2464 IO ⁶	0,60	

Зам. 2

РД-РТМ 26-07-256-84 Стр. 48

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 16 включ.	+	▽	+	+	+
	св. 16 " 64 "	+	+	□	+	□
	" 64 " 160 "	+	+	+	□	-
	" 160	-	+	-	□	-
Перепад давления ΔP , кгс/см	До 12	В соответствии с ГОСТ	+	+	+	+
	св. 12 до 25 включ.	В соответствии с ГОСТ	-	□	-	-
	" 25 " 40 "	-	+	□	□	-
	" 40 " 100 "	-	□	-	□	-
	" 100	-	□	-	-	-
Герметичность в затворе	Полная	-	□	+	-	-
	0,05% от K_{vy}	+	□	-	+	□

Продолжение табл. 2

Технико-эксплуатационные параметры		Тип регулирующей арматуры				
		Двухседель- ные клапаны	Односедельные клапаны		Шаровые краны	Затворы поворотные дисковые
			разгру- женные	неразгру- женные		
Температу- ра рабочей среды	до 200	+	+	+	+	+
	св. 200 до 425 вклч.	+	+	+	□	□
	" 425 " 600 "	+	—	+	—	—
	" 600	□	—	□	—	—
Вид рабочей среды	жидкая, газообразная (чистая)	+	+	+	+	+
	загрязненная с меха- ническими примесями	▽	—	▽	+	+
	кристаллизующаяся	□	□	□	□	□
	налипающая	—	—	—	□	□
	токсичная, взрыво- опасная	+	+	+	□	—
Максимальная пропускная способность		+	▽	▽	+	+
Минимальная строительная длина		—	—	—	▽	+

Продолжение табл. 2

Технико-эксплуатационные параметры	Тип регулирующей арматуры				
	Двухседель- ные клапаны	Односедельные клапаны		Шаровые краны	Затворы поворотные дисковые
		разгру- женные	неразгру- женные		
Минимальная 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	$L_{a \text{ лу}}$	$\zeta_{\text{ту}}$
Клапан запорный проходной	1500	$4,0 \pm 6,0$
Клапан угловой	200	3,0
Клапан прямооточный в наклонном шпинделем	450	3,0
Кран шаровой	2500	$0,1 \pm 0,3$
Клапан запорный со смещенными осями	1500	5,0
Задвижка	38	0,3
Стандартная диафрагма $0,64 \geq m \geq 0,16$	$1432m^2 - 1594m + 468,3$	$494,8m^2 - 5396m + 143,7$
$0,16 > m \geq 0,05$	$32800m^2 - 19160m + 2476$	$18200m^2 - 10460m + 1277$
Угольник 90°	200	1,4
Угольник 135°	300	0,4
Колено 90°		
$R = 0,5 D_{\text{тр}}$	45	1,2
$R = D_{\text{тр}}$	65	0,20

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

Продолжение табл. 3

Тип Местно. сопротивления	$La_{\text{лy}}$	$\xi_{\text{тy}}$
<p>Конфузоры</p> <p>S_1 и S_2 - площади ш. чого и узкого чечений</p> <p>α_k - центральный угол</p> <p>$m = \frac{S_2}{S_1}$</p> <p>$S_y = S_2$</p>	$\frac{16(1-m^{\frac{1}{2}})}{3 \sin(\frac{\alpha_k}{2})} + 126^4 \sqrt{\sin \alpha_k}$	<p>$40^\circ \geq \alpha_k > 0^\circ$</p> $0,41 K_{\text{nc}} \left(\frac{1-m}{1-0,85m} \right)^2 + \frac{1}{8} \pi \left(\frac{1-m}{\sin(\frac{\alpha_k}{2})} \right)^2$ <p>$K_{\text{nc}} = 5,68 \cdot 10^{-4} \alpha_k^2 - 4,36 \cdot 10^{-3} \alpha_k + 1$</p>
<p>Трубы круглого сечения</p> <p>$\bar{\Delta}$ - относительная шероховатость</p> <p>$\bar{\Delta} \leq 0,01$</p> <p>$\bar{\Delta} > 0,01$</p>	$\frac{32L}{D_{\text{тр}}}$	$\frac{\lambda_{\text{тр}} L}{D_{\text{тр}}}$ <p>$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 (\bar{\Delta})^{0,25}$</p> <p>$\lambda_{\text{тр}} = 0,25 \left[\lg \left(\frac{3,7}{\bar{\Delta}} \right) \right]^{-2}$</p>

Примечание. значения $La_{\text{лy}}$ и $\xi_{\text{тy}}$ местных сопротивлений не приведенных в табл. следует выбирать по соответствующим справочникам

Таблица 4

Коэффициенты кавитации для односедельных и двухседельных регулируемых клапанов

Тип клапана	Тип корпуса	Направление потока	K_{vH} , %	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	Прямой	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

Таблица 5

Коэффициенты кавитации для поворотных дисковых затворов

Тип клапана	Затвор		$K_{vy},$ %	K_c	K_m	C_f^8
	Тип диска	Угол поворота				
Дисковый затвор	Плоский	60°	100	0,35	0,55	0,65
		90°	100	0,25	0,30	0,50
	Профильный	60°	100	0,47	0,60	0,75
		90°	100	0,31	0,43	0,50

Таблица 6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^4$	$C_A(L), m^3$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
И65233-025, ЛК _У 16						
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 _У 40						
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	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^4$	$C_A(L), m^3$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
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, Жк, 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

Зом.2)

Продолжение табл. 6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-3}$	$L_A(L)$	$K_C(L)$	$C_f(L)$
1,0	$0,2048 \cdot 10^{-2}$	$0,3428 \cdot 10^6$	$0,3042 \cdot 10^7$	$0,2986 \cdot 10^3$	0,52	0,61
И65233-080, ЛК, 100						
0,1	$0,1909 \cdot 10^{-3}$	$0,8856 \cdot 10^7$	$0,1507 \cdot 10^{10}$	$0,6061 \cdot 10^6$	0,33	0,63
0,2	$0,3863 \cdot 10^{-3}$	$0,2041 \cdot 10^8$	$0,2145 \cdot 10^9$	$0,8626 \cdot 10^5$	0,35	0,79
0,3	$0,5866 \cdot 10^{-3}$	$0,1105 \cdot 10^7$	$0,7074 \cdot 10^8$	$0,2844 \cdot 10^5$	0,41	0,89
0,4	$0,7928 \cdot 10^{-3}$	$0,6898 \cdot 10^6$	$0,3272 \cdot 10^8$	$0,1316 \cdot 10^5$	0,46	0,91
0,5	$0,1006 \cdot 10^{-2}$	$0,4628 \cdot 10^6$	$0,1811 \cdot 10^8$	$0,7282 \cdot 10^4$	0,48	0,92
0,6	$0,1231 \cdot 10^{-2}$	$0,1318 \cdot 10^6$	$0,1114 \cdot 10^8$	$0,4475 \cdot 10^4$	0,49	0,91
0,7	$0,1474 \cdot 10^{-2}$	$0,2530 \cdot 10^6$	$0,7316 \cdot 10^7$	$0,2942 \cdot 10^4$	0,50	0,91
0,8	$0,1735 \cdot 10^{-2}$	$0,1993 \cdot 10^6$	$0,5064 \cdot 10^7$	$0,2036 \cdot 10^4$	0,51	0,90
0,9	$0,2013 \cdot 10^{-2}$	$0,1610 \cdot 10^6$	$0,3669 \cdot 10^7$	$0,1475 \cdot 10^4$	0,51	0,90
1,0	$0,2385 \cdot 10^{-2}$	$0,1328 \cdot 10^6$	$0,2591 \cdot 10^7$	$0,1042 \cdot 10^4$	0,52	0,83
И65233-100, ЛК, 250						
0,1	$0,4122 \cdot 10^{-3}$	$0,1246 \cdot 10^7$	$0,3135 \cdot 10^9$	$0,2462 \cdot 10^6$	0,33	0,62
0,2	$0,8461 \cdot 10^{-3}$	$0,3214 \cdot 10^6$	$0,4483 \cdot 10^8$	$0,3521 \cdot 10^5$	0,34	0,75
0,3	$0,1308 \cdot 10^{-2}$	$0,1507 \cdot 10^6$	$0,1466 \cdot 10^8$	$0,1151 \cdot 10^5$	0,40	0,88
0,4	$0,1809 \cdot 10^{-2}$	$0,8712 \cdot 10^5$	$0,6619 \cdot 10^7$	$0,5198 \cdot 10^4$	0,46	0,91

