

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

организации п/я А-3398

А.А. Зак

"18" 09 1984 г.

## РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

РАСЧЕТ И ВЫБОР РЕГУЛИРУЮЩИХ  
КЛАПАНОВ

РД РТИ 26-07- 256 -84  
Вводится впервые

Приказом организации п/я А-3398 от "18" сентября 1984 г.  
№7412-  
1836 срок действия установлен с "1" января 1985 г.  
до "1" января 1990 г.

② Снять ограничение срока действия.

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

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

23-886 9.06.1987

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 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;
- 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. Технико-эксплуатационные параметры.

2.1.1. Технико-эксплуатационные параметры включают в себя:

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

2.1.2. Технико-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 ( $Q_{m\ max}$ )

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

где  $n_k$  - 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

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

где  $\eta_K$  - коэффициент запаса (не менее 1,2).

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

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

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

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

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

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

2.2.6. Предельное отношение давлений на границе РА при течении сжимаемой жидкости ( $\frac{P_2}{P_1}$ )<sub>kp</sub> определяемое условиями критических режимов течения в сжатом сечении РА, не должно превышать расчетного отношения давлений

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

2.2.7. Размер входного диаметра РА следует выбирать по критерию

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

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

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

$$\Delta K_{min} = \min \left\{ \max_{\ell_{min} \dots \ell_{max}} |K_{y_i} - k_{y_i}| \right\}. \quad (2.8)$$

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.

$Q_{mo}$  — массовый расход среды на входе объекта регулирования, кг/с

$Q_{mmax}$  — максимальный массовый расход среды на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту, кг/с

$Q_{mmin}$  — 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

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

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

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

$max Q_{Mо}$ ,  $max Q_{MН}$  - максимально возможный массовый расход источника напора в данной ГС, кг/с

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

$max Q_{MБ}$  - 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

$P_1'$  - абсолютное статическое давление на входе РА (в случае отсутствия конфузора  $P_1' = P_1$ ), Па

$P_2'$  - абсолютное статическое давление на выходе РА (в случае отсутствия диффузора  $P_2' = P_2$ ), Па

$P_{\delta}$  - 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

$P_F$  - абсолютное статическое давление в точке разветвления гидравлической системы, Па

$P_{at}$  - атмосферное давление, Па

$P_{Hп}$  - 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

$P_{CJС}$  - абсолютное статическое давление в сжатом сечении диафрагмы, Па

$P_{kp}$  - 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

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

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

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

$\Delta P_a$  - перепад давления, соответствующий скачку акустического шума, Па

$\Delta P_{DK}$  - перепад давления, соответствующий началу кавитации, Па

$\Delta P_{kav}$  - перепад давления, соответствующий режиму "запирания", Па

$(\frac{P_2}{P_1})_{kp}$  - предельное отношение давлений при течении сжимаемой жидкости

$T_1$  - температура среды на входе РА, К

$T_1^*$  - температура торможения, К

$T_{kp}$  - температура среды в сжатом сечении при критическом режиме течения, К

$\chi_{\sigma}$  - удельная потенциальная энергия положения баке, м

$\chi_H$  - удельная потенциальная энергия положения магнетательного патрубка источника напора, м

$\chi_k, \chi_{k1}, \chi_{k2}$  - удельные потенциальные энергии положения на границах  $\Gamma^C$ , м

$\chi_p$  - удельная потенциальная энергия положения в точке разветвления, м

- $\mathcal{J}_1, \mathcal{J}_2$  - удельные потенциальные энергии положения входного и выходного патрубков РА, м<sup>-4</sup>
- $C_{k\leq}$  - квадратичный модуль ГС, м<sup>-4</sup>
- $C_{ki}$  - квадратичный модуль  $i$ -ого сопротивления, м<sup>-4</sup>
- $C_{ktr}$  - квадратичный модуль  $i$ -го участка трубопровода, м<sup>-4</sup>
- $C_{ksh}$  - квадратичный модуль диафрагмы, м<sup>-4</sup>
- $C_k(1)$  - номинальное значение квадратичного модуля РА при по-  
нотью открытом регулирующем элементе, м<sup>-4</sup>
- $C_k(\ell)$  - квадратичный модуль РА для фиксированных положений  
регулирующего элемента, м<sup>-4</sup>
- $C_{kk}$  - квадратичный модуль конфузора на входе РА, м<sup>-4</sup>
- $C_{kd}$  - квадратичный модуль диффузора на выходе РА, м<sup>-4</sup>
- $C_{kv}$  - квадратичный модуль всасывающей линии, м<sup>-4</sup>
- $C_{k1}$  - квадратичный модуль участка ГС; при по-  
следовательной  
установке РА в ГС - от источника напора до РА, м<sup>-4</sup>, и  
при параллельной установке РА в ГС - от точки раз-  
ветвления до РА, м<sup>-4</sup>
- $C_{k2}$  - квадратичный модуль участка ГС после РА, м<sup>-4</sup>
- $C_{kp}$  - квадратичный модуль прямой ветви при параллельной  
установке РА в ГС, м<sup>-4</sup>
- $C_{kn}$  - квадратичный модуль участка ГС от источника напора до  
точки разветвления, м<sup>-4</sup>
- $C_{\zeta}$  - модуль вязкости системы, м<sup>-3</sup>
- $C_{\zeta i}$  - модуль вязкости  $i$ -ого сопротивления, м<sup>-3</sup>
- $C_{lgr}$  - модуль вязкости  $i$ -го участка трубопровода, м<sup>-3</sup>
- $C_{lk}$  - модуль вязкости конфузора на входе РА, м<sup>-3</sup>
- $C_{ld}$  - модуль вязкости диффузора на выходе РА, м<sup>-3</sup>
- $C_{lv}$  - модуль вязкости всасывающей линии, м<sup>-3</sup>
- $C_{l1}$  - модуль вязкости участка ГС:  
при последовательной установке РА в ГС - от источника

напора до РА,  $m^{-3}$

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

$C_{12}$  - модуль вязкости участка ГС после РА,  $m^{-3}$

$C_{1p}$  - модуль вязкости прямой ветви при параллельной установке РА в ГС,  $m^{-3}$

$C_{1n}$  - модуль вязкости участка ГС от источника напора до точки разветвления,  $m^{-3}$

$C_{\lambda(1)}$  - модуль вязкости РА при полностью открытом регулирующем элементе,  $m^{-3}$

$D_y$  - условный проход РА, м

$D_c$  - диаметр седла РА, м

$D_{tr}$  - условный приход трубопровода, м

$L_{ti}$  - 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

$l_{PA}$  - строительная длина РА, м

$\lambda_{tr}$  - коэффициент гидравлического трения

$S_4$  - площадь сечения нагнетательной линии, м<sup>2</sup>

$S_{tr}$  - площадь сечения условного прохода трубопровода, м<sup>2</sup>

$S_1$  - площадь сечения входного патрубка РА или местного гидравлического сопротивления, м<sup>2</sup>

$S_2$  - площадь сечения выходного патрубка РА или местного гидравлического сопротивления, м<sup>2</sup>

$S_3$  - площадь сечения условного прохода РА, м<sup>2</sup>

$S_c(2)$  - минимальная площадь между регулирующим элементом и седлом

- при фиксированном положении регулирующего элемента  
(конструктивная характеристика),  $\text{м}^2$
- $S_{\text{c}}(1)$  - максимальная площадь между регулирующим элементом и  
седлом при полностью открытом регулирующем элементе,  $\text{м}^2$
- $\ell$  - относительный ход регулирующего элемента
- $\mathcal{Z}_{\text{c}}$  - смоченный периметр сжатого прохода РА,  $\text{мм}$
- $\mathcal{Z}_{\text{y}}$  - смоченный периметр условного прохода РА,  $\text{мм}$
- $\eta_{\text{споп}}$  - коэффициент запаса по расходу в ГС
- $\eta_{\text{K}}$  - коэффициент запаса по расходу РА
- $K_{\text{a}}$  - акустический коэффициент РА
- $K_{\text{c}}$  - коэффициент начала кавитации
- $K_{\text{M}}$  - коэффициент кавитации ("запирания")
- $K_{\text{y}}$  - коэффициент усиления
- $C_f^s$  - фактор критического расхода при течении воздуха
- $C_f^r$  - фактор критического расхода при течении сжимаемой  
жидкости
- $C_{\text{r}}, M_{\text{r}}$  - эмпирические постоянные газа
- $\Gamma_{\text{r}}$  - газовая характеристика РА
- $m_{\text{w}}$  - модуль диафрагмы
- $\alpha$  - коэффициент расхода диафрагмы
- $\zeta_{\text{bx}}$  - коэффициент сопротивления в турбулентном режиме течения  
между входным и сжатым сечениями, отнесенный к  
площади входного сечения РА
- $\zeta_{\text{ty}}$  - коэффициент сопротивления в развитом турбулентном режиме  
течения, отнесенный к площади условного прохода РА
- $K_{\text{vo}}$  - начальная пропускная способность,  $\text{м}^3/\text{ч}$
- $K_{\text{vU}}$  - условная пропускная способность,  $\text{м}^3/\text{ч}$
- $g$  - ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$
- $\rho_0$  - плотность среды при нормальных условиях ( $T_0 = 273\text{K}$ ,  
 $\rho_0 = 1,0132 \cdot 10^5 \text{Па}$ ),  $\text{кг}/\text{м}^3$

- $\rho$  — плотность среды при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>  
 $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с  
 $\eta_t$  — коэффициент динамической вязкости при температуре  $T_1$ , Па·с  
 $\eta_0$  — коэффициент динамической вязкости при 0°С, Па·с  
 $\kappa$  — показатель адиабаты  
 $R$  — универсальная газовая постоянная, Дж/кг·град  
 $C_p$  — удельная теплосмкость газа при постоянном давлении, Дж/кг·град  
 $\kappa'$  — 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  
 $\lambda_j$  — коэффициент скорости сжимаемой жидкости, равный отношению скорости на входе РА к критической  
 $\pi(j), q(j), j^*(j)$  — газодинамические функции  
 $L_{Лаг}$  — критерий Лагранжа  
 $Re$  — число Рейнольдса.

### 3.2. Основные термины и их определения

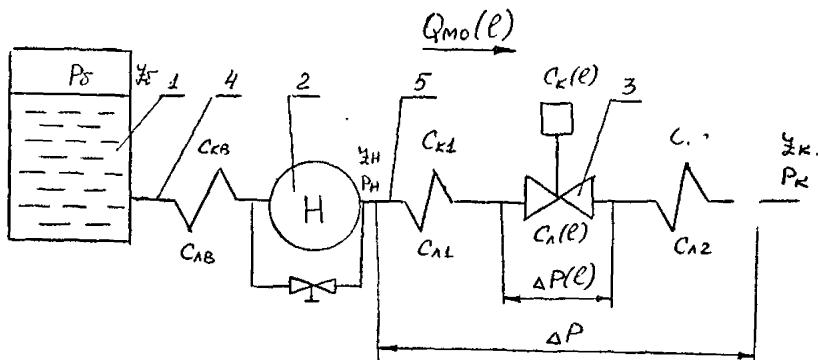
Термины	Содержание термина
Квадратичный модуль $C_k, m^4$	Мера гидромеханического рассеивания энергии потока за счет проявления сил инерции, которая определяется по соотношению $C_k = \frac{\sqrt{S_1} + \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 - \left(\frac{S_3}{S_1}\right)^2}{2S_3}$

Термины	Содержание термина
Модуль вязкости $C_A, m^{-3}$	Мера гидромеханического рассеивания энергии потока за счет проявления сил вязкого трения, которая определяется по соотношению $C_A = \frac{L a_{A4}}{S_y D_y}$
Кавитационные параметры	Параметры, задающие границы бескавитационных режимов течения жидкости через РА и режимы, при которых расход жидкости через РА не изменяется при увеличении перепада давления
Акустический коэффициент $K_A$	Параметр РА, задающий границу возникновения акустического скачка шума в РА
Кавитационный параметр $K_C$	Параметр РА, отражающий начало кавитационных разрушений РА
Параметр запирания $K_M$	Параметр РА, задающий границу "запирания" арматуры, при которой увеличене 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 $C_f^8$	Параметр РА, задающий границу критических режимов течения воздуха в сжатом сечении РА

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

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:

$$C_{k\sigma} = \sum_{i=1}^n C_{ki} + \sum_{i=1}^n C_{ktr,i} \quad (4.1)$$

$$\text{где } C_{ki} = \frac{S_{tr} + \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 - \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2}{2 S_y} \quad (4.2)$$

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

$$C_{ktr_i} = \frac{\lambda_{tr} \left( \frac{L_{tr_i}}{D_{tr_i}} \right)}{2 S_{tr}^2}, \quad (4.3)$$

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

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

$$C_{A\Sigma} = \sum_{i=1}^n C_{A_i} + \sum_{i=1}^h C_{Atr_i}, \quad (4.4)$$

$$C_{A_i} = \frac{L_{A_i y}}{S_y \cdot D_y}, \quad (4.5)$$

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

$$C_{Atr_i} = \frac{32 \left( \frac{L_{tr_i}}{D_{tr_i}} \right)}{S_{tr} \cdot D_{tr}}, \quad (4.6)$$

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

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

где  $A_1', A_1, A_2'$  - вспомогательные величины, рассчитываемые по формулам:

$$A_1' = (P_d - P_k) \rho + (A_0 + \chi_d - \chi_k) g \rho^2, \quad (4.8)$$

$$A_1' = \eta_t (C_{AB} + C_{A1} + C_{A2} + C_{AK} + C_{Ag}) + 3,6 \cdot 10^3 g A_1, \quad (4.9)$$

$$A_2' = C_{K1} + C_{K2} + C_{K3} + C_{K4} + C_{Kg} + 0,5 S_h^2 \cdot (3,6 \cdot 10^3)^2 g A_2, \quad (4.10)$$

где  $(3,6 \cdot 10^3)$  - коэффициент, учитывающий перевод размерности расхода из  $\text{м}^3/\text{ч}$  в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$C_{K1}, C_{K2}, C_{K3}, C_{K4}, C_{Kg}$  - в первом приближении равны нулю.

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

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

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

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

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

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

где  $H_{min}, H_{cp}, H_{max}, Q_{min}, Q_{cp}, Q_{max}$  – 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

$$\frac{\max Q_{mo}}{Q_{mmax}} \geq n_{down}, \quad (4.17)$$

где  $n_{down}$  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:

$$C_{min} = (A_0' - A_1' Q_{mmax})(Q_{mmax}^2 - A_2') = \frac{\Delta P(Q_{mmax}) \cdot P}{Q_{mmax}^2} \quad (4.18)$$

По полученному значению  $C_{k\min}$  из табл. I приложения I выбираем ближайший меньший квадратичный модуль РА  $C_k(1) \leq C_{k\min}$ . Этому модулю соответствует определенная РА, которая характеризуется следующими параметрами  $D_y$ ,  $K_{\text{вч}}$ ,  $C_k(1)$ ,  $C_1(1)$ ,  $D_c$ ,  $S_0(1)$ .

При этом должны выполняться условия:

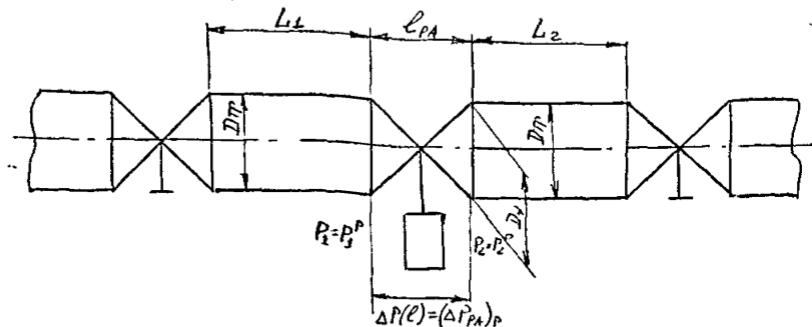
$$D_{Tr} \geq D_y \geq 0,25 D_{Tr} \quad (4.19)$$

При  $D_y \neq D_{Tr}$  необходимо учесть наличие конфузора ( $\angle_k = 30^\circ$ )

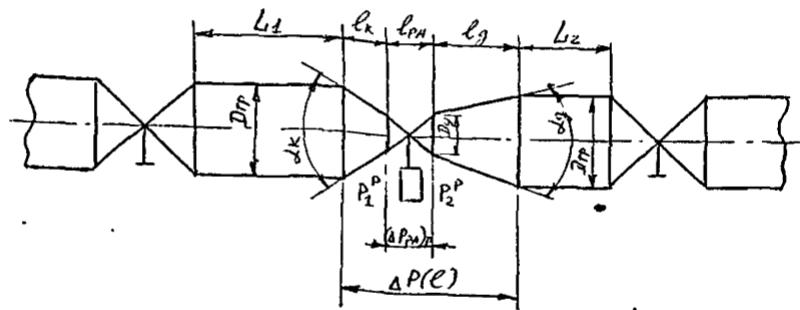
и диффузора ( $\alpha_d = 15^\circ$ );  $C_k(1) + \frac{P_{c\alpha}(1)}{Q_{\text{max}}} = C_{kP} \leq \frac{C_{k\min}}{n_{\text{вн}}^2}$  . (4.19a)

4.2.2.2. Схема обвязки РА приведена на рис. 2.

I вариант ( $D_{Tr} = D_y$ )



II вариант ( $D_y$  меньше  $D_{Tr}$ )



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

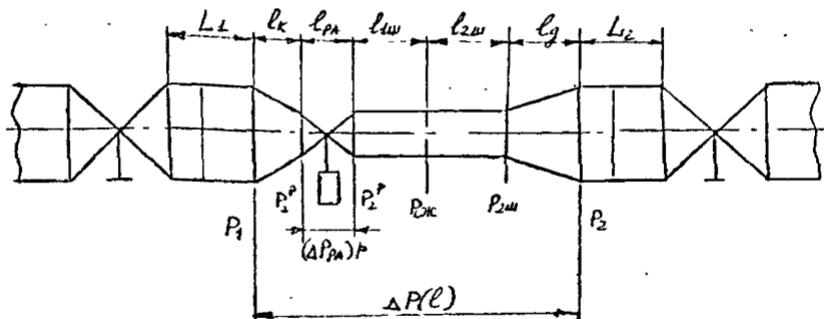


Рис. 2

4.2.2.3. Основные размеры обвязки РА определяются соотношениями:

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

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

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

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

В случае выбора шарового крана при установке диафрагмы

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

Независимо от типа РА при установке диафрагмы

$$\frac{l_{2w}}{D_y} = 4,11 + 9,44 m_w - 5,55 m_w^2 . \quad (4.24)$$

4.2.2.4. Расчет квадратичных модулей и модулей вязкости конфузора и диффузора  $C_{kk}, C_{kg}, C_{lk}, C_{lg}$  проводится по формулам 14.1 + (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 проходится по формуле:

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

где  $B_c(1) = \frac{A_c}{C_k(1) + A_2} , \quad (4.26)$

$$B_1(1) = \frac{\eta_t C_k(1) + A_1}{2[C_k(1) + A_2]} . \quad (4.27)$$

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

$$\frac{Q_M(1)}{Q_{max}} \geq n_k , \quad (4.28)$$

где  $n_k = 1.5$ .

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 (4.26) не выполняется, то необходимо выбрать другой насос и весь расчет повторить.

4.2.3. Проверка на возникновение кавитационных режимов работы.

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

$$P_H = P_0 + (A_0 + Z_0 - Z_H) g \rho - (\nu C_{AB} + 3.6 \cdot 10^3 A_1) Q_M / \rho - \frac{[C_{KB} - (3.6 \cdot 10^3) g A_2 + 0.5 g H^2] Q_M^2 / \rho}{P} , \quad (4.29)$$

$$P_1^P = P_H + (Z_H - Z_1) g \rho - \eta_t [C_{AB} + C_{AK}] Q_M / \rho - \frac{[C_{K1} + C_{KK}] Q_M^2 / \rho}{P} , \quad (4.30)$$

$$P_2^P = P_H + (Z_K - Z_2) g \rho - \eta_t [C_{AB} + C_{AK}] Q_M / \rho + \frac{[C_{K2} + C_{K3}] Q_M^2 / \rho}{P} , \quad (4.31)$$

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

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

$$\Delta P_a = K_a (P_i - P_f) , \quad (4.33)$$

где  $P_f$  - значение давления, при котором с сжатом сечении из жидкости выделяется газ. В первом приближении  $P_f = P_{ot}$ ;

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

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

$K_m$  - выбирается из табл. 4 приложения I.

4.2.3.3. Проверка наличия повышенного акустического шума проводится по критерию:

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

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  $P_i = P_H$  и вычисляем  $\Delta P_a$  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:

$$\Delta P_{dk} = K_c (P_i - P_{npp}) , \quad (4.35)$$

где  $K_c$  - определяется из табл. 4 приложения I.

4.2.3.5. Проверка условия возникновения кавитации проводится по критерию:

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

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

Если условие (4.36) не выполняется, то

а) РА помещаем в место ГС, принимая  $P_1 = P_H$ , и вычисляем  $\Delta P_{Bk}$  по формуле (4.36),

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

4.6. В соответствии со схемой обвязки РА (см.рис.2 III варианта), последовательно определяем параметры диафрагмы по формуле:

$$P_2^P = (1 - K_C)(P_1 - \Delta P_k) + K_C P_{H\pi}, \quad (4.37)$$

$$\text{где } \Delta P_k = \frac{C_{kk} \cdot Q_{max}^2}{P} + V C_{lk} Q_{max}, \quad (4.38)$$

$$C_{kw} = \frac{(P_2^P - P_{2w}) P}{Q_{max}^2}, \quad (4.39)$$

$$\text{где } P_{2w} = P_1 - \Delta P(e) + \Delta P_g, \quad (4.40)$$

$$\Delta P_g = \frac{C_{kg} \cdot Q_{max}^2}{P} + V C_{lg} Q_{max}. \quad (4.41)$$

$$P_{eje} = P_2^P - \frac{Q_{max}^2}{2P(m_w \alpha S_y)^2}, \quad (4.42)$$

где при  $0,64 \geq m_w > 0,16$

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

при  $0,16 \geq m_w \geq 0,05$

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

при  $m_w \leq 0,3$

$$\alpha = 0,3 m_w^2 + 0,04 m_w + 0,595, \quad (4.45)$$

при  $0,5 \geq m_w \geq 0,3$

$$\alpha = 0,45 m_w^2 + 0,055 m_w + 0,61, \quad (4.46)$$

123-869.06/2

при  $m \geq 0,5$ 

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

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

$$P_{cж} > P_{нп}. \quad (4.48)$$

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

$$(\Delta P_{нп})_p = k_c (P_i - \Delta P_{к} - P_{нп}) \quad (4.49)$$

и минимальный квадратичный модуль

$$C_{kmin} = \frac{(\Delta P_{нп})_p \cdot P}{Q_{max}^2}. \quad (4.50)$$

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 удается, 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

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

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 равноподъемной расходной характеристики

$$C_k(\ell) = \frac{C_k(1)}{\left\{ \exp [K_{no}(\ell-1)] \right\}^2}, \quad (4.54)$$

где:

$$K_{no} = \begin{cases} 3,22 & \text{если } K_{vo} = 0,04 K_{vy}, \\ 3,51 & \text{если } K_{vo} = 0,03 K_{vy}, \\ 3,91 & \text{если } K_{vo} = 0,02 K_{vy}, \\ 4,61 & \text{если } K_{vo} = 0,01 K_{vy}. \end{cases}$$

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

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

где  $D_y$  - диаметр диска

$S$  - толщина диска по его наружному диаметру.

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

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

а) для односедельных и двухседельных клапанов

$$La_{ly} = 150 + 40 \frac{K_{vo}}{K_{vy}} \left( \frac{S_y}{S_c} \right)^2 + 3,5 \sqrt{\left[ \frac{K_{vo}}{K_{vy}} \left( \frac{S_y}{S_c} \right)^2 \right]^3}; \quad (4.56)$$

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

$$La_{ly} = 40 \frac{K_{vo}}{K_{vy}} \left( \frac{S_y}{S_c} \right)^2. \quad (4.57)$$

Значения чисел Лагранжа  $La_{ly}$  и конструктивных характеристик  $S_c$  приведены в табл.б 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.б приложения I.

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

$$B_1(\ell) = \frac{\eta_t C_A(\ell) + A_1}{2[C_k(\ell) + A_2]}, \quad (4.58)$$

$$B_0(\ell) = \frac{A_1}{C_k(\ell) + A_2}. \quad (4.59)$$

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

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

При последовательном соединении  $\max Q_M = Q_M(1)$ .