Продолжение табл. 6

L	$S_0(L), M^2$	$C_K(L), M^4$	$C_A(L), M^3$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
0,5	$0,2370 \cdot 10^{-2}$	$0,5669 \cdot 10^5$	$0,3517 \cdot 10^7$	$0,2762 \cdot 10^4$	0,48	0,92
0,6	$0,3086 \cdot 10^{-2}$	$0,3937 \cdot 10^5$	$0,1964 \cdot 10^7$	$0,1543 \cdot 10^4$	0,50	0,91
0,7	$0,4287 \cdot 10^{-2}$	$0,2892 \cdot 10^5$	$0,1017 \cdot 10^7$	$0,7987 \cdot 10^3$	0,50	0,91
0,8	$0,5998 \cdot 10^{-2}$	$0,2233 \cdot 10^5$	$0,5788 \cdot 10^6$	$0,4546 \cdot 10^3$	0,51	0,81
0,9	$0,8095 \cdot 10^{-2}$	$0,1830 \cdot 10^5$	$0,3918 \cdot 10^6$	$0,3077 \cdot 10^3$	0,52	0,66
1,0	$0,1013 \cdot 10^{-1}$	$0,1687 \cdot 10^5$	$0,3121 \cdot 10^6$	$0,2451 \cdot 10^3$	0,52	0,55
И65233-150, ЖК, 500						
0,1	$0,1340 \cdot 10^{-2}$	$0,2268 \cdot 10^6$	$0,3404 \cdot 10^8$	$0,9022 \cdot 10^5$	0,33	0,57
0,2	$0,2686 \cdot 10^{-2}$	$0,5745 \cdot 10^5$	$0,5495 \cdot 10^7$	$0,1457 \cdot 10^5$	0,35	0,79
0,3	$0,4069 \cdot 10^{-2}$	$0,2892 \cdot 10^5$	$0,1973 \cdot 10^7$	$0,5231 \cdot 10^4$	0,41	0,89
0,4	$0,5570 \cdot 10^{-2}$	$0,1750 \cdot 10^5$	$0,9504 \cdot 10^6$	$0,2519 \cdot 10^4$	0,47	0,92
0,5	$0,7584 \cdot 10^{-2}$	$0,9842 \cdot 10^4$	$0,4877 \cdot 10^6$	$0,1293 \cdot 10^4$	0,49	0,91
0,6	$0,1022 \cdot 10^{-1}$	$0,6741 \cdot 10^4$	$0,2740 \cdot 10^6$	$0,7264 \cdot 10^3$	0,50	0,88
0,7	$0,1351 \cdot 10^{-1}$	$0,5102 \cdot 10^4$	$0,1733 \cdot 10^6$	$0,4593 \cdot 10^3$	0,51	0,76
0,8	$0,1696 \cdot 10^{-1}$	$0,4374 \cdot 10^4$	$0,1273 \cdot 10^6$	$0,3375 \cdot 10^3$	0,51	0,65
0,9	$0,2029 \cdot 10^{-1}$	$0,3926 \cdot 10^4$	$0,1040 \cdot 10^6$	$0,2756 \cdot 10^3$	0,52	0,57
1,0	$0,2340 \cdot 10^{-1}$	$0,3664 \cdot 10^4$	$0,9101 \cdot 10^5$	$0,2412 \cdot 10^3$	0,52	0,51

23-86 МЛБ-27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), M^2$	$C_K(L), M^{-4}$	$C_A(L), M^{-3}$	$L_a(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
И65233-200, ЛК, I000						
0,1	$0,1818 \cdot 10^{-2}$	$0,2603 \cdot 10^6$	$0,3009 \cdot 10^8$	$0,1801 \cdot 10^6$	0,33	0,34
0,2	$0,3705 \cdot 10^{-2}$	$0,3727 \cdot 10^5$	$0,4454 \cdot 10^7$	$0,2708 \cdot 10^5$	0,34	0,69
0,3	$0,5687 \cdot 10^{-2}$	$0,1417 \cdot 10^5$	$0,1499 \cdot 10^7$	$0,9415 \cdot 10^4$	0,42	0,89
0,4	$0,7813 \cdot 10^{-2}$	$0,8605 \cdot 10^4$	$0,6942 \cdot 10^6$	$0,4362 \cdot 10^4$	0,47	0,92
0,5	$0,1013 \cdot 10^{-1}$	$0,5536 \cdot 10^4$	$0,3808 \cdot 10^6$	$0,2303 \cdot 10^4$	0,49	0,92
0,6	$0,1260 \cdot 10^{-1}$	$0,3926 \cdot 10^4$	$0,2364 \cdot 10^6$	$0,1485 \cdot 10^4$	0,50	0,91
0,7	$0,1545 \cdot 10^{-1}$	$0,3214 \cdot 10^4$	$0,1555 \cdot 10^6$	$0,9770 \cdot 10^3$	0,50	0,84
0,8	$0,1921 \cdot 10^{-1}$	$0,2394 \cdot 10^4$	$0,1037 \cdot 10^6$	$0,6517 \cdot 10^3$	0,51	0,77
0,9	$0,2487 \cdot 10^{-1}$	$0,2096 \cdot 10^4$	$0,6874 \cdot 10^5$	$0,4319 \cdot 10^3$	0,51	0,64
1,0	$0,3118 \cdot 10^{-1}$	$0,1874 \cdot 10^4$	$0,5068 \cdot 10^5$	$0,3184 \cdot 10^3$	0,52	0,54
УФ65085-250, ЛК, I600						
0,1	$0,4178 \cdot 10^{-2}$	$0,3006 \cdot 10^5$	$0,5407 \cdot 10^7$	$0,6635 \cdot 10^5$	0,33	0,51
0,2	$0,8176 \cdot 10^{-2}$	$0,9070 \cdot 10^4$	$0,9464 \cdot 10^6$	$0,1161 \cdot 10^5$	0,35	0,52
0,3	$0,1239 \cdot 10^{-1}$	$0,4294 \cdot 10^4$	$0,3440 \cdot 10^6$	$0,4221 \cdot 10^4$	0,42	0,88
0,4	$0,1805 \cdot 10^{-1}$	$0,2427 \cdot 10^4$	$0,1467 \cdot 10^6$	$0,1800 \cdot 10^4$	0,47	0,85
0,5	$0,2452 \cdot 10^{-1}$	$0,1514 \cdot 10^4$	$0,7780 \cdot 10^5$	$0,9547 \cdot 10^3$	0,49	0,78