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

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

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

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.

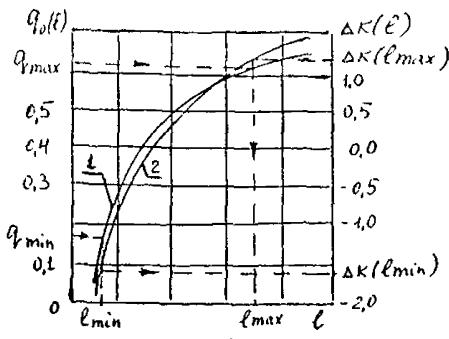


Рис.3

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

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

$$q_{min} = \frac{Q_{Mmin}}{Q_M(1)}, \quad (4.63)$$

$$q_{max} = \frac{Q_{Mmax}}{Q_M(1)}; \quad (4.64)$$

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  $\Delta K$ , соответствующие минимальному и максимальному значениям относительного хода  $\Delta K(l_{min})$  и  $\Delta K(l_{max})$ ;

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

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

то<sup>м</sup> имеет минимальное значение (см. критерий 2.9)

4.3. Среда — скимаемая 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

$$\max Q_{\text{но}} = \sqrt{\frac{1.347 \cdot 10^{-3} (P_H^2 - P_C^2) P_c}{(C_{k1} + C_{k2}) T_1 K'}}, \quad (4.65)$$

где для случая  $0 < P_{np} < 1$ :

$$\begin{aligned} K' = & (0,837511 + 0,567765 P_{np} + 0,147317 P_{np}^2 - 0,223963 P_{np}^3) + \\ & + (0,583418 - 1,893640 P_{np} + 2,128597 P_{np}^2 + 1,062972 P_{np}^3) T_{np} + \\ & + (0,609991 + 1,970500 P_{np} + 4,212202 P_{np}^2 - 0,238968 P_{np}^3) T_{np}^2 + \\ & + (0,218485 - 1,170222 P_{np} - 1,814810 P_{np}^2 - 1,174451 P_{np}^3) T_{np}^3; \quad (4.66) \end{aligned}$$

для случая  $1 < P_{np} \leq 10$ :

$$\begin{aligned} K' = & (1,990160 - 0,567309 P_{np} + 0,074852 P_{np}^2 - 0,002751 P_{np}^3) + \\ & + (-7,803027 + 5,052183 P_{np} - 0,74152 P_{np}^2 + 0,031965 P_{np}^3) T_{np} + \\ & + (17,565650 + 5,052183 P_{np} + 1,809079 P_{np}^2 - 0,082624 P_{np}^3) T_{np}^2 + \\ & + (-11,497080 + 7,195120 P_{np} - 1,100700 P_{np}^2 + 0,050686 P_{np}^3) T_{np}^3, \quad (4.67) \end{aligned}$$

$$P_{np} = \frac{P}{P_{kp}}; \quad T_{np} = \frac{T}{T_{kp}}.$$

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

4.3.1.3. Проверка правильности выбора давления нагнетания проводится по критерию:

$$\frac{\max Q_{M\Gamma}}{Q_{M\max}} \geq 1,0 \text{ или } 1,2, \quad (4.68)$$

где  $1,0 \text{ или } 1,2$ .

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:

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

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:

$$P_1^P = \sqrt{P_h^2 - 742,3 T_1 K' [(C_{K1} + C_{K2}) Q_{M\Gamma}^2 + \eta_t (C_{M1} + C_{M2}) Q_{M\Gamma}]} \quad (4.70)$$

$$P_2^P = \sqrt{P_h^2 + 742,3 T_1 K' [(C_{K2} + C_{K3}) Q_{M\Gamma}^2 + \eta_t (C_{M2} + C_{M3}) Q_{M\Gamma}]} \quad (4.71)$$

где  $Q_{M\Gamma} = 1,1 Q_{M\max}$ ,

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

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

Значения  $\eta_0$ ,  $M_{\Gamma}$ ,  $C_{\Gamma}$  приведены в табл. 7 приложения 1.

4.3.2.3. Расчет минимального квадратичного модуля РА проводится по формуле:

$$C_{Kmin} = [3,18 \cdot 10^2 \frac{C_{\Gamma}^2 P_1}{Q_{M\Gamma}} \sqrt{\frac{P_0}{T_1 K'}} \sin \alpha]^2, \quad (4.72)$$

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

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

$$Q_M(1) = 3,18 \cdot 10^{-2} C_f(1) P_1^P \sqrt{\frac{P_0}{C_f(1) T_1 K'}} \sin\left(\frac{1,63}{C_f(1)} \sqrt{1 - \frac{P_2^P}{P_1^P}}\right) \quad (4.74)$$

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

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

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

#### 4.3.3. Уточненный (проверочный) расчет РА

4.3.3.1. Расчет проводится, если известна газовая характеристика  $\Gamma_f$  РА.

#### 4.3.3.2. Расчет дополнительных данных

Скорость газа на входе в РА

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

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

Температура торможения на входе в РА

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

Критическая скорость газа на входе в РА

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

Коэффициент скорости на входе в РА

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

По значению  $\lambda_1$  рассчитываем значения следующих функций:

- приведенной плотности потока

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

- отношения давлений

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

- относительного коэффициента 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 ( $\zeta_{ex}$ ):

- 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.

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

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

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

В формулу (4.80) подставляем  $\lambda'_0$  вместо  $\lambda_1$  и вычисляем  $q(\lambda'_0)$ .

Определяем разность

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

Если  $\Delta \leq 0,00003$ , (4.86)

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

Если  $\Delta > 0,00003$ , то задаемся новым значением  $\lambda''_0$ , определяем 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  $\lambda_0$  находим газодинамические функции  $\pi(\lambda_0)$  и  $j^*(\lambda_0)$  по уравнениям (4.81) и (4.82), подставляя вместо  $\lambda_1$  величину  $\lambda_0$ .

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

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_{\text{теор}} = \frac{[1 - \gamma_{ex} j^*(\lambda_1)] [\pi(\lambda_0) + j^*(\lambda_0) \cdot \Gamma_r]}{\pi(\lambda_1)}, \quad (4.89)$$

$$\text{где } \Gamma_r = 1 - 2 \left(\frac{\beta_0(1)}{\beta_1}\right)^2 \cdot \beta_0^2 \cdot C_k(1). \quad (4.90)$$

4.3.3.8. Критерием правильности выбора размера РА является условие:

$$\left( \frac{P_2}{P_1} \right)^p - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)_{\text{теор}}^p \leq 0.0005, \quad (4.91)$$

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  $C_\eta(\ell)$  для  $\ell$  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  $\ell$  от 1,0 до 0,05 проводится по формулам:

$$C_f^B = 1,116 S_0(\ell) \sqrt{C_k^3(\ell)}, \quad (4.92)$$

$$\Gamma_f = 1 - 2 \left( \frac{S_0}{S_1} \right)^2 S_2^2 C_k^3(\ell), \quad (4.93)$$

где  $C_k^3(\ell)$  - экспериментальное значение  $C_k(\ell)$  РА.

Значения величин  $C_f^B$  и  $\Gamma_f$  приведены в табл.б приложения I.

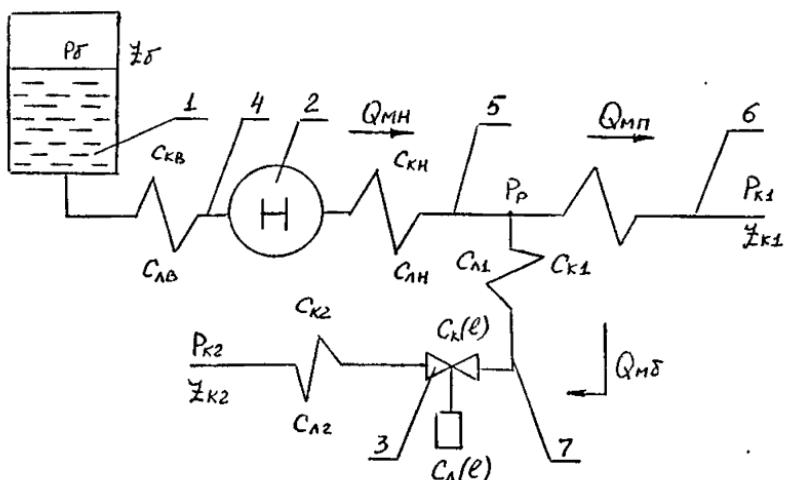
Допускается оценка  $C_f^B$  по  $C_k(\ell)$  из пп.4.2.1.1. При этом необходимо иметь в виду, что  $C_f^B \leq 1$ .

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  $\ell$  от 1,0 до 0,05.

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

## 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 - нескимаемая 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

$$(P_H + \frac{1}{2} \rho g H_p) \rho = (P_{\delta} + \frac{1}{2} \rho g H_{\delta}) \rho - \frac{0.5}{S_H^2 \cdot Q_{MH}^2} \quad (5.1)$$

б) источник напора - центробежный насос

$$(P_H + \frac{1}{2} \rho g H) \rho = A_0' \rho - A_1' Q_{MH} - A_2' Q_{MH}^2, \quad (5.2)$$

$$A_0' = P_{\delta} + (A_0 + \frac{1}{2} \rho H) g \rho, \quad (5.3)$$

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

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

где коэффициенты  $A_0$ ,  $A_1$  и  $A_2$  рассчитываются по формулам (4.11) ÷ (4.16).

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:

$$Q_{MP} = \sqrt{\frac{(P_H + \frac{1}{2} \rho g H) \rho - (P_{K1} + \frac{1}{2} \rho_{K1} g \rho) \rho - \frac{C_{KH}}{C_{KP}} Q_{MH}^2}{C_{KP}}} \quad (5.7)$$

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

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

$$\Delta = \frac{(P_{K1} + \frac{1}{2} \rho_{K1} g \rho) \rho - (P_{K2} + \frac{1}{2} \rho_{K2} g \rho) \rho}{C_{KP}},$$

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

Приравниваем правые части уравнений (5.7) и (5.8), подставляем характеристики источников напора - (5.1) для ресивера или (5.5) для центробежного насоса. Рассчитываем  $Q_{MH}$  который соответствует максимально возможному значению расхода источника напора в данной

9.06.85

23-86

системе  $\max Q_{M\eta}$ . По найденному  $Q_{M\eta}$  считаем по уравнению (5.7) - расход  $Q_{M\eta}$ , соответствующий минимальному расходу через прямую ветвь (индекс "П") -  $\min Q_{M\eta}$ . Максимальный расход через боковую ветвь (индекс "Б") равен

$$\max Q_{M\beta} = \max Q_{M\eta} - \min Q_{M\eta} . \quad (5.9)$$

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

- при  $Q_{M\eta} = Q_{M\eta}$  должно выполняться условие:

$$\frac{\max Q_{M\eta}}{Q_{M\max}} \geq n_{\text{регон}}, \quad (5.10)$$

- при  $Q_{M\eta} = Q_{M\eta}$  должны выполняться условия:

$$\frac{Q_{M\min}}{\min Q_{M\eta}} \geq n_{\text{регон}}, \quad (5.11)$$

$$\frac{(\max Q_{M\eta})_0}{Q_{M\max}} \geq n_{\text{регон}}, \quad (5.12)$$

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

$Q_{M\eta} = n_{\text{регон}} Q_{M\max}$ , что соответствует полностью закрытому регулирующему элементу арматуры ( $f = 0$ );

- при  $Q_{M\eta} = Q_{M\beta}$  должно выполняться условие:

$$\frac{\max Q_{M\beta}}{Q_{M\max}} \geq n_{\text{регон}}. \quad (5.13)$$

В формулах (5.10) - (5.13) величина  $n_{\text{регон}}$  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  $C_k(1)_i \geq C_k(1)_m$ .

Приравниваем правые части уравнений

$$Q_{mn} = \sqrt{\frac{(P_h + \gamma_h g P)P - (P_{k1} + \gamma_{k1} g P)P}{C_{kp}}} - \frac{C_{kh}}{C_{kp}} Q_{mn}^2 + \frac{\eta_t C_{kh}}{C_{kp}} Q_{mn} + \left(\frac{\eta_t C_{kh}}{2 C_{kp}}\right)^2 - \frac{\eta_t C_{kp}}{2 C_{kp}}, \quad (5.14)$$

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

где  $C_{\lambda\delta} = C_{\lambda 1} + C_{\lambda k} + C_{\lambda}(\ell)_i + C_{\lambda g} + C_{\lambda 2}$  — модуль вязкости боковой ветви;

$C_{kp}$  — модуль вязкости прямой ветви

$C_{k\delta} = C_{k1} + C_{kk} + C_k(\ell)_i + C_{kg} + C_{k2}$  — квадратичный модуль боковой ветви;

$f = \frac{C_{kp}}{C_{k\delta}}$  — относительная квадратичная характеристика гидравлической системы.

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

$C_k(1)_i$  — значение квадратичного модуля РА из нормального ряда;

$C_{\lambda}(1)_i$  — соответствующее  $C_k(1)_i$  табличное значение модуля вязкости РА.

Начиная с минимального значения  $C_k(1)_i \geq C_k(1)_m$  варьируем размерами клапана. Рассчитываем по фиксированным значениям  $C_k(1)_i$  и  $C_{\lambda}(1)_i$  параметры боковой ветви —  $C_{k\delta}$  и  $C_{\lambda\delta}$  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  $(Q_{Mn})_i = F[C_k(1)_i, C_l(1)_i]$  следует учитывать ограничение:

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

где  $\alpha = \frac{C_{k\pi}}{A_2}$ ,

$$\Delta' = \frac{A_0' - (P_{k1} + \bar{z}_{k1} g \rho)}{A_0' - (P_{k2} + \bar{z}_{k2} g \rho)}$$

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

а) при  $Q_{M0} = Q_{Mn}$  выбираем такие  $C_k(1)$  и  $D_y$ , при которых выполняется условие:

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

б) при  $Q_{M0} = Q_{Mp}$  выбираем такие  $C_k(1)$  и  $D_y$ , при которых выполняется условие:

$$1,3 \geq \frac{Q_{Mn\min}}{\min Q_{Mp}} \geq 1,1 \quad (5.18)$$

где  $\min Q_{Mp}$  - есть результат решения уравнения (5.14) при  $(Q_{Mn})_i$  из пп.5.2.2.1 и соответствующем  $C_k(1)_i$ ;

в) при  $Q_{M0} = Q_{M\delta}$  выбираем такие  $C_k(1)$  и  $D_y$ , при которых выполняется условие:

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

где  $Q_{M\delta} = (Q_{Mn})_i - (Q_{Mp})_i$ ,

$(Q_{Mn})_i$  и  $(Q_{Mp})_i$  - численные значения расходов, соответствующих  $C_k(1)_i$ .

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:

$$(P_n)_{gen} \geq P_{k1} + (\chi_{k1} - \chi_n) g_f + \frac{(C_{Kn} + C_{Kp}) Q_{mH}^2 + \eta_t (C_{Lp} + C_{LH}) Q_{mH}^2}{f}, \quad (5.20)$$

где  $(P_n)_{gen}$  - паспортное значение максимально допустимого давления в нагнетательной линии насоса.

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

$$f_p = \frac{(Q_{mH} - Q_{mptmin})^2}{Q_{mptmin}^2 + \Delta} \quad (5.21)$$

5.2.3.3. Расчет минимального квадратичного модуля проводится по формуле:

$$C_{kmin} = \frac{C_{Kp}}{f} - (C_{K1} + C_{K2} + C_{K3} + C_{Kg}). \quad (5.22)$$

5.2.3.4. Проверка условия

$$C_{kmin} > C_k(1)_M, \quad (5.23)$$

где  $C_k(1)_M$  - см. пп. 5.2.1.3.

Если условие (5.23) не выполняется, то

- варируем положением точки разветвления боковой ветви;
- изменяем характеристики насосов.

5.2.3.5. По значению  $C_{kmin}$  и  $(D_p)_t$  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:

$$P_2^p = P_{k2} + (\chi_{k2} - \chi_2) g_f + \frac{(C_{K2} + C_{Kg}) Q_{m\beta}^2 + \eta_t (C_{L2} + C_{Lg}) Q_{m\beta}^2}{f}, \quad (5.24)$$

$$P_1^p = P_2^p + (\chi_2 - \chi_1) g_f - \frac{C_k(1) Q_{m\beta}^2 + \eta_t C_l(1) Q_{m\beta}^2}{f}, \quad (5.25)$$

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

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:

$$f = \frac{C_{Kp}}{C_{K1} + C_{K2} + C_{K3} + C_{K4}(\ell)}, \quad (5.27)$$

5.2.5.3. Расчет вязкости боковой ветви проводится по формуле:

$$C_{\Delta\delta} = C_{A1} + C_{A2} + C_{A3} + C_{A4}(\ell). \quad (5.28)$$

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

а) при  $Q_{M0} = Q_{Mh}$  в соответствии с пп.5.2.2.1 определяем значения  $Q_{Mh}(\ell)$  по значениям  $f$  (см.пп.5.2.5.2) и  $C_{\Delta\delta}$  (см.пп.5.2.5.3) для фиксированных положений регулирующего элемента  $\ell$  от 1,0 до 0,05;

б) при  $Q_{M0} = Q_{Mp}$  определяем значения  $Q_{Mp}(\ell)$  по формуле (5.7) и значениям  $Q_{Mh}(\ell)$  из п.а;

в) при  $Q_{M0} = Q_{M\delta}$  рассчитываем расходную характеристику по формуле:

$$Q_{M\delta}(\ell) = Q_{Mh}(\ell) - Q_{Mp}(\ell). \quad (5.29)$$

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

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

б) если объект регулирования находится в боковой ветви, то

расходная характеристика рассчитывается по формуле:

$$Q_{M\sigma}(l) = Q_{M\eta}(l) - Q_{M\eta}(l). \quad (5.30)$$

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

5.3. Среда — сжимаемая жидкость

5.3.1. Определение параметров гидравлической цепи.

5.3.1.1. Расчет параметров ветви 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  $P_H = \text{const}$  и регулирующий элемент РА полностью закрыт, проводится по формуле:

$$\max Q_{M\eta} = \max Q_{M\eta} = \sqrt{\frac{\eta_t^2 (C_{\eta H} + C_{\eta P})^2}{4(C_{K\eta H} + C_{K\eta P})} + \frac{(P_H^2 - P_{K\eta}^2) \rho_0}{(C_{K\eta H} + C_{K\eta P}) 7423 T_1 k^4}} - \frac{(C_{\eta H} + C_{\eta P}) \eta_t}{2(C_{K\eta H} + C_{K\eta P})}. \quad (5.31)$$

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

Совместно решаем систему уравнений:

$$Q_{M\eta} = \sqrt{\left(\frac{\eta_t C_{\eta H}}{2 C_{K\eta H}}\right)^2 + \frac{(P_H^2 - P_{K\eta}^2) \rho}{142,3 T_1 k^4 C_{K\eta H}} - \left[\frac{C_{K\eta P}}{C_{K\eta H}} Q_{M\eta}^2 + \eta_t \frac{C_{\eta P}}{C_{K\eta H}} Q'_{M\eta}\right]} - \frac{\eta_t C_{\eta H}}{2 C_{K\eta H}}, \quad (5.32)$$

$$(Q_{M\eta} - Q_{M\eta}) = 3,13 \cdot 10^2 C_f(l)_M P_i \sqrt{\frac{\rho_0}{C_f(l)_M T_1 k^4}} \cdot \sin \alpha, \quad (5.33)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{1,63}{C_f(l)_M} \sqrt{1 - \frac{\rho_0}{P_i}} \leq \frac{\pi}{2},$$

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

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

$$P_1^P = \sqrt{P_{k1}^2 + \frac{742,3 T_1 K}{S_o} \left[ C_{kP} Q_{Mn}^2 + \eta_t C_{Lp} Q_{Mn} - (C_{k1} + C_{kK}) (Q_{Mn} - Q_{Mn})^2 + \eta_t (C_{L1} C_{kK}) (Q_{Mn} - Q_{Mn}) \right]} \quad (5.34)$$

$$P_2^P = \sqrt{P_{k2}^2 + \frac{742,3 T_1 K}{S_o} \left[ (C_{k2} + C_{k3}) (Q_{Mn} - Q_{Mn})^2 + \eta_t (C_{L2} + C_{L3}) (Q_{Mn} - Q_{Mn}) \right]} \quad (5.35)$$

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

- значение расхода источника напора  $((Q_{Mn})_M)$  при полностью открытом регулирующем элементе;
- значение минимально возможного расхода  $(\min Q_{Mn})$  в прямой ветви;
- значение максимального расхода  $(\max Q_{Mn})$  в боковой ветви

$$\max Q_{Mn} = (Q_{Mn})_M - \min Q_{Mn}.$$

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 соответст-

вущем значении фактора критического расхода  $C_f^5(1)_i$  величины расходов  $(Q_{mn})_i$ ,  $(Q_{mp})_i$  и  $(Q_{mg})_i$  в зависимости от того, где находится объект регулирования. При этом следует учитывать рекомендации, изложенные в пп. 4.2.2.1 + 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. 4.3.4.1 + 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  $C_f^5(1)_m = C_f^5(l)$ ;

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

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

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

5.3.3.3. Выбор расходной характеристики проводится в последовательности, изложенной в пп. 4.2.4.8 + 4.2.4.11.

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

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

$P_{\text{пп}}$

Критическое давление сжимаемой среды, Па

$P_{\text{кр}}$

Критическая температура сжимаемой среды,  $^{\circ}\text{С}$

$T_{\text{кр}}$

Плотность сжимаемой среды при нормальных условиях

( $P = 0,1 \text{ ПМа}$ ,  $T = 273 \text{ К}$ ),  $\text{кг}/\text{м}^3$

$\rho_0$

Плотность нескимаемой среды при температуре  $T_1$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$

$\rho_1$

Коэффициент кинематической вязкости нескимаемой среды при температуре  $T_1$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$

$\nu$

Коэффициент динамической вязкости сжимаемой среды при  $T = 273 \text{ К}$ ,  $\text{Па}\cdot\text{с}$

$\eta_0$

Коэффициент динамической вязкости сжимаемой среды при температуре  $T_1$ ,  $\text{Па}\cdot\text{с}$

$\eta_1$

Универсальная газовая постоянная,  $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{град}$

$R$

Удельная теплоемкость сжимаемой среды при  $T_1$ ,  $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{град}$

$C_P$

Показатель адиабаты

$K$

Максимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту,  $\text{кг}/\text{с}$

$Q_{\text{макс}}$

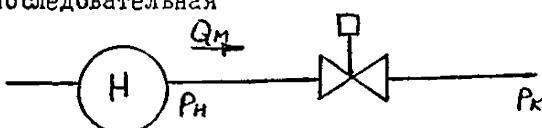
Минимальный массовый расход на входе объекта регулирования, необходимый по технологическому регламенту,  $\text{кг}/\text{с}$

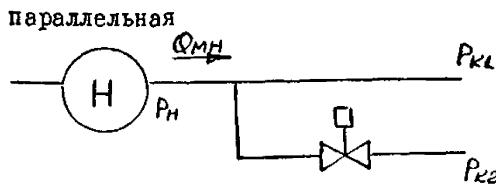
$Q_{\text{мин}}$

Массовый расход на входе в ГС,  $\text{кг}/\text{с}$

$Q_{\text{мн}}$

Абсолютное статическое давление в баке насоса, Па	$P_\delta$
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	$\Delta P_{PA}$
Удельные потенциальные энергии положения (высоты относительно минимального положения):	
уровня жидкости в баке, м	$\bar{z}_\delta$
нагнетательного патрубка источника напора на входе РА, м	$\bar{z}_H$
на входе РА, м	$\bar{z}_1$
на выходе РА, м	$\bar{z}_2$
на выходе гидравлической ветви, не содержащей РА, м	$\bar{z}_{K1}$
на выходе гидравлической ветви, содержащей РА, м	$\bar{z}_{K2}$
Источники напора:	
Центробежный насос	МАРКА
максимальный расход (по характеристике), $m^3/ч$	$Q_{max}$
средний расход, $m^3/ч$	$Q_{ср}$
минимальный расход, $m^3/ч$	$Q_{min}$
максимальный напор, м	$H_{max}$
Средний напор, м	$H_{ср}$
Минимальный напор, м	$H_{min}$
Насос объемного нагнетания	МАРКА
Расход, кг/с	$Q_{MN}$
Максимальное давление, Па	$P_{H(max)}$
Схема установки РА в ГС	
последовательная	





## 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 прямоточный с наклонным шпинделем

кран шаровой

клапан запорный со смещенными осями

затворка

стандартная диафрагма

угольник  $90^\circ$

угольник  $135^\circ$

колено  $90^\circ$

$R = 0,5 D_{Tr}$

$R = D_{Tr}$

$R = 1,5 D_{Tr}$

тройник

внезапное расширение

внезапное сужение

диффузор

конфузор

трубопровод

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

Руководитель предприятия  
п/я Г-4745

*Бондарев*

С.И.Хосых

Главный инженер  
предприятия п/я А-7899

*Ульянов*

М.И.Власов

Заместитель руководителя

*Андреев*

Ю.И.Тарасьев

Заведующий отделом 161

*Бондарев* 21.4.85

А.Е.Крохков

И.о.заведующего отделом 153

*Пинаева*

Е.Г.Пинаева

Руководитель темы -

*Рогов*

В.Д.Савельев

заведующий сектором отдела 153

Исполнители:

ведущий конструктор

*Макар*

М.И.Завьялова

старший инженер

*Левин*

М.И.Силивина

От Московского института химического машиностроения

Научный руководитель

*Макар*

М.В.Кулаков

д.т.н., профессор

*Пантелеймонов*

В.Г.Патрикеев

Ответственный исполнитель к.т.н.