3AM. ②

Продолжение табл.6

L	$S_o(L), m^2$	$C_k(L), m^{-4}$	$C_1(L), m^{-3}$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
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 _У 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 29.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), M^2$	$C_K(L), M^4$	$C_A(L), M^3$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
P27054-006, ЛК ν 0,63						
0,1	$0,2259 \cdot 10^{-4}$	$0,3543 \cdot 10^{12}$	$0,1886 \cdot 10^{10}$	$0,3200 \cdot 10^3$	0,85	0,30
0,2	$0,2324 \cdot 10^{-4}$	$0,1276 \cdot 10^{12}$	$0,1822 \cdot 10^{10}$	$0,3091 \cdot 10^3$	0,85	0,30
0,3	$0,2391 \cdot 10^{-4}$	$0,4982 \cdot 10^{11}$	$0,1761 \cdot 10^{10}$	$0,2988 \cdot 10^3$	0,84	0,30
0,4	$0,2461 \cdot 10^{-4}$	$0,2892 \cdot 10^{11}$	$0,1704 \cdot 10^{10}$	$0,2890 \cdot 10^3$	0,82	0,30
0,5	$0,2535 \cdot 10^{-4}$	$0,1887 \cdot 10^{11}$	$0,1649 \cdot 10^{10}$	$0,2798 \cdot 10^3$	0,80	0,30
0,6	$0,2613 \cdot 10^{-4}$	$0,1246 \cdot 10^{11}$	$0,1597 \cdot 10^{10}$	$0,2709 \cdot 10^3$	0,78	0,30
0,7	$0,2695 \cdot 10^{-4}$	$0,8833 \cdot 10^{10}$	$0,1546 \cdot 10^{10}$	$0,2623 \cdot 10^3$	0,76	0,30
0,8	$0,2784 \cdot 10^{-4}$	$0,7062 \cdot 10^{10}$	$0,1497 \cdot 10^{10}$	$0,2540 \cdot 10^3$	0,74	0,30
0,9	$0,2882 \cdot 10^{-4}$	$0,5774 \cdot 10^{10}$	$0,1449 \cdot 10^{10}$	$0,2458 \cdot 10^3$	0,74	0,30
1,0	$0,2992 \cdot 10^{-4}$	$0,4541 \cdot 10^{10}$	$0,1401 \cdot 10^{10}$	$0,2376 \cdot 10^3$	0,74	0,32
И68068-015, ЛК 2,5						
0,1	$0,1135 \cdot 10^{-5}$	$0,6299 \cdot 10^{10}$	$0,8110 \cdot 10^{13}$	$0,2152 \cdot 10^8$	0,85	0,56
0,2	$0,2262 \cdot 10^{-5}$	$0,1993 \cdot 10^{10}$	$0,1081 \cdot 10^{13}$	$0,2866 \cdot 10^7$	0,83	0,76
0,3	$0,3381 \cdot 10^{-5}$	$0,1135 \cdot 10^{10}$	$0,3401 \cdot 10^{12}$	$0,9015 \cdot 10^6$	0,81	0,87
0,4	$0,4491 \cdot 10^{-5}$	$0,7665 \cdot 10^9$	$0,1518 \cdot 10^{12}$	$0,4026 \cdot 10^6$	0,79	0,87

Зам. ②

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_1(L), m^{-3}$	$L_0(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
И68068-015, ЛК ν 2,5						
0,5	$0,5594 \cdot 10^{-5}$	$0,5378 \cdot 10^9$	$0,8218 \cdot 10^{11}$	$0,2177 \cdot 10^6$	0,77	0,86
0,6	$0,6689 \cdot 10^{-5}$	$0,4413 \cdot 10^9$	$0,5007 \cdot 10^{11}$	$0,1327 \cdot 10^6$	0,76	0,86
0,7	$0,7775 \cdot 10^{-5}$	$0,3727 \cdot 10^9$	$0,3316 \cdot 10^{11}$	$0,8786 \cdot 10^5$	0,74	0,85
0,8	$0,8854 \cdot 10^{-5}$	$0,3035 \cdot 10^9$	$0,2330 \cdot 10^{11}$	$0,6177 \cdot 10^5$	0,74	0,85
0,9	$0,9925 \cdot 10^{-5}$	$0,2635 \cdot 10^9$	$0,1715 \cdot 10^{11}$	$0,4545 \cdot 10^5$	0,74	0,85
1,0	$0,1099 \cdot 10^{-4}$	$0,2310 \cdot 10^9$	$0,1307 \cdot 10^{11}$	$0,3466 \cdot 10^5$	0,74	0,85
У27087-010, ЛК ν 1,6						
0,1	$0,1204 \cdot 10^{-5}$	$0,2411 \cdot 10^{11}$	$0,7067 \cdot 10^{13}$	$0,5550 \cdot 10^7$	0,35	0,96
0,2	$0,2531 \cdot 10^{-5}$	$0,1171 \cdot 10^{11}$	$0,8348 \cdot 10^{12}$	$0,6557 \cdot 10^6$	0,35	0,95
0,3	$0,4034 \cdot 10^{-5}$	$0,7231 \cdot 10^{10}$	$0,2273 \cdot 10^{12}$	$0,1785 \cdot 10^6$	0,35	0,94
0,4	$0,5810 \cdot 10^{-5}$	$0,4717 \cdot 10^{10}$	$0,8437 \cdot 10^{11}$	$0,6626 \cdot 10^5$	0,35	0,93
0,5	$0,8115 \cdot 10^{-5}$	$0,3792 \cdot 10^{10}$	$0,3497 \cdot 10^{11}$	$0,2746 \cdot 10^5$	0,36	0,93
0,6	$0,1244 \cdot 10^{-4}$	$0,2530 \cdot 10^{10}$	$0,1186 \cdot 10^{11}$	$0,9314 \cdot 10^4$	0,37	0,93
0,7	$0,2234 \cdot 10^{-4}$	$0,1507 \cdot 10^{10}$	$0,2991 \cdot 10^{10}$	$0,2349 \cdot 10^4$	0,40	0,86
0,8	$0,3884 \cdot 10^{-4}$	$0,9318 \cdot 10^9$	$0,9718 \cdot 10^9$	$0,7633 \cdot 10^3$	0,43	0,62

Зам. ②

Продолжение табл. 6

L	$B_0(L), m^2$	$C_X(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-3}$	$h_0(L)$	$K_C(L)$	$C_X(L)$
Y27087-010, ЛК v I, 6						
0,9	$0,5707 \cdot 10^{-4}$	$0,7103 \cdot 10^9$	$0,5191 \cdot 10^9$	$0,4077 \cdot 10^3$	0,45	0,48
1,0	$0,7510 \cdot 10^{-4}$	$0,5309 \cdot 10^9$	$0,3688 \cdot 10^9$	$0,2897 \cdot 10^3$	0,47	0,42
A26257-032, ЛК v I 6						
0,1	$0,4689 \cdot 10^{-4}$	$0,1725 \cdot 10^{10}$	$0,1998 \cdot 10^{10}$	$0,5142 \cdot 10^5$	0,85	0,30
0,2	$0,9040 \cdot 10^{-4}$	$0,1054 \cdot 10^{10}$	$0,3636 \cdot 10^9$	$0,9357 \cdot 10^4$	0,85	0,30
0,3	$0,1307 \cdot 10^{-3}$	$0,1417 \cdot 10^9$	$0,1471 \cdot 10^9$	$0,3784 \cdot 10^4$	0,85	0,30
0,4	$0,1709 \cdot 10^{-3}$	$0,4904 \cdot 10^8$	$0,7870 \cdot 10^8$	$0,2026 \cdot 10^4$	0,82	0,54
0,5	$0,2147 \cdot 10^{-3}$	$0,3214 \cdot 10^8$	$0,4757 \cdot 10^8$	$0,1224 \cdot 10^4$	0,80	0,56
0,6	$0,2580 \cdot 10^{-3}$	$0,2044 \cdot 10^8$	$0,3241 \cdot 10^8$	$0,8342 \cdot 10^3$	0,78	0,57
0,7	$0,3005 \cdot 10^{-3}$	$0,1444 \cdot 10^8$	$0,2408 \cdot 10^8$	$0,6197 \cdot 10^3$	0,76	0,58
0,8	$0,3455 \cdot 10^{-3}$	$0,1054 \cdot 10^8$	$0,1877 \cdot 10^8$	$0,4831 \cdot 10^3$	0,74	0,58
0,9	$0,3941 \cdot 10^{-3}$	$0,8034 \cdot 10^7$	$0,1511 \cdot 10^8$	$0,3888 \cdot 10^3$	0,74	0,58
1,0	$0,4186 \cdot 10^{-3}$	$0,7547 \cdot 10^7$	$0,1397 \cdot 10^8$	$0,3594 \cdot 10^3$	0,74	0,56

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-3}$	$L_0(L)$	$K_C(L)$	$C_X(L)$
A26257-050, ЖК v 40						
0,1	$0,3192 \cdot 10^{-4}$	$0,4217 \cdot 10^{10}$	$0,2048 \cdot 10^{11}$	$0,2011 \cdot 10^4$	0,85	0,30
0,2	$0,8639 \cdot 10^{-4}$	$0,3926 \cdot 10^8$	$0,1240 \cdot 10^{10}$	$0,1218 \cdot 10^6$	0,85	0,50
0,3	$0,1609 \cdot 10^{-3}$	$0,2208 \cdot 10^8$	$0,2356 \cdot 10^9$	$0,2313 \cdot 10^5$	0,85	0,42
0,4	$0,2497 \cdot 10^{-3}$	$0,9160 \cdot 10^7$	$0,7718 \cdot 10^8$	$0,7577 \cdot 10^4$	0,83	0,71
0,5	$0,3598 \cdot 10^{-3}$	$0,5109 \cdot 10^7$	$0,3202 \cdot 10^8$	$0,3143 \cdot 10^4$	0,81	0,83
0,6	$0,4588 \cdot 10^{-3}$	$0,3189 \cdot 10^7$	$0,1830 \cdot 10^8$	$0,1797 \cdot 10^4$	0,78	0,82
0,7	$0,5484 \cdot 10^{-3}$	$0,2142 \cdot 10^7$	$0,1241 \cdot 10^8$	$0,1219 \cdot 10^4$	0,76	0,82
0,8	$0,6427 \cdot 10^{-3}$	$0,1650 \cdot 10^7$	$0,8987 \cdot 10^7$	$0,8823 \cdot 10^3$	0,74	0,79
0,9	$0,7563 \cdot 10^{-3}$	$0,1246 \cdot 10^7$	$0,6603 \cdot 10^7$	$0,6483 \cdot 10^3$	0,74	0,77
1,0	$0,8710 \cdot 10^{-3}$	$0,1103 \cdot 10^7$	$0,5136 \cdot 10^7$	$0,5042 \cdot 10^3$	0,74	0,71
M65270-040, PK v 16						
0,1	$0,9758 \cdot 10^{-5}$	$0,1887 \cdot 10^{11}$	$0,4497 \cdot 10^{12}$	$0,2240 \cdot 10^8$	0,85	0,30
0,2	$0,2046 \cdot 10^{-4}$	$0,1017 \cdot 10^{10}$	$0,5132 \cdot 10^{11}$	$0,2580 \cdot 10^7$	0,85	0,38
0,3	$0,3247 \cdot 10^{-4}$	$0,4573 \cdot 10^9$	$0,1368 \cdot 10^{11}$	$0,6875 \cdot 10^6$	0,85	0,37
0,4	$0,4645 \cdot 10^{-4}$	$0,2290 \cdot 10^9$	$0,5002 \cdot 10^{10}$	$0,2514 \cdot 10^6$	0,85	0,38
0,5	$0,6342 \cdot 10^{-4}$	$0,1380 \cdot 10^9$	$0,2123 \cdot 10^{10}$	$0,1067 \cdot 10^6$	0,85	0,37

30M. (2)

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-2}$	$C_A(L), m^{-3}$	$L_0(L)$	$K_c(L)$	$C_X(L)$
И65270-040, РК v I6						
0,6	$0,8549 \cdot 10^{-4}$	$0,8386 \cdot 10^8$	$0,9506 \cdot 10^9$	$0,4778 \cdot 10^6$	0,85	0,44
0,7	$0,1150 \cdot 10^{-3}$	$0,3664 \cdot 10^8$	$0,4367 \cdot 10^9$	$0,2125 \cdot 10^4$	0,83	0,81
0,8	$0,1605 \cdot 10^{-3}$	$0,1705 \cdot 10^8$	$0,1877 \cdot 10^9$	$0,9435 \cdot 10^4$	0,79	0,87
0,9	$0,2290 \cdot 10^{-3}$	$0,9479 \cdot 10^7$	$0,7962 \cdot 10^8$	$0,4002 \cdot 10^4$	0,75	0,86
1,0	$0,3064 \cdot 10^{-3}$	$0,5045 \cdot 10^7$	$0,4082 \cdot 10^8$	$0,2052 \cdot 10^4$	0,74	0,85
И65201-010, МК v 2,5						
0,1	$0,8430 \cdot 10^{-5}$	$0,5312 \cdot 10^{10}$	$0,1857 \cdot 10^{11}$	$0,1458 \cdot 10^5$	0,85	0,44
0,2	$0,1289 \cdot 10^{-4}$	$0,2096 \cdot 10^{10}$	$0,6483 \cdot 10^{10}$	$0,5092 \cdot 10^4$	0,84	0,64
0,3	$0,1706 \cdot 10^{-4}$	$0,1475 \cdot 10^{10}$	$0,3353 \cdot 10^{10}$	$0,2634 \cdot 10^4$	0,84	0,72
0,4	$0,2096 \cdot 10^{-4}$	$0,1054 \cdot 10^{10}$	$0,2113 \cdot 10^{10}$	$0,1659 \cdot 10^4$	0,83	0,82
0,5	$0,2443 \cdot 10^{-4}$	$0,7785 \cdot 10^9$	$0,1496 \cdot 10^{10}$	$0,1175 \cdot 10^4$	0,81	0,86
0,6	$0,2808 \cdot 10^{-4}$	$0,5449 \cdot 10^9$	$0,1146 \cdot 10^{10}$	$0,8999 \cdot 10^3$	0,80	0,87
0,7	$0,3151 \cdot 10^{-4}$	$0,3648 \cdot 10^9$	$0,9164 \cdot 10^9$	$0,7197 \cdot 10^3$	0,77	0,86
0,8	$0,3531 \cdot 10^{-4}$	$0,2659 \cdot 10^9$	$0,7439 \cdot 10^9$	$0,5842 \cdot 10^3$	0,75	0,86
0,9	$0,3970 \cdot 10^{-4}$	$0,1962 \cdot 10^9$	$0,6087 \cdot 10^9$	$0,4781 \cdot 10^3$	0,74	0,85
1,0	$0,4623 \cdot 10^{-4}$	$0,1466 \cdot 10^9$	$0,4968 \cdot 10^9$	$0,3902 \cdot 10^3$	0,74	0,85