*Васенин*

В.В.Васенин

Исполнитель

*Смирнов*

23-86 АИ60 27.10.89

Параметры РА

Таблица I

№ чертежа	$D_y$ , мм	$D_c$ , мм	$K_{V0}$ , $m^3/s$	$C_k(t)$ , $m^{-4}$	$C_A(t)$ , $m^{-3}$	$C_V(t)$	$K_c(t)$
Двухседельные регулирующие клапаны							
И65233	25	25/23	16	$0,5984 \cdot 10^7$	$0,1803 \cdot 10^8$	0,43	
И65233	40	40/38	40	$0,7442 \cdot 10^6$	$0,5595 \cdot 10^7$	0,62	
И65233	50	50/48	63	$0,3628 \cdot 10^6$	$0,3042 \cdot 10^7$	0,61	
И65235			100	$0,1328 \cdot 10^6$	$0,2591 \cdot 10^7$	0,83	
И65144		80/78		$0,5984 \cdot 10^5$	$0,8205 \cdot 10^6$	0,61	
И65255			160	$0,6692 \cdot 10^5$	$0,2080 \cdot 10^7$	0,90	
И65233				$0,1687 \cdot 10^5$	$0,3121 \cdot 10^6$	0,55	
И65144	100	100/98	250	$0,2497 \cdot 10^5$	$0,3621 \cdot 10^6$	0,53	
И65260				$0,2370 \cdot 10^5$	$0,3121 \cdot 10^6$	0,47	
И65235			500	$0,3664 \cdot 10^4$	$0,9101 \cdot 10^5$	0,51	
И65144		150/148		$0,9842 \cdot 10^4$	$0,3299 \cdot 10^6$	0,79	
И65181			400	$0,1072 \cdot 10^5$	$0,3034 \cdot 10^6$	0,73	

25-86 КИБз 27.10.89

Продолжение табл. I

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

Зам. @

23-36 №№ 27.10.39

Продолжение табл. I

№ чертежа	$D_u$ , мм	$D_c$ , мм	$K_{u4}$ , м $^3$ /ч	$C_K(t)$ , м $^{-4}$	$C_L(t)$ , м $^{-3}$	$C_{x(t)}$	$K_c(t)$
Односедельные регулирующие клапаны							
И65199	20	16	6,3	$0,7970 \cdot 10^8$	$0,1200 \cdot 10^8$	0,61	0,74
И65270	40	40	16	$0,5045 \cdot 10^8$	$0,4082 \cdot 10^8$	0,85	
И65201	10	10	2,5	$0,1466 \cdot 10^9$	$0,4968 \cdot 10^9$	0,85	
И65204-01	25	25	16	$0,8163 \cdot 10^4$	$0,2431 \cdot 10^8$	0,65	
Шаровые краны							
И390109	50	-	160	$0,4519 \cdot 10^6$	$0,1971 \cdot 10^7$	0,60	0,26
У39083	80		630	$0,2946 \cdot 10^4$	$0,4812 \cdot 10^6$	0,60	
Л39098	100		900	$0,1610 \cdot 10^4$	$0,2464 \cdot 10^6$	0,60	

Зам.②

23-86 9.06.85

Таблица 2

## Технико-эксплуатационные параметры регулирующей арматуры

Технико-эксплуатационные параметры		Тип регулирующей арматуры			
		Двухседельные клапаны	Односедельные клапаны разгруженные	Шаровые краны	Затворы поворотные дисковые
Давление рабочее $P_{раб}$ , кгс/см <sup>2</sup>	от 2,5 до 16 включ.	+	▽	+	+
	св. 16 " 64 "	+	+	□	+
	" 64 " 160 "	+	+	□	-
	" 160	-	+	□	-
Перепад давления $\Delta P$ , кгс/см <sup>2</sup>	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 $K_{вых}$	+	□	-	+

23-86 9.06.125

Продолжение табл. 2

Технико-эксплуатационные параметры		Тип регулирующей арматуры				
		Двухседельные клапаны		Односедельные клапаны		Шаровые краны
Температура рабочей среды	до 200	+	+	+	+	+
	св. 200 до 425 вклч.	+	+	+	□	□
	" 425 " 600 "	+	-	+	-	-
	" 600	□	-	□	-	-
Вид рабочей среды	жидкая, газообразная (чистая)	+	+	+	+	+
	загрязненная с механическими примесями	▽	-	▽	+	+
	кристаллизующаяся	□	□	□	□	□
	валиющаяся	-	-	-	□	□
	токсичная, взрывоопасная	+	+	+	□	-
Максимальная пропускная способность		+	▽	▽	+	+
Минимальная строительная длина		-	-	-	▽	+

Продолжение табл. 2

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

Примечание. Условные обозначения к таблице:

- + использование предпочтительное
- использование не рекомендуется
- требуется разработка новой конструкции
- ▽ использование допустимо, но не оптимальное

23-80 9.06.85

Стр. 52 Р1 РТМ 26-07-256-84

Таблица 3

## Параметры элементов гидравлических систем

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

23-86 9.06.1971

Продолжение табл. 3

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

23-86 9.06.87

Продолжение табл. 3

Тип местного сопротивления	$La_{ly}$	$\zeta_y$
<p>Конфузоры</p> <p><math>\delta_1</math> и <math>\delta_2</math> - площади широкого и узкого сечений</p> <p><math>\alpha_k</math> - центральный угол</p> <p><math>m = \frac{\delta_2}{\delta_1}</math></p> <p><math>\delta_y = \delta_2</math></p> <p>Трубы круглого сечения</p> <p><math>\bar{\Delta}</math> - относительная шероховатость</p> <p><math>\bar{\Delta} \leq 0,01</math></p> <p><math>\bar{\Delta} &gt; 0,01</math></p>	$\frac{16(1-m^{\frac{1}{2}})}{3 \sin \left(\frac{\alpha_k}{2}\right)} + 12.6^4 \sqrt{8 \ln \alpha_k}$ $\frac{32L}{D_{tr}}$	$40^\circ \geq \alpha_k > 0^\circ$ $0.41 K_{nc} \frac{(1-m)}{(1-0.85m)}^2 + \frac{1_{tr}(1-m)^2}{8 \ln \left(\frac{\alpha_k}{2}\right)}$ $K_{nc} = 5.68 \cdot 10^4 \alpha_k^2 - 4.36 \cdot 10^2 \alpha_k + 1$ $\frac{1_{tr} L}{D_{tr}}$ $1_{tr} = 0.11 \left(\frac{\bar{\Delta}}{\Delta}\right)^{0.25}$ $1_{tr} = 0.25 \left[ \lg \left( \frac{3.7}{\bar{\Delta}} \right) \right]^{-2}$

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

Таблица 4

Коэффициенты кавитации для односедельных и двухседельных  
регулирующих клапанов

Тип клапана	Тип корпуса	Направление потока	$K_{yj}$ %	$K_c$	$K_m$	$C_f^B$	
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 рассеиватель	100	0,45	0,60	0,80	
			60	0,40	0,50	0,80	
			40	0,30	0,40	0,80	
Односедельный	Проходной	Под затвор	100	0,90	0,90	0,90	
			60	0,85	0,85	0,80	
			40	0,80	0,80	0,80	
		На затвор	100	0,45	0,60	0,85	
			60	0,40	0,50	0,80	
			40	0,30	0,40	0,80	
		Угловой	Под затвор	100	0,90	0,90	0,95
				60	0,85	0,85	0,95
				40	0,80	0,80	0,95
Паровой			100	0,30	0,38	0,50	

Таблица 5

Коэффициенты кавитации для поворотных дисковых затворов

Тип клапана	Затвор		$K_{v,y}$ , %	$K_c$	$K_m$	$C_f^s$
	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

23-86 №163 27-10-89

Таблица 6

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_k(L), m^{-4}$	$C_a(L), m^{-3}$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
И65233-025, ЛК, 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	$0,2119 \cdot 10^{-3}$	$0,1968 \cdot 10^8$	$0,9954 \cdot 10^8$	$0,1222 \cdot 10^3$	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, 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	$0,3330 \cdot 10^{-3}$	$0,3253 \cdot 10^8$	$0,7289 \cdot 10^8$	$0,3664 \cdot 10^4$	0,47	0,92

Зам. ②

23-86 №№ 27.10.89

Продолжение табл. 6

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^{-4}$	$C_L(L), m^{-3}$	$L_0(L)$	$K_C(L)$	$C_F(L)$
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, ЛК, 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	$0,3141 \cdot 10^{-3}$	$0,3253 \cdot 10^{-7}$	$0,1281 \cdot 10^{-9}$	$0,1257 \cdot 10^{-4}$	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	$0,5949 \cdot 10^{-3}$	$0,1130 \cdot 10^{-6}$	$0,2758 \cdot 10^{-8}$	$0,2708 \cdot 10^{-4}$	0,49	0,92
0,6	$0,7766 \cdot 10^{-3}$	$0,8473 \cdot 10^{-6}$	$0,1532 \cdot 10^{-8}$	$0,1504 \cdot 10^{-3}$	0,49	0,91
0,7	$0,9988 \cdot 10^{-2}$	$0,6710 \cdot 10^{-6}$	$0,9181 \cdot 10^{-7}$	$0,9014 \cdot 10^{-3}$	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

З.д.м. (2)

23-86 НКб 27.10.89

Продолжение табл. 6

$h$	$S_0(L), m^2$	$C_k(L), m^4$	$C_n(L), m^3$	$La(L)$	$K_c(L)$	$C_f(L)$
I,0	$0,2048 \cdot 10^{-2}$	$0,3428 \cdot 10^6$	$0,3042 \cdot 10^7$	$0,2986 \cdot 10^3$	0,52	0,61
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	$0,3863 \cdot 10^{-3}$	$0,2041 \cdot 10^7$	$0,2145 \cdot 10^9$	$0,8626 \cdot 10^5$	0,35	0,79
0,3	$0,5866 \cdot 10^{-3}$	$0,1105 \cdot 10^6$	$0,7074 \cdot 10^8$	$0,2844 \cdot 10^5$	0,41	0,89
0,4	$0,7928 \cdot 10^{-2}$	$0,6898 \cdot 10^6$	$0,3272 \cdot 10^8$	$0,1316 \cdot 10^4$	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
I,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

23-86 №1682 27.10.89

Продолжение табл.6

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_k(L), m^4$	$C_1(L), m^{-3}$	$La(L)$	$K_C(L)$	$C_f(L)$
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	$0,4287 \cdot 10^{-2}$	$0,2892 \cdot 10^5$	$0,1017 \cdot 10^6$	$0,7987 \cdot 10^3$	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, ЛК, 500

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_k(L), m^4$	$C_1(L), m^{-3}$	$La(L)$	$K_C(L)$	$C_f(L)$
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	$0,4069 \cdot 10^{-2}$	$0,2892 \cdot 10^5$	$0,1973 \cdot 10^6$	$0,5231 \cdot 10^4$	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 №бл. 22.10.89

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

Зам. ②

23.88 №бл. 27.10.89

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 <sub>4</sub> 00						
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 8/165 29.10.89

Продолжение табл.6

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_K(L), m^4$	$C_1(L), m^{-3}$	$La(L)$	$K_C(L)$	$C_f(L)$
P27054-006, ЛК, 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