ЗДМ.3

23-86 № 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-3}$	$L_a(L)$	$K_C(L)$	$C_X(L)$
И65204-01-025, ЖК, И6						
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	$S_0(L), m^2$	$C\pi(L), m^{-4}$	$C\lambda(L), m^{-3}$	$L_0(L)$	$K_0(L)$	$Cx(L)$
ИЗ9109-050						
0,6	$0,1076 \cdot 10^{-2}$	$0,1032 \cdot 10^7$	$0,2709 \cdot 10^7$	$0,2659 \cdot 10^3$	0,75	0,59
0,7	$0,1301 \cdot 10^{-2}$	$0,4720 \cdot 10^6$	$0,2388 \cdot 10^7$	$0,2345 \cdot 10^3$	0,61	0,65
0,8	$0,1523 \cdot 10^{-2}$	$0,2159 \cdot 10^6$	$0,2192 \cdot 10^7$	$0,2152 \cdot 10^3$	0,40	0,69
0,9	$0,1744 \cdot 10^{-2}$	$0,9878 \cdot 10^5$	$0,2062 \cdot 10^7$	$0,2025 \cdot 10^3$	0,28	0,64
1,0	$0,1963 \cdot 10^{-2}$	$0,4519 \cdot 10^5$	$0,1971 \cdot 10^7$	$0,1935 \cdot 10^3$	0,26	0,60
Y39083-080 Ky650						
0,1	$0,5742 \cdot 10^{-4}$	$0,3356 \cdot 10^7$	$0,6377 \cdot 10^9$	$0,2564 \cdot 10^6$	0,70	0,91
0,2	$0,4766 \cdot 10^{-3}$	$0,1535 \cdot 10^7$	$0,7307 \cdot 10^7$	$0,2938 \cdot 10^4$	0,70	0,91
0,3	$0,1014 \cdot 10^{-2}$	$0,7024 \cdot 10^6$	$0,2039 \cdot 10^7$	$0,8199 \cdot 10^3$	0,71	0,85
0,4	$0,1589 \cdot 10^{-2}$	$0,3213 \cdot 10^6$	$0,1117 \cdot 10^7$	$0,4492 \cdot 10^3$	0,77	0,78
0,5	$0,2172 \cdot 10^{-2}$	$0,1470 \cdot 10^6$	$0,8046 \cdot 10^6$	$0,3236 \cdot 10^3$	0,80	0,82
0,6	$0,2754 \cdot 10^{-2}$	$0,6725 \cdot 10^5$	$0,6613 \cdot 10^6$	$0,2659 \cdot 10^3$	0,75	0,85
0,7	$0,3330 \cdot 10^{-2}$	$0,3077 \cdot 10^5$	$0,5830 \cdot 10^6$	$0,2345 \cdot 10^3$	0,61	0,80
0,8	$0,3899 \cdot 10^{-2}$	$0,1408 \cdot 10^5$	$0,5352 \cdot 10^6$	$0,2152 \cdot 10^3$	0,40	0,74
0,9	$0,4464 \cdot 10^{-2}$	$0,6439 \cdot 10^4$	$0,5035 \cdot 10^6$	$0,2025 \cdot 10^3$	0,28	0,64
1,0	$0,5027 \cdot 10^{-2}$	$0,2946 \cdot 10^4$	$0,4812 \cdot 10^6$	$0,1935 \cdot 10^3$	0,26	0,60

23-86 *РМ* 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_1(L), m^{-3}$	$L_0(L)$	$K_2(L)$	$C_K(L)$
И65И99-020 ЛК v6,3						
0,1	$0,3795 \cdot 10^{-4}$	$0,8034 \cdot 10^9$	$0,1282 \cdot 10^{10}$	$0,8041 \cdot 10^4$	0,85	0,30
0,2	$0,4754 \cdot 10^{-4}$	$0,3126 \cdot 10^9$	$0,7372 \cdot 10^9$	$0,4632 \cdot 10^4$	0,83	0,59
0,3	$0,6543 \cdot 10^{-4}$	$0,1946 \cdot 10^9$	$0,3467 \cdot 10^9$	$0,2179 \cdot 10^4$	0,82	0,73
0,4	$0,7881 \cdot 10^{-4}$	$0,1200 \cdot 10^9$	$0,2288 \cdot 10^9$	$0,1438 \cdot 10^4$	0,79	0,78
0,5	$0,9857 \cdot 10^{-4}$	$0,8695 \cdot 10^8$	$0,1421 \cdot 10^9$	$0,8931 \cdot 10^3$	0,78	0,72
0,6	$0,1133 \cdot 10^{-3}$	$0,6931 \cdot 10^8$	$0,1079 \cdot 10^9$	$0,6776 \cdot 10^3$	0,76	0,70
0,7	$0,1341 \cdot 10^{-3}$	$0,5001 \cdot 10^8$	$0,7883 \cdot 10^8$	$0,4953 \cdot 10^3$	0,74	0,69
0,8	$0,1473 \cdot 10^{-3}$	$0,4374 \cdot 10^8$	$0,6682 \cdot 10^8$	$0,4198 \cdot 10^3$	0,74	0,67
0,9	$0,1640 \cdot 10^{-3}$	$0,3520 \cdot 10^8$	$0,5670 \cdot 10^8$	$0,3563 \cdot 10^3$	0,74	0,66
1,0	$0,1829 \cdot 10^{-3}$	$0,3318 \cdot 10^8$	$0,4782 \cdot 10^8$	$0,3005 \cdot 10^3$	0,74	0,61
Y27095-100 АКv-160						
0,1	$0,8677 \cdot 10^{-4}$	$0,3189 \cdot 10^8$	$0,1014 \cdot 10^{11}$	$0,7965 \cdot 10^2$	0,85	0,54
0,2	$0,1848 \cdot 10^{-3}$	$0,5312 \cdot 10^6$	$0,1142 \cdot 10^{10}$	$0,8272 \cdot 10^6$	0,84	0,70
0,3	$0,3003 \cdot 10^{-3}$	$0,2268 \cdot 10^6$	$0,2914 \cdot 10^9$	$0,2288 \cdot 10^6$	0,81	0,87
0,4	$0,4486 \cdot 10^{-3}$	$0,1384 \cdot 10^6$	$0,9719 \cdot 10^8$	$0,7633 \cdot 10^5$	0,78	0,86
0,5	$0,6880 \cdot 10^{-3}$	$0,9645 \cdot 10^5$	$0,3137 \cdot 10^8$	$0,2464 \cdot 10^5$	0,76	0,86

30M (2)