Зад. ②

23.86 181182 27.10.89

Продолжение табл.6

$U$	$S_0(U), m^2$	$C_K(U), m^{-4}$	$C_A(U), m^{-3}$	$b_0(U)$	$K_C(U)$	$C_X(U)$
И68068-015, ЛК <sub>ν</sub> 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
И27087-010, ЛК <sub>ν</sub> I,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

23-86 №163 29.10.89

Продолжение табл.6

<i>l</i>	<i>B<sub>0</sub></i> ( <i>l</i> ), <i>m</i> <sup>2</sup>	<i>C<sub>1</sub></i> ( <i>l</i> ), <i>m</i> <sup>-1</sup>	<i>C<sub>2</sub></i> ( <i>l</i> ), <i>m</i> <sup>-3</sup>	<i>l<sub>0</sub></i> ( <i>l</i> )	<i>K<sub>C</sub></i> ( <i>l</i> )	<i>C<sub>3</sub></i> ( <i>l</i> )
Y27087-010, ЛК, I, 6						
0,9	0,5707 10 <sup>-4</sup>	0,7103 10 <sup>9</sup>	0,5191 10 <sup>9</sup>	0,4077 10 <sup>5</sup>	0,45	0,48
1,0	0,7510 10 <sup>-4</sup>	0,5309 10 <sup>9</sup>	0,3688 10 <sup>9</sup>	0,2897 10 <sup>3</sup>	0,47	0,42
A26257-032, ЛК, I6						
0,1	0,4689 10 <sup>-4</sup>	0,1725 10 <sup>10</sup>	0,1998 10 <sup>10</sup>	0,5142 10 <sup>5</sup>	0,85	0,30
0,2	0,9040 10 <sup>-4</sup>	0,1054 10 <sup>10</sup>	0,3636 10 <sup>9</sup>	0,9357 10 <sup>4</sup>	0,85	0,30
0,3	0,1307 10 <sup>-3</sup>	0,1417 10 <sup>9</sup>	0,1471 10 <sup>9</sup>	0,3784 10 <sup>4</sup>	0,85	0,30
0,4	0,1709 10 <sup>-3</sup>	0,4904 10 <sup>8</sup>	0,7870 10 <sup>8</sup>	0,2026 10 <sup>4</sup>	0,82	0,54
0,5	0,2147 10 <sup>-3</sup>	0,3214 10 <sup>8</sup>	0,4757 10 <sup>8</sup>	0,1224 10 <sup>4</sup>	0,80	0,56
0,6	0,2580 10 <sup>-3</sup>	0,2044 10 <sup>8</sup>	0,3241 10 <sup>8</sup>	0,8342 10 <sup>3</sup>	0,78	0,57
0,7	0,3005 10 <sup>-3</sup>	0,1444 10 <sup>8</sup>	0,2408 10 <sup>8</sup>	0,6197 10 <sup>3</sup>	0,76	0,58
0,8	0,3455 10 <sup>-3</sup>	0,1054 10 <sup>8</sup>	0,1877 10 <sup>8</sup>	0,4831 10 <sup>3</sup>	0,74	0,58
0,9	0,3941 10 <sup>-3</sup>	0,8034 10 <sup>7</sup>	0,1511 10 <sup>8</sup>	0,3888 10 <sup>3</sup>	0,74	0,58
1,0	0,4486 10 <sup>-3</sup>	0,7547 10 <sup>7</sup>	0,1397 10 <sup>8</sup>	0,3594 10 <sup>3</sup>	0,74	0,56

Зам.②

23.36 №№ 27.10.89

Продолжение табл.6

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_A(L), m^4$	$C_A(L), m^{-3}$	$b_0(L)$	$K_C(L)$	$C_x(L)$
A26257-050, ЛК <sub>ν</sub> 40						
0,1	$0,3192 \cdot 10^{-4}$	$0,4217 \cdot 10^{10}$	$0,2048 \cdot 10^{11}$	$0,2011 \cdot 10^7$	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
И65270-040, РК <sub>ν</sub> 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

Зад.

23-86 ИМБ 27.10.89

Продолжение табл.6

<i>L</i>	<i>S<sub>0</sub>(L)</i> , <i>m</i> <sup>2</sup>	<i>C<sub>x</sub>(L)</i> , <i>m</i> <sup>-2</sup>	<i>C<sub>z</sub>(L)</i> , <i>m</i> <sup>-3</sup>	<i>L<sub>0</sub>(L)</i>	<i>K<sub>c</sub>(L)</i>	<i>C<sub>x</sub>(L)</i>
И65270-040, РК в 16						
0,6	0,8549 10 <sup>-4</sup>	0,8386 10 <sup>8</sup>	0,9506 10 <sup>9</sup>	0,4778 10 <sup>6</sup>	0,85	0,44
0,7	0,1150 10 <sup>-3</sup>	0,3664 10 <sup>8</sup>	0,4367 10 <sup>9</sup>	0,2155 10 <sup>4</sup>	0,83	0,81
0,8	0,1605 10 <sup>-3</sup>	0,1705 10 <sup>8</sup>	0,1877 10 <sup>9</sup>	0,9435 10 <sup>4</sup>	0,79	0,87
0,9	0,2290 10 <sup>-3</sup>	0,9479 10 <sup>7</sup>	0,7962 10 <sup>8</sup>	0,4002 10 <sup>4</sup>	0,75	0,86
1,0	0,3064 10 <sup>-3</sup>	0,5045 10 <sup>7</sup>	0,4082 10 <sup>8</sup>	0,2052 10 <sup>4</sup>	0,74	0,85
И65201-010, ЛК в 2,5						
0,1	0,8430 10 <sup>-6</sup>	0,5312 10 <sup>10</sup>	0,1857 10 <sup>11</sup>	0,1458 10 <sup>5</sup>	0,85	0,44
0,2	0,1289 10 <sup>-4</sup>	0,2096 10 <sup>10</sup>	0,6483 10 <sup>10</sup>	0,5092 10 <sup>4</sup>	0,84	0,64
0,3	0,1706 10 <sup>-4</sup>	0,1475 10 <sup>10</sup>	0,3353 10 <sup>10</sup>	0,2634 10 <sup>4</sup>	0,84	0,72
0,4	0,2096 10 <sup>-4</sup>	0,1054 10 <sup>10</sup>	0,2113 10 <sup>10</sup>	0,1659 10 <sup>4</sup>	0,83	0,82
0,5	0,2443 10 <sup>-4</sup>	0,7785 10 <sup>9</sup>	0,1496 10 <sup>10</sup>	0,1175 10 <sup>4</sup>	0,81	0,86
0,6	0,2808 10 <sup>-4</sup>	0,5449 10 <sup>9</sup>	0,1146 10 <sup>10</sup>	0,8999 10 <sup>3</sup>	0,80	0,87
0,7	0,3151 10 <sup>-4</sup>	0,3648 10 <sup>9</sup>	0,9164 10 <sup>9</sup>	0,7197 10 <sup>3</sup>	0,77	0,86
0,8	0,3531 10 <sup>-4</sup>	0,2659 10 <sup>9</sup>	0,7439 10 <sup>9</sup>	0,5842 10 <sup>3</sup>	0,75	0,86
0,9	0,3970 10 <sup>-4</sup>	0,1962 10 <sup>9</sup>	0,6087 10 <sup>9</sup>	0,4781 10 <sup>3</sup>	0,74	0,85
1,0	0,4623 10 <sup>-4</sup>	0,1466 10 <sup>9</sup>	0,4968 10 <sup>9</sup>	0,3902 10 <sup>3</sup>	0,74	0,85

ЗДМ.②

23.86 №№ 27.10.89

Продолжение табл.6

$L$	$S_0(L), m^2$	$C_R(L), m^{-4}$	$C_A(L), m^{-5}$	$b_0(L)$	$K_C(L)$	$C_F(L)$
И65204-01-025, ЛК, 16						
0,1	$0,3131 \cdot 10^{-4}$	$0,1575 \cdot 10^{12}$	$0,4627 \cdot 10^{10}$	$0,5678 \cdot 10^6$	0,85	0,30
0,2	$0,6434 \cdot 10^{-4}$	$0,2892 \cdot 10^{11}$	$0,7212 \cdot 10^9$	$0,8850 \cdot 10^4$	0,85	0,30
0,3	$0,9952 \cdot 10^{-4}$	$0,1246 \cdot 10^9$	$0,2529 \cdot 10^9$	$0,3104 \cdot 10^4$	0,84	0,33
0,4	$0,1374 \cdot 10^{-3}$	$0,8386 \cdot 10^8$	$0,1229 \cdot 10^9$	$0,1509 \cdot 10^4$	0,84	0,37
0,5	$0,1769 \cdot 10^{-3}$	$0,4717 \cdot 10^8$	$0,7299 \cdot 10^8$	$0,8958 \cdot 10^3$	0,82	0,55
0,6	$0,2159 \cdot 10^{-3}$	$0,3019 \cdot 10^8$	$0,5019 \cdot 10^8$	$0,6159 \cdot 10^3$	0,80	0,57
0,7	$0,2543 \cdot 10^{-3}$	$0,1725 \cdot 10^8$	$0,3800 \cdot 10^8$	$0,4663 \cdot 10^3$	0,76	0,62
0,8	$0,2920 \cdot 10^{-3}$	$0,1179 \cdot 10^8$	$0,3077 \cdot 10^8$	$0,3776 \cdot 10^3$	0,74	0,65
0,9	$0,3179 \cdot 10^{-3}$	$0,9318 \cdot 10^7$	$0,2748 \cdot 10^8$	$0,3372 \cdot 10^3$	0,74	0,67
1,0	$0,3503 \cdot 10^{-3}$	$0,8163 \cdot 10^7$	$0,2431 \cdot 10^8$	$0,2983 \cdot 10^3$	0,74	0,65
И3910109-050						
0,1	$0,2243 \cdot 10^{-4}$	$0,5148 \cdot 10^8$	$0,2612 \cdot 10^{10}$	$0,2564 \cdot 10^6$	0,70	0,91
0,2	$0,1862 \cdot 10^{-3}$	$0,2355 \cdot 10^8$	$0,2993 \cdot 10^8$	$0,2938 \cdot 10^4$	0,70	0,81
0,3	$0,3962 \cdot 10^{-3}$	$0,8351 \cdot 10^7$	$0,8351 \cdot 10^7$	$0,8199 \cdot 10^3$	0,71	0,56
0,4	$0,6206 \cdot 10^{-3}$	$0,4929 \cdot 10^7$	$0,4576 \cdot 10^7$	$0,4492 \cdot 10^3$	0,77	0,51
0,5	$0,8486 \cdot 10^{-3}$	$0,2255 \cdot 10^7$	$0,3296 \cdot 10^7$	$0,3236 \cdot 10^3$	0,80	0,53

Зад.②

23.86 НИВО 27.10.89

Продолжение табл. 6

<i>L</i>	<i>S<sub>0</sub>(L)</i> , <i>m</i> <sup>2</sup>	<i>C<sub>x</sub>(L)</i> , <i>m</i> <sup>-4</sup>	<i>C<sub>a</sub>(L)</i> , <i>m</i> <sup>-3</sup>	<i>b<sub>0</sub>(L)</i>	<i>K<sub>0</sub>(L)</i>	<i>C<sub>x</sub>(L)</i>
И390109-050						
0,6	0,1076 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,1032 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,2709 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,2659 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,75	0,59
0,7	0,1301 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,4720 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2388 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,2345 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,61	0,65
0,8	0,1523 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,2159 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2192 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,2152 <i>10</i>	0,40	0,69
0,9	0,1744 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,9878 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,2062 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,2025 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,28	0,64
1,0	0,1963 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,4519 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,1971 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,1935 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,26	0,60
И39083-080 <i>K<sub>x</sub>650</i>						
0,1	0,5742 <i>10</i> <sup>-4</sup>	0,3356 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,6377 <i>10</i> <sup>9</sup>	0,2564 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,70	0,91
0,2	0,4766 <i>10</i> <sup>-3</sup>	0,1535 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,7307 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,2938 <i>10</i> <sup>4</sup>	0,70	0,91
0,3	0,1014 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,7024 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2039 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,8199 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,71	0,85
0,4	0,1589 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,3213 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,1117 <i>10</i> <sup>7</sup>	0,4492 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,77	0,78
0,5	0,2172 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,1470 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,8046 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,3236 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,80	0,82
0,6	0,2754 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,6725 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,6613 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2659 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,75	0,85
0,7	0,3330 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,3077 <i>10</i> <sup>5</sup>	0,5830 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2345 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,61	0,80
0,8	0,3899 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,1408 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,5352 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2152 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,40	0,74
0,9	0,4464 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,6439 <i>10</i> <sup>4</sup>	0,5035 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,2025 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,28	0,64
1,0	0,5027 <i>10</i> <sup>-2</sup>	0,2946 <i>10</i> <sup>4</sup>	0,4812 <i>10</i> <sup>6</sup>	0,1935 <i>10</i> <sup>3</sup>	0,26	0,60