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-3}$	$L_A(L)$	$K_C(L)$	$C_X(L)$
У27095-100 АКv 160						
0,6	$0,1065 \cdot 10^{-2}$	$0,7785 \cdot 10^5$	$0,1062 \cdot 10^3$	$0,8343 \cdot 10^4$	0,74	0,85
0,7	$0,1505 \cdot 10^{-2}$	$0,6508 \cdot 10^5$	$0,4544 \cdot 10^3$	$0,3569 \cdot 10^4$	0,74	0,85
0,8	$0,2047 \cdot 10^{-2}$	$0,5594 \cdot 10^5$	$0,2287 \cdot 10^3$	$0,1796 \cdot 10^4$	0,74	0,85
0,9	$0,2663 \cdot 10^{-2}$	$0,4982 \cdot 10^5$	$0,1333 \cdot 10^3$	$0,1047 \cdot 10^4$	0,74	0,85
1,0	$0,3305 \cdot 10^{-2}$	$0,4685 \cdot 10^5$	$0,8843 \cdot 10^3$	$0,6945 \cdot 10^3$	0,74	0,85
И68069-015 ЛKv2,5						
0,1	$0,1312 \cdot 10^{-5}$	$0,3543 \cdot 10^{12}$	$0,5302 \cdot 10^{12}$	$0,1406 \cdot 10^8$	0,85	0,30
0,2	$0,2775 \cdot 10^{-5}$	$0,1202 \cdot 10^{12}$	$0,5988 \cdot 10^{12}$	$0,1587 \cdot 10^8$	0,85	0,30
0,3	$0,4467 \cdot 10^{-5}$	$0,7665 \cdot 10^{11}$	$0,1542 \cdot 10^{12}$	$0,4089 \cdot 10^6$	0,85	0,30
0,4	$0,6566 \cdot 10^{-5}$	$0,2892 \cdot 10^{11}$	$0,5279 \cdot 10^{11}$	$0,1397 \cdot 10^6$	0,85	0,30
0,5	$0,9472 \cdot 10^{-5}$	$0,1285 \cdot 10^{11}$	$0,1944 \cdot 10^{11}$	$0,5152 \cdot 10^5$	0,85	0,30
0,6	$0,1319 \cdot 10^{-4}$	$0,5312 \cdot 10^{10}$	$0,8092 \cdot 10^{10}$	$0,2144 \cdot 10^5$	0,85	0,30
0,7	$0,1899 \cdot 10^{-4}$	$0,1444 \cdot 10^{10}$	$0,3183 \cdot 10^{10}$	$0,8436 \cdot 10^4$	0,83	0,81
0,8	$0,3252 \cdot 10^{-4}$	$0,6237 \cdot 10^9$	$0,8711 \cdot 10^9$	$0,2309 \cdot 10^4$	0,79	0,83
0,9	$0,4613 \cdot 10^{-4}$	$0,3189 \cdot 10^9$	$0,3964 \cdot 10^9$	$0,1051 \cdot 10^4$	0,74	0,79
1,0	$0,5786 \cdot 10^{-4}$	$0,1977 \cdot 10^9$	$0,2458 \cdot 10^9$	$0,6575 \cdot 10^3$	0,74	0,79

Ноб.②

23-86 № 27.10.89

Продолжение табл.6

L	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-3}$	$L_D(L)$	$K_c(L)$	$C_x(L)$
Л39098-100 $K_v 880$						
0,1	$0,8973 \cdot 10^{-4}$	$0,1834 \cdot 10^4$	$0,3265 \cdot 10^9$	$0,2564 \cdot 10^6$	0,70	0,78
0,2	$0,7448 \cdot 10^{-3}$	$0,8392 \cdot 10^6$	$0,3741 \cdot 10^7$	$0,2938 \cdot 10^4$	0,70	0,81
0,3	$0,1585 \cdot 10^{-2}$	$0,3839 \cdot 10^6$	$0,1044 \cdot 10^7$	$0,8199 \cdot 10^3$	0,71	0,85
0,4	$0,2483 \cdot 10^{-2}$	$0,1756 \cdot 10^6$	$0,5720 \cdot 10^6$	$0,4492 \cdot 10^3$	0,77	0,87
0,5	$0,3394 \cdot 10^{-2}$	$0,8035 \cdot 10^5$	$0,4120 \cdot 10^6$	$0,3236 \cdot 10^3$	0,80	0,85
0,6	$0,4303 \cdot 10^{-2}$	$0,3676 \cdot 10^5$	$0,3386 \cdot 10^6$	$0,2659 \cdot 10^3$	0,75	0,80
0,7	$0,5202 \cdot 10^{-2}$	$0,1682 \cdot 10^5$	$0,2985 \cdot 10^6$	$0,2345 \cdot 10^3$	0,61	0,71
0,8	$0,6092 \cdot 10^{-2}$	$0,7694 \cdot 10^4$	$0,2740 \cdot 10^6$	$0,2152 \cdot 10^3$	0,40	0,55
0,9	$0,6975 \cdot 10^{-2}$	$0,3520 \cdot 10^4$	$0,2578 \cdot 10^6$	$0,2025 \cdot 10^3$	0,28	0,35
1,0	$0,7854 \cdot 10^{-2}$	$0,1610 \cdot 10^4$	$0,2464 \cdot 10^6$	$0,1935 \cdot 10^3$	0,26	0,30

23-86 9.06.157

Таблица 7

Физические свойства газов

Газ	Химическая формула	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Показатель адиабаты κ	Критические параметры		Вязкость динамическая η_c , пз · 10 ⁶	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	-
И-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

РА РТМ 26-07-256-84 стр. 7.

Продолжение табл. 7

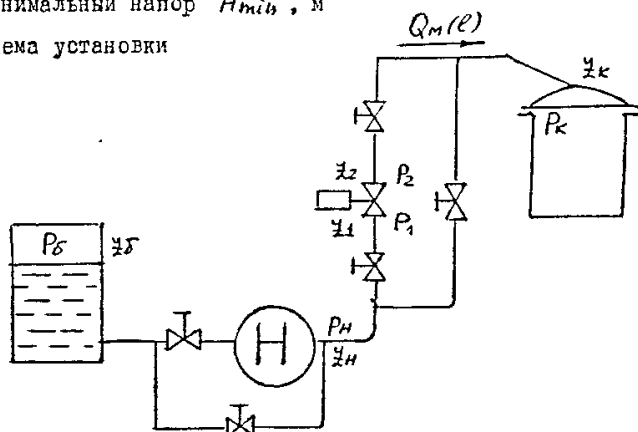
Газ	Химическая формула	Плотность ρ , кг/м ³	Показатель адиабаты K	Критические параметры		Вязкость динамическая η , $\text{пз} \cdot 10^6 \text{с}^2$	Газовые постоянные		
				$t_{кр}$, °C	$P_{кр}$, МПа		интервал температур, °C	C_r	M_r
Метан	CH_4	0,717	1,31	-82,1	4,73	104	20+500	162	0,76
Оксись углерода	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+260	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	-

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_{δ} , Па	$1,013 \cdot 10^5$
Абсолютное статическое давление в конце ГС P_k , Па	$1,013 \cdot 10^5$
Значение потенциальных энергий положения: уровня жидкости в баке насоса Z_{δ} , м	3
нагнетательного патрубка источника напора Z_m , м	0
на входе РА Z_1 , м	2
на выходе РА Z_2 , м	2
в конце ГС Z_k , м	6
Источник напора	центробежный насос типа НС

Максимальный расход Q_{max} , м ³ /ч	3
Средний расход Q_{cp} , м ³ /ч	2
Минимальный расход Q_{min} , м ³ /ч	I
Максимальный напор H_{max} , м	27
Средний напор H_{cp} , м	20,5
Минимальный напор H_{min} , м	II
Схема установки	



Перечень элементов гидравлической системы

Всасывающая линия:

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

Состав всасывающей линии:

внезапное сужение (BC)

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_{TH} , 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° ($R = D_{TP}$) - $n = 1$

трубопроводная линия (ТР1)