30м. @

23-86 №1629 27.10.89

Продолжение табл.6

<i>L</i>	<i>S<sub>0</sub>(L), m<sup>2</sup></i>	<i>C<sub>0</sub>(L), m<sup>-4</sup></i>	<i>C<sub>1</sub>(L), m<sup>-3</sup></i>	<i>λ<sub>0</sub>(L)</i>	<i>K<sub>c</sub>(L)</i>	<i>C<sub>x</sub>(L)</i>
И65I99-020 ЛК v6,3						
0,1	0,3795 10 <sup>-4</sup>	0,8034 10 <sup>9</sup>	0,1282 10 <sup>10</sup>	0,8041 10 <sup>4</sup>	0,85	0,30
0,2	0,4754 10 <sup>-4</sup>	0,3126 10 <sup>9</sup>	0,7372 10 <sup>9</sup>	0,4632 10 <sup>4</sup>	0,83	0,59
0,3	0,6543 10 <sup>-4</sup>	0,1946 10 <sup>9</sup>	0,3467 10 <sup>9</sup>	0,2179 10 <sup>4</sup>	0,82	0,73
0,4	0,7881 10 <sup>-4</sup>	0,1200 10 <sup>9</sup>	0,2288 10 <sup>9</sup>	0,1438 10 <sup>4</sup>	0,79	0,78
0,5	0,9857 10 <sup>-4</sup>	0,8695 10 <sup>8</sup>	0,1421 10 <sup>9</sup>	0,8931 10 <sup>3</sup>	0,78	0,72
0,6	0,1133 10 <sup>-3</sup>	0,6931 10 <sup>8</sup>	0,1079 10 <sup>9</sup>	0,6776 10 <sup>3</sup>	0,76	0,70
0,7	0,1341 10 <sup>-3</sup>	0,5001 10 <sup>8</sup>	0,7883 10 <sup>8</sup>	0,4953 10 <sup>3</sup>	0,74	0,69
0,8	0,1473 10 <sup>-3</sup>	0,4374 10 <sup>8</sup>	0,6682 10 <sup>8</sup>	0,4198 10 <sup>3</sup>	0,74	0,67
0,9	0,1640 10 <sup>-3</sup>	0,3520 10 <sup>8</sup>	0,5670 10 <sup>8</sup>	0,3563 10 <sup>3</sup>	0,74	0,66
1,0	0,1829 10 <sup>-3</sup>	0,3318 10 <sup>8</sup>	0,4782 10 <sup>8</sup>	0,3005 10 <sup>3</sup>	0,74	0,61
Y27095-100 1Kv-160						
0,1	0,8677 10 <sup>-4</sup>	0,3189 10 <sup>7</sup>	0,1014 10 <sup>11</sup>	0,7965 10 <sup>2</sup>	0,85	0,54
0,2	0,1848 10 <sup>-3</sup>	0,5312 10 <sup>6</sup>	0,1142 10 <sup>10</sup>	0,8272 10 <sup>6</sup>	0,84	0,70
0,3	0,3003 10 <sup>-3</sup>	0,2268 10 <sup>6</sup>	0,2914 10 <sup>9</sup>	0,2288 10 <sup>6</sup>	0,81	0,87
0,4	0,4486 10 <sup>-3</sup>	0,1384 10 <sup>6</sup>	0,9719 10 <sup>8</sup>	0,7633 10 <sup>5</sup>	0,78	0,86
0,5	0,6880 10 <sup>-3</sup>	0,9645 10 <sup>5</sup>	0,3137 10 <sup>8</sup>	0,2464 10 <sup>5</sup>	0,76	0,86

25-86 НВо-27.10.89

Продолжение табл.6

<i>l</i>	<i>S<sub>0</sub>(L), m<sup>2</sup></i>	<i>C<sub>x</sub>(L), m<sup>-4</sup></i>	<i>C<sub>1</sub>(L), m<sup>-3</sup></i>	<i>l<sub>0</sub>(L)</i>	<i>K<sub>c</sub>(L)</i>	<i>C<sub>y</sub>(L)</i>
У27095-100 <i>ЛКв160</i>						
0,6	0,1065 10 <sup>-2</sup>	0,7785 10 <sup>5</sup>	0,1062 10 <sup>8</sup>	0,8343 10 <sup>4</sup>	0,74	0,85
0,7	0,1505 10 <sup>-2</sup>	0,6508 10 <sup>5</sup>	0,4544 10 <sup>7</sup>	0,3569 10 <sup>4</sup>	0,74	0,85
0,8	0,2047 10 <sup>-2</sup>	0,5594 10 <sup>5</sup>	0,2287 10 <sup>7</sup>	0,1796 10 <sup>4</sup>	0,74	0,85
0,9	0,2663 10 <sup>-2</sup>	0,4982 10 <sup>5</sup>	0,1333 10 <sup>7</sup>	0,1047 10 <sup>4</sup>	0,74	0,85
1,0	0,3305 10 <sup>-2</sup>	0,4685 10 <sup>5</sup>	0,8843 10 <sup>6</sup>	0,6945 10 <sup>3</sup>	0,74	0,85
И68069-015 <i>ЛКв2,5</i>						
0,1	0,1312 10 <sup>-5</sup>	0,3543 10 <sup>12</sup>	0,5302 10 <sup>12</sup>	0,1406 10 <sup>8</sup>	0,85	0,30
0,2	0,2775 10 <sup>-5</sup>	0,1202 10 <sup>12</sup>	0,5988 10 <sup>12</sup>	0,1587 10 <sup>7</sup>	0,85	0,30
0,3	0,4467 10 <sup>-5</sup>	0,7665 10 <sup>11</sup>	0,1542 10 <sup>12</sup>	0,4089 10 <sup>6</sup>	0,85	0,30
0,4	0,6566 10 <sup>-5</sup>	0,2892 10 <sup>11</sup>	0,5279 10 <sup>11</sup>	0,1397 10 <sup>6</sup>	0,85	0,30
0,5	0,9472 10 <sup>-5</sup>	0,1285 10 <sup>11</sup>	0,1944 10 <sup>11</sup>	0,5152 10 <sup>5</sup>	0,85	0,30
0,6	0,1319 10 <sup>-4</sup>	0,5312 10 <sup>10</sup>	0,8092 10 <sup>10</sup>	0,2144 10 <sup>5</sup>	0,85	0,30
0,7	0,1899 10 <sup>-4</sup>	0,1444 10 <sup>10</sup>	0,3183 10 <sup>10</sup>	0,8436 10 <sup>4</sup>	0,83	0,81
0,8	0,3252 10 <sup>-4</sup>	0,6237 10 <sup>9</sup>	0,8711 10 <sup>9</sup>	0,2309 10 <sup>4</sup>	0,79	0,83
0,9	0,4613 10 <sup>-4</sup>	0,3189 10 <sup>9</sup>	0,3964 10 <sup>9</sup>	0,1051 10 <sup>4</sup>	0,74	0,79
1,0	0,5786 10 <sup>-4</sup>	0,1977 10 <sup>9</sup>	0,2458 10 <sup>9</sup>	0,6575 10 <sup>3</sup>	0,74	0,79

Ноб.②

23.86 №№ 27.10.88

Продолжение табл.6

$l$	$S_0(l), m^2$	$C_x(l), m^{-4}$	$C_s(l), m^{-3}$	$h_0(l)$	$K_C(l)$	$C_x(l)$
Л39098-100 Kv880						
0,1	$0,8973 \cdot 10^{-4}$	$0,1834 \cdot 10^7$	$0,3265 \cdot 10^9$	$0,2564 \cdot 10^6$	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 9.06.197

Таблица 7

## Физические свойства газов

Газ	Химичес- кая формула	Плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Показа- тель адиабаты $K$	Критические параметры		Вязкость динамиче- ская $\eta_c$ , пз. 10 <sup>6</sup>	Газовые постоянные		
				$t_{kp}$ , °C	$P_{kp}$ , МПа		интервал температу- р, °C	$C_r$	$M_r$
Азот	$N_2$	1,250	1,40	-147,0	3,46	166,5	20÷825	104,7	0,68
Аммиак	$NH_3$	0,771	1,29	132,3	11,50	93,5	20÷300	503,0	1,06
Ацетилен	$C_2H_2$	1,171	1,25	35,7	6,37	94,0	20÷120	198,2	-
Н-бутан	$C_4H_{10}$	2,703	1,11	152,0	3,87	8,2	20÷120	377,4	0,97
							20÷100	73	
							100÷200	86	
Водород	$H_2$	0,0899	1,41	-239,9	1,32	84,0	200÷250	105	0,678
							713÷822	234	
Воздух (сухой)	-	1,293	1,40	-140,7	3,84	172	16÷825	III	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

23-86 9.06. Подпись

Продолжение табл. 7

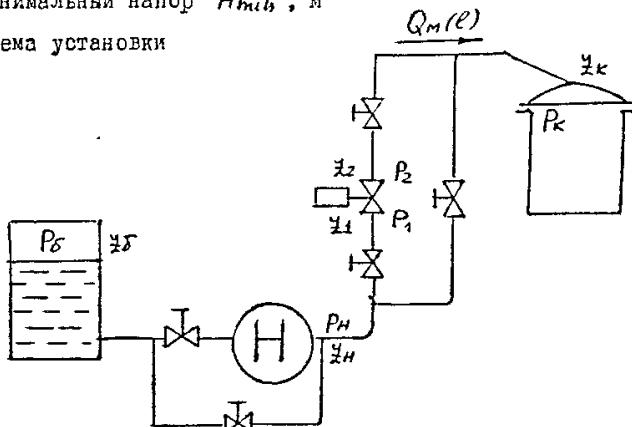
Газ	Хими-ческая формула	Плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Показе-тель адиабаты $K$	Критические параметры		Вязкость динами-ческая $\eta$ , пз·10 <sup>6</sup>	Газовые постоянные		
				$t_{kp}$ , °C	$P_{kp}$ , МПа		интервал темпера-тур, °C	$C_r$	$M_r$
Метан	$CH_4$	0,717	1,31	-82,1	4,73	104	20+500	162	0,76
Окись углерода	$CO$	1,250	1,40	-140,0	3,56	121	20+277	101,2	0,912
Пропан	$C_3H_8$	2,004	1,13	96,8	4,34	75	20+250	278	0,92
Пропилен	$C_3H_6$	1,915	1,17	92,0	4,71	78	20+120	321,6	-
Сернистый газ	$SO_2$	2,926	1,25	157,5	8,04	121	300+850	306	0,812
Сероводород	$H_2S$	1,539	1,34	218,2	8,66	118	0+100 25+280	331 254	-
Углекислый газ	$CO_2$	1,977	1,30	31,04	7,528	140	300+824	213	0,82
Хлор	$Cl_2$	3,220	1,36	144,0	7,86	125	20+500	351	-
Этан	$C_2H_6$	1,356	1,20	32,3	4,98	86	20+250	252	0,98
Этилен	$C_2H_4$	1,260	1,25	9,2	5,16	95	20+250	225	-

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 $T_1$ , $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1830
Коэффициент кинематической вязкости среды при температуре $T_1$ , $\nu$ , м <sup>2</sup> /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 $P_\delta$ , 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 $\chi_\delta$ , м	3
нагнетательного патрубка источника напора $\chi_m$ , м	0
на входе РА $\chi_1$ , м	2
на выходе РА $\chi_2$ , м	2
в конце ГС $\chi_k$ , м	6
Источник напора	центробежный насос типа НС

Максимальный расход $Q_{\max}, \text{м}^3/\text{ч}$	3
Средний расход $Q_{\varphi}, \text{м}^3/\text{ч}$	2
Минимальный расход $Q_{\min}, \text{м}^3/\text{ч}$	I
Максимальный напор $H_{\max}, \text{м}$	27
Средний напор $H_{ср}, \text{м}$	20,5
Минимальный напор $H_{\min}, \text{м}$	II
Схема установки	



Перечень элементов гидравлической системы

Всасывающая линия:

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

Состав всасывающей линии:

внезапное сужение (ВС)

тройник (ТК) -  $n = 1$

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

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

треугольник (ТК) -  $n = 2$

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

колено под углом  $90^\circ$  ( $R = D_{TP}$ ) -  $n = 1$

трубопроводная линия (TP1)

участок после РА

треугольник (ТК) -  $n = 1$

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

колено под углом  $90^\circ$  -  $n = 1$

угольник под углом  $135^\circ$  -  $n = 1$

внезапное расширение (ВР)

трубопроводная линия (TP2)

## I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

### I.1. Определение параметров всасывающей линии

I.1.1. Расчет квадратичного модуля всасывающей линии проводится по формуле:

$$C_{KB} = \frac{\zeta_{TBC} + \zeta_{TK} + \zeta_{TKA} + \frac{\lambda_{TP} \cdot L_{TB} \cdot k_0}{D_{TB}}}{2 S_B^2} + \frac{\zeta_{TK} + \left(1 - \frac{D_{TB}^4}{D_{TH}^4}\right)}{2 S_H^2},$$

где  $\zeta_{TBC}$ ,  $\zeta_{TK}$ ,  $\zeta_{TKA}$ ,  $\lambda_{TP}$ ,  $k_0$ ,  $D_{TB}$ ,  $\zeta_{TK}$  определяются по табл. 3 приложения I.

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

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

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

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

$$K_0 = 1,25;$$

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

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

$$\zeta_H = 0,785 \cdot D_{TH}^2 = 0,785 \cdot 0,02^2 = 3,142 \cdot 10^{-4} [m^2];$$

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

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

1.1.2. Расчет модуля вязкости всасывающей линии проводится по формуле:

$$C_{AB} = \frac{L_{ABC} + L_{ATK} + L_{AKA} + \frac{32 L_B}{D_{TB}}}{D_{TB} \cdot S_B} + \frac{L_{AK}}{D_{TH} \cdot S_H},$$

где  $L_{ABC}, L_{ATK}, L_{AKA}, L_{AK}$  определяются по табл. 3 приложения I

$$L_{ABC} = 12,6;$$

$$L_{ATK} = 150;$$

$$L_{AKA} = 1500;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3. Определение параметров нагнетательной линии

1.3.1. Расчет квадратичного модуля нагнетательной линии проводится по формулам:

до РА

$$C_{KL1} = \frac{2 \zeta_{TK} + 2 \zeta_{TK1} + \zeta_{T90} + \frac{\lambda_{tr} L_{1, K_0}}{D_{TH}}}{2 S_H^2}$$

после Р/С

$$C_{KL2} = \frac{\zeta_{TK} + \zeta_{TK1} + \zeta_{T90} + \zeta_{T135} + \frac{\lambda_{tr} L_{2, K_0}}{D_{TH}} + \zeta_{TBP}}{2 S_H^2},$$

где  $\zeta_{TK}$ ,  $\zeta_{TK1}$ ,  $\zeta_{T90}$ ,  $\lambda_{tr}$ ,  $K_0$  определяются по табл. 3 приложения I.

$$\zeta_{TK} = 0,3;$$

$$\zeta_{TK1} = 4;$$

$$\zeta_{T90} = 0,2;$$

$$\zeta_{T135} = 0,4;$$

$$\zeta_{TBP} = 1,$$

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

$$K_0 = 1,25;$$

$$C_{KL1} = \frac{2 \cdot 0,03 \cdot 2 \cdot 4 + 0,2 + \frac{3,79 \cdot 10^{-2} \cdot 11 \cdot 1,25}{0,02}}{2 (3,142 \cdot 10^{-4})^2} = 1,765 \cdot 10^8 [m^{-4}],$$

$$C_{KL2} = \frac{4 + 0,3 + 0,2 + 0,4 + \frac{3,79 \cdot 10^{-2} \cdot 12 \cdot 1,25}{0,02} + 1}{2 (3,142 \cdot 10^{-4})^2} = 1,738 \cdot 10^8 [m^{-4}].$$

1.3.2. Расчет модуля вязкости нагнетательной линии проводится по формулам:

до РА

$$C_{LA1} = \frac{2 L_{atk} + 2 L_{aK1} + L_{a90} + \frac{32 L_1}{D_{TH} S_H}}{D_{TH} S_H},$$

после РА

$$C_{M2} = \frac{La_{k1} + La_{k2} + La_{90} + La_{135} + La_{BP} + \frac{32L_2}{D_{TH} S_H}}{D_{TH} S_H}$$

где  $La_{k1}, La_{k2}, La_{90}, La_{135}, La_{BP}$  определяются по табл. 3 приложения I:

$$La_{k1} = 150;$$

$$La_{k2} = 1500;$$

$$La_{90} = 65;$$

$$La_{135} = 300;$$

$$La_{BP} = 15;$$

$$C_{M1} = \frac{2 \cdot 150 + 2 \cdot 1500 + 65 + \frac{32 \cdot 11}{0.02}}{0.02 \cdot 3.142 \cdot 10^{-4}} = 3.336 \cdot 10^9 [M^{-3}],$$

$$C_{M2} = \frac{1500 + 150 + 65 + 300 + 15 + \frac{32 \cdot 12}{0.02}}{0.02 \cdot 3.142 \cdot 10^{-4}} = 3.378 \cdot 10^9 [M^{-3}].$$

## 2. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

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

$$P_H = 1.013 \cdot 10^5 + (30.5 + 3 - 0) \cdot 9.81 \cdot 1830 - (1.07 \cdot 10 \cdot 2.26 \cdot 10^5 + 3.6 \cdot 10^3 \cdot 9.81 \cdot 2) Q_M(l) - \frac{1.406 \cdot 10^2 \cdot 3.6^2 \cdot 10^6 \cdot 9.81 \cdot (-1.5) + 0.5 \cdot (3.142 \cdot 10^{-4})^2}{1830} Q_M^2(l)$$

$$= 4.544 \cdot 10^5 - 4.101 \cdot 10^4 Q_M(l) - 6.74 \cdot 10^4 Q_M^2(l)$$

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

$$P_1 = P_H + (\chi_H - \chi_1) g \rho - \frac{C_{k12} Q_M^2(l)}{\rho} - \sqrt{C_{M1} Q_M(l)} =$$

$$= 4.544 \cdot 10^5 - 4.101 \cdot 10^4 Q_M(l) - 6.74 \cdot 10^4 Q_M^2(l) + (0.2) \cdot 9.81 \cdot 1830 -$$

$$- \frac{1.765 \cdot 10^8 Q_M^2(l)}{1830} - 1.07 \cdot 10^5 \cdot 3.336 \cdot 10^9 Q_M(l) =$$

$$= 4.185 \cdot 10^5 - 7.57 \cdot 10^4 Q_M(l) - 1.615 \cdot 10^5 Q_M^2(l),$$

$$P_2 = P_H - (\chi_H - \chi_2) g \rho + \frac{C_{k12} Q_M^2(l)}{\rho} + \sqrt{C_{M2} + Q_M(l)} =$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,013 \cdot 10^5 + (6 \cdot 2) \cdot 9,81 \cdot 1830 + \frac{1,738 \cdot 10^8 Q_m^2 / \rho}{1830} + 1,07 \cdot 10^{-5} \cdot 3,378 \cdot 10^9 Q_m / \rho \cdot \\
 &= 1,734 \cdot 10^5 + 9,497 \cdot 10^8 Q_m / \rho + 3,614 \cdot 10^8 Q_m^2 / \rho, \\
 \Delta P(\rho) &= P_1 - P_2 = 2,454 \cdot 10^5 - 1,128 \cdot 10^5 Q_m / \rho - 2,588 \cdot 10^5 Q_m^2 / \rho.
 \end{aligned}$$

### 3. ВЫБОР РАЗМЕРА РА

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

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

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

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

3.3. По табл. I приложения I выбираем регулирующий клапан со смещенными осьми И65199 с ближайшим меньшим значением  $C_k(I) = 7,97 \cdot 10^7 m^{-4}$  и определяем значения  $K_{vU} = 6,3 m^3/q$ ,  $C_1(I) = 1,2 \cdot 10^3 m^{-3}$ ,  $D_C = 12 \text{ мм}$ ,  $D_U = 0,02 \text{ м}$ .

3.4. Проверяем выполнение критерия (4.19a):

$$7,97 \cdot 10^7 + \frac{1,07 \cdot 10^{-5} \cdot 1830 \cdot 12 \cdot 10^3}{0,7} = 8,307 \cdot 10^7 < \frac{1,48 \cdot 10^8}{12^2} = 1,028 \cdot 10^8.$$

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):

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

3.5.5. Так как выполняется условие (4.34)

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

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

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

#### 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  $C_k(\ell)$  и  $C_A(\ell)$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

$$B_1(0,9) = \frac{1,07 \cdot 10^5 \cdot 1830 (3,38 \cdot 10^9 + 2,0652 \cdot 10^9)}{2(9,84 \cdot 10^7 + 4,7363 \cdot 10^8)} = 0,1829 \left[ \frac{\text{кг/с}}{\text{с}} \right]$$

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

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

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

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

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

Результаты расчета для всех положений  $\ell$  представлены в табл. 8.

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

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

Результаты расчета для всех положений  $\ell$  представлены в табл. 8.

Таблица 8

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

23-86 9.06.87

Продолжение табл.8

$\ell$	$C_k(\ell), m^{-4}$	$C_a(\ell), m^{-3}$	$B_1(\ell), \text{кг/с}$	$B_0(\ell), \text{кг/с}$	$Q_m(\ell), \text{кг/с}$	$Q_o(\ell)$
0,8	$1,25 \cdot 10^8$	$1,68 \cdot 10^8$	0,1752	0,7500	0,7084	0,9681
0,7	$1,63 \cdot 10^8$	$2,13 \cdot 10^9$	0,1655	0,7053	0,6904	0,9436
0,6	$2,21 \cdot 10^8$	$1,84 \cdot 10^9$	0,1527	0,6464	0,6657	0,9097
0,5	$3,19 \cdot 10^8$	$4,09 \cdot 10^9$	0,1353	0,5665	0,6294	0,8601
0,4	$4,98 \cdot 10^8$	$6,53 \cdot 10^9$	0,1129	0,4621	0,5762	0,7875
0,3	$8,86 \cdot 10^8$	$1,83 \cdot 10^9$	0,0891	0,3302	0,4924	0,6730
0,2	$1,99 \cdot 10^9$	$3,35 \cdot 10^9$	0,0552	0,1822	0,3753	0,5129
0,1	$7,97 \cdot 10^9$	$2,01 \cdot 10^{10}$	0,0355	0,0532	0,1978	0,2704
0,05	$3,19 \cdot 10^{10}$	$1,36 \cdot 10^{11}$	0,0443	0,0139	0,0815	0,1114

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

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

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

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

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):

$$K_u = 1.$$

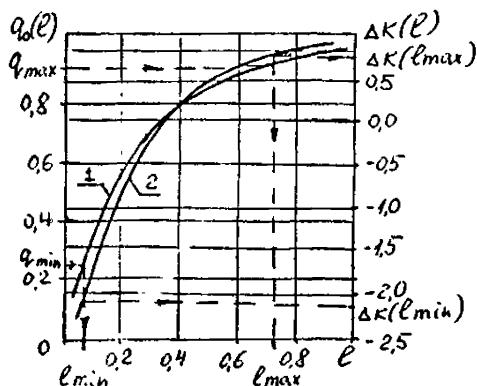
$$\text{для } \ell = 0,95 \quad \Delta K = 1 - 0,14 = 0,86.$$

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

Таблица 9

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

4.9. По кривой 2 находим значения  $\Delta K$  соответствующие  $\ell_{min}$  и  $\ell_{max}$ :

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

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

4.10. Максимальное отклонение коэффициента усиления от "идеального" ищем в диапазоне изменения  $\Delta K(\ell_{min}) \div \Delta K(\ell_{max})$   
Находим  $\max |\Delta K(\ell)| \Big|_{\ell_{min} \div \ell_{max}} = 1,8$  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 гидромашиностроения. М.-Л., 1960
6. Патрикес 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. Технико-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

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Но- мер доку- мен- та	Под- пись	Дата	Срок введения изменения
	изме- ненных	заме- ненных	новых	аннули- рованных				
1		57-70			Изм. "1"	Р/з	20.11.88	
2	1,79,80	46-48, 57-70	70а,70б		Изм. "2"	Р/з	20.11.88	

л. 3-86 9.06.87