участок после РА

тройник (ТК) - $n = 1$

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

колено под углом 90° - $n = 1$

угольник под углом 135° - $n = 1$

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:

$$C_{KB} = \frac{\zeta_{TBC} + \zeta_{TK} + \zeta_{TKL} + \frac{\lambda_{TP} \cdot L_{TB} \cdot K_0}{D_{TB}}}{2 \rho g^2} + \frac{\zeta_{TK} + \left(1 - \frac{D_{TB}^4}{D_{TH}^4}\right)}{2 \rho g^2}$$

где ζ_{TBC} , ζ_{TK} , ζ_{TKL} , λ_{TP} , K_0 , D_{TB} , ζ_{TK} определяются по табл. 3 приложения I.

$$\zeta_{TBC} = 0.5;$$

$$\zeta_{TK} = 0.3;$$

$$\zeta_{TKL} = 4;$$

23-86 9.06.87

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

$$K_0 = 1,25;$$

$$\zeta_{\text{тк}} = \frac{0,41(5,68 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2} - 4,36 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}) \left(1 - \frac{0,02}{0,032}\right)^2}{(1 - 0,85 \frac{0,02}{0,032})^2} + \frac{3,252 \cdot 10^{-2} \left(1 - \frac{0,02}{0,032}\right)^2}{8 \sin\left(\frac{10}{2}\right)} = 0,42;$$

$$\delta_B = 0,785 \cdot D_{\text{TB}}^2 = 0,785 \cdot 0,032^2 = 8,042 \cdot 10^{-4} \text{ [м}^2\text{]};$$

$$\delta_H = 0,785 \cdot D_{\text{TH}}^2 = 0,785 \cdot 0,02^2 = 3,142 \cdot 10^{-4} \text{ [м}^2\text{]}.$$

$$C_{\text{KB}} = \frac{0,5 + 0,3 + 4 + 3,252 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot \frac{125}{0,032}}{2 (8,042 \cdot 10^{-4})^2} + \frac{0,42 + \left(1 - \frac{0,02}{0,032}\right)^4}{2 (3,142 \cdot 10^{-4})^2} =$$

$$= 1,406 \cdot 10^7 \text{ [м}^{-4}\text{]}.$$

1.1.2. Расчет модуля вязкости всасывающей линии проводится по формуле:

$$C_{\text{ЛВ}} = \frac{L_{\text{ЛВС}} + L_{\text{ЛТК}} + L_{\text{ЛКЛ}} + \frac{32 L_B}{D_{\text{TB}}}}{D_{\text{TB}} \cdot \delta_B} + \frac{L_{\text{ЛК}}}{D_{\text{TH}} \cdot \delta_H},$$

где $L_{\text{ЛВС}}, L_{\text{ЛТК}}, L_{\text{ЛКЛ}}, L_{\text{ЛК}}$ определяются по табл.3 приложения I

$$L_{\text{ЛВС}} = 12,6;$$

$$L_{\text{ЛТК}} = 150;$$

$$L_{\text{ЛКЛ}} = 1500;$$

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

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

1.2. Расчет параметров насоса по формулам (4.11) + (4.13):

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

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

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

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

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

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

1.3. Определение параметров магнетательной линии

1.3.1. Расчет квадратичного модуля магнетательной линии проводится по формулам:

до РА

$$C_{\text{кл}1} = \frac{2 \zeta_{\text{ТТК}} + 2 \zeta_{\text{ТКЛ}} + \zeta_{\text{ТГО}} + \frac{\lambda_{\text{ТР}} L_1 K_0}{D_{\text{ТН}}}}{2 S_{\text{H}}^2},$$

после РА

$$C_{\text{кл}2} = \frac{\zeta_{\text{ТКЛ}} + \zeta_{\text{ТТК}} + \zeta_{\text{ТГО}} + \zeta_{\text{ТНБ}} + \frac{\lambda_{\text{ТР}} L_2 K_0}{D_{\text{ТН}}} + \zeta_{\text{ТВАР}}}{2 S_{\text{H}}^2},$$

где $\zeta_{\text{ТТК}}$, $\zeta_{\text{ТКЛ}}$, $\zeta_{\text{ТГО}}$, $\lambda_{\text{ТР}}$, K_0 определяются по табл.3 приложения I.

$$\zeta_{\text{ТТК}} = 0,3;$$

$$\zeta_{\text{ТКЛ}} = 4;$$

$$\zeta_{\text{ТГО}} = 0,2;$$

$$\zeta_{\text{ТНБ}} = 0,4;$$

$$\zeta_{\text{ТВАР}} = 1,$$

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

$$K_0 = 1,25;$$

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

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

1.3.2. Расчет модуля вязкости магнетательной линии проводится по формулам:

до РА

$$C_{\text{л}1} = \frac{2 L_{\text{атк}} + 2 L_{\text{акл}} + L_{\text{аго}} + \frac{32 L_1}{D_{\text{ТН}}}}{D_{\text{ТН}} S_{\text{H}}},$$

123-86 9.06.85

. после РА

$$C_{\text{ЛЛ2}} = \frac{L_{\text{акл}} + L_{\text{атк}} + L_{\text{а90}} + L_{\text{а135}} + L_{\text{авр}} + \frac{32 L_z}{D_{\text{тн}}}}{D_{\text{тн}} S_{\text{н}}}$$

где $L_{\text{атк}}$, $L_{\text{акл}}$, $L_{\text{а90}}$, $L_{\text{а135}}$, $L_{\text{авр}}$ определяются по табл.3 приложения I:

$$L_{\text{атк}} = 150;$$

$$L_{\text{акл}} = 1500;$$

$$L_{\text{а90}} = 65;$$

$$L_{\text{а135}} = 300;$$

$$L_{\text{авр}} = 15;$$

$$C_{\text{ЛЛ1}} = \frac{2 \cdot 150 + 2 \cdot 1500 + 65 + \frac{32 \cdot 11}{0,02}}{0,02 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4}} = 3,336 \cdot 10^9 [\text{м}^{-3}],$$

$$C_{\text{ЛЛ2}} = \frac{1500 + 150 + 65 + 300 + 15 + \frac{32 \cdot 12}{0,02}}{0,02 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4}} = 3,378 \cdot 10^9 [\text{м}^{-3}].$$

2. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

2.1. Расчет абсолютного статического давления нагнетания

проводится по формуле (4.29):

$$\begin{aligned} P_{\text{н}} &= 1,013 \cdot 10^5 + (30,5 + 3 - 0) \cdot 9,81 \cdot 1830 - (1,07 \cdot 10^{-5} \cdot 2,26 \cdot 10^8 + \\ &+ 3,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 2) Q_{\text{м}}(\ell) - \frac{1,406 \cdot 10^{-2} \cdot 3,6^2 \cdot 10^6 \cdot 9,81 \cdot (-15) + 0,5 (3,142 \cdot 10^{-4})^2}{1830} Q_{\text{м}}^2(\ell) \\ &= 4,544 \cdot 10^5 - 4,101 \cdot 10^4 Q_{\text{м}}(\ell) - 6,74 \cdot 10^4 Q_{\text{м}}^2(\ell) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{\text{н}} + (Z_{\text{н}} - Z_1) g \rho - \frac{C_{\text{КЛ1}} Q_{\text{м}}^2(\ell)}{\rho} - \gamma C_{\text{ЛЛ1}} Q_{\text{м}}(\ell) = \\ &= 4,544 \cdot 10^5 - 4,101 \cdot 10^4 Q_{\text{м}}(\ell) - 6,74 \cdot 10^4 Q_{\text{м}}^2(\ell) + (0-2) \cdot 9,81 \cdot 1830 - \\ &- \frac{1,765 \cdot 10^8 Q_{\text{м}}^2(\ell)}{1830} - 1,07 \cdot 10^{-5} \cdot 3,336 \cdot 10^9 Q_{\text{м}}(\ell) = \\ &= 4,185 \cdot 10^5 - 7,57 \cdot 10^4 Q_{\text{м}}(\ell) - 1,615 \cdot 10^5 Q_{\text{м}}^2(\ell), \\ P_2 &= P_{\text{к}} - (Z_{\text{к}} - Z_1) g \rho + \frac{C_{\text{КЛ2}} Q_{\text{м}}^2(\ell)}{\rho} + \gamma C_{\text{ЛЛ2}} Q_{\text{м}}(\ell) = \end{aligned}$$

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

$$= 1,731 \cdot 10^5 + 9,497 \cdot 10^4 Q_m(l) + 3,614 \cdot 10^4 Q_m^2(l),$$

$$\Delta P(l) = P_1 - P_2 = 2,454 \cdot 10^5 - 1,128 \cdot 10^5 Q_m(l) - 2,588 \cdot 10^5 Q_m^2(l).$$

3. ВЫБОР РАЗМЕРА РА

3.1. Расчет перепада давления на РА при максимальном расходе через объект регулирования $\Delta P (Q_{m \max})$:

$$\Delta P (Q_{m \max}) = 2,454 \cdot 10^5 - 1,128 \cdot 10^5 \cdot 0,7 - 2,588 \cdot 10^5 \cdot 0,7 = 3,963 \cdot 10^4 [\text{Па}].$$

3.2. Расчет минимального квадратичного модуля проводится по формул. (4.18):

$$C_{k \min} = \frac{3,963 \cdot 10^4 \cdot 1830}{0,7^2} = 1,48 \cdot 10^8 [\text{м}^{-4}].$$

3.3. По табл. I приложения I выбираем регулирующий клапан со смещенными осями И65И99 с ближайшим меньшим значением $C_k (I) =$
 ② $= 7,97 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-4}$ и определяем значения $K_{vy} = 6,3 \text{ м}^3/\text{ч}$,
 $C_L (I) = 1,2 \cdot 10^3 \text{ м}^{-3}$, $D_c = 12 \text{ мм}$, $D_y = 0,02 \text{ м}$.

3.4. Проверяем выполнение критерия (4.19а):

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

4.5. Проверка на возникновение кавитационных режимов работы.

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

3.5.2. Расчет акустического коэффициента РА:

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

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):

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

3.5.5. Так как выполняется условие (4.34)

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

окончательно принимаем РА, выбранную в п.3.3-регулирующий клапан

- ② черт. И65199-020 с $K_{vy} = 6,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, $C_k(I) = 7,27 \cdot 10^7 \text{ м}^4$,
 $C_A(I) = 1,2 \cdot 10^8 \text{ м}^{-3}$, $D_c = 12 \text{ мм}$, $h_y = 10 \text{ мм}$.

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 $C_k(l)$ и $C_A(l)$.

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 $C_k(l)$ и $C_A(l)$ следует проводить по формулам (4.53) + (4.55) и (4.5).

Значения $C_k(l)$ и $C_A(l)$ для фиксированных положений регулирующего элемента клапана черт. И65199-020 приведены в табл.6 приложения I.

4.3. Расчет параметров ГС для фиксированных положений регулирующего элемента РА - $B_1(l)$ и $B_2(l)$ проводится по формулам (4.58), (4.59), (4.8) + (4.10).

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

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

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

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

$$B_1(0,9) = \frac{1,07 \cdot 10^5 \cdot 1830 (3,336 \cdot 10^9 + 3,378 \cdot 10^9 + 2,26 \cdot 10^8)}{2(9,84 \cdot 10^7 + 4,7363 \cdot 10^3)} = 0,1829 \text{ [кг/с]}$$

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

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 $\ell = 1,0$:

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

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

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 $\ell = 0,9$:

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

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

Таблица 8

ℓ	$C_k(\ell) \cdot \text{м}^4$	$C_n(\ell) \cdot \text{м}^3$	$B_1(\ell), \text{кг/с}$	$B_0(\ell), \text{кг/с}$	$Q_M(\ell), \text{кг/с}$	$q_o(\ell)$
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	$C_k(\ell), \text{м}^4$	$C_A(\ell), \text{м}^3$	$B_1(\ell), \text{кг/с}$	$B_2(\ell), \text{кг/с}$	$Q_m(\ell), \text{кг/с}$	$q_s(\ell)$
0,8	$1,25 \cdot 10^8$	$1,68 \cdot 10^8$	0,1752	0,7500	0,7084	0,9681
0,7	$1,63 \cdot 10^8$	$2,13 \cdot 10^8$	0,1655	0,7053	0,6904	0,9436
0,6	$2,21 \cdot 10^8$	$1,84 \cdot 10^8$	0,1527	0,6464	0,6657	0,9097
0,5	$3,19 \cdot 10^8$	$4,09 \cdot 10^8$	0,1353	0,5665	0,6294	0,8601
0,4	$4,98 \cdot 10^8$	$6,53 \cdot 10^8$	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.

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

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

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):

$$K_u = 1.$$

$$\text{Для } \ell = 0,95 \quad \Delta K = 1 - 0,14 = 0,86.$$

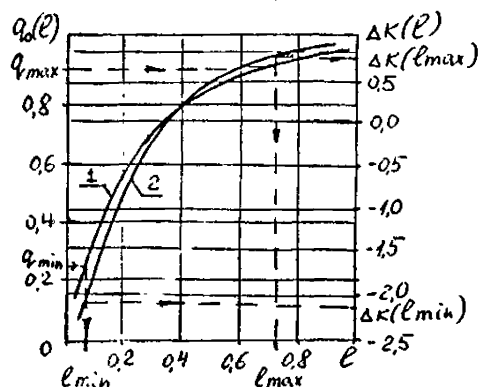
Для остальных положений ℓ значения $\Delta K(\ell)$ приведены в табл.9

23-86 9.06 157

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 1 находим величины ℓ_{min} и ℓ_{max} : $\ell_{min} \approx 0,1$; $\ell_{max} \approx 0,75$.

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 $\max_{\ell_{min} \div \ell_{max}} |\Delta K(\ell)| = 1,8$ при $\ell = \ell_{min} = 0,1$.

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 гидро-машиностроения. 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.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Вводная часть	1
1. Задачи расчета	2
1.1. Расчет и выбор РА при работе на несжимаемой среде при последовательной и параллельной установке ее в ГС	2
1.2. Расчет и выбор РА при работе на сжимаемой среде при последовательной и параллельной установке ее в ГС	2
2. Критерии выбора регулирующей арматуры	2
2.1. Техничко-эксплуатационные параметры	3
2.2. Расчетные критерии	3
3. Условные обозначения, основные термины и их определения	5
3.1. 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
4.1. 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
5.1. 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

	Стр.
Приложение 2	73
Список использованных источников	85

23-86 9.06.87

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Но- мер доку- мен- та	Под- пись	Дата	Срок введения изменения
	изме- нений	заме- нений	новых	аннули- рованных				
1		57-70			Изм. "1"	Бг	20.11.89	
2	1, 79, 80	46:48, 57:70	70а, 70б		Изм. "2"	Бг	20.11.89	

3-86 9.06.87