

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԿՐԹԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԳՐԱ

Արսնց Հ. Տ., Արևսենսկի Վ. Վ., Եղիազարյան Ի. Վ., Կապան
Մ. Վ. (պատմ. խմբագրիչ), Նազարով Ա. Գ., Սիմոնով Մ. Ջ.,
Փրեկարյան Վ. Վ. (պատմ. խմբագրի սեղանկալ):

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Леониц Г. Т., Алексеевский В. В., Елизаров Н. В., Касьян
М. В. (ответ. редактор), Назаров А. Г., Пинаджян В. В.
(зам. отв. редактора), Симонов М. Э.

ЭНЕРГЕТИКА

Г. Т. АДОНИ, В. А. МАТЕВОСЯН, С. Г. АКОПЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЛЫ РОТОРНОГО УГЛА СИНХРОННОЙ
 МАШИНЫ В РЕЖИМЕ ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО
 ЗАМЫКАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ МАШИНЫ

В работах [1, 2, 3, 4, 5 и др.] приводится ряд формул угла θ между продольной осью ротора и синхронно вращающейся осью синхронной машины для ряда режимов ее работы. Эти формулы были получены с различными допущениями, которые как показывают исследования, оказываются обоснованными не для всех типов синхронных машин. В данной статье приводятся результаты исследований точности, с иллюстрацией на конкретных примерах, формулы роторного угла θ синхронной машины для режима ее трехфазного короткого замыкания. В качестве критерия точности расчетов принимается решение, полученное на цифровой машине (ЦМ), электромеханического уравнения синхронной машины с учетом уравнений ее пяти контуров [6]. В основу исследования положены следующие дифференциальные уравнения синхронной машины.

$$\frac{d\psi_d}{dt} + \psi_d - r_d i_d = 0, \quad \psi_d = u_d + u_r + u_D,$$

$$\frac{d\psi_q}{dt} - \psi_q + r_q i_q = 0, \quad \psi_q = u_q + u_Q,$$

$$\dot{\psi}_r = r_d i_d + u_r + g_1 u_D, \quad (1)$$

$$\frac{d\psi_D}{dt} + \psi_D u_D = \psi_q e_r, \quad \psi_D = r_d i_d + g_1 u_r + u_D,$$

$$\frac{d\psi_Q}{dt} + \psi_Q u_Q = 0, \quad \psi_Q = r_q i_q + u_Q,$$

$$\frac{d\psi_0}{dt} + \psi_0 u_0 = 0,$$

$$m_1 \cdot C \cdot \frac{d^2 \psi_0}{dt^2} = M_m - M_e,$$

$$M_e = \frac{1}{x_d} (u_d + u_r + u_D) u_0 - \frac{1}{x_q} (u_q + u_Q). \quad (1)$$

В уравнениях (1) вместо индексов rd и rq , принимаемых в [6], введены соответственно индексы D и Q .

Уравнение M_r с учетом u_k ($k = d, q, r, D, Q$), приведенных в [6], после ряда преобразований имеет следующий вид:

$$M_r = M_{em} + (A_s + B_s \varepsilon^{-p \cdot D^2} + C_s \varepsilon^{-p \cdot Q^2} + D_s \varepsilon^{-p \cdot r^2}) \varepsilon^{\beta^2} \sin \tau + \\ + (A_r + B_r \varepsilon^{-p \cdot D^2} + C_r \varepsilon^{-p \cdot Q^2} + D_r \varepsilon^{-p \cdot r^2}) \varepsilon^{\beta^2} \cos \tau + \\ + G_s \varepsilon^{2\beta^2} \sin 2\tau + G_r \varepsilon^{-p \cdot Q^2} \cos 2\tau + h \varepsilon^{2\beta^2}, \quad (2)$$

где

$$M_{em} = \frac{e_r}{x_d} \left[\frac{e_r}{x_d} + \frac{(u_{em} + e_r)}{x_d \cdot \rho_d} \varepsilon^{-p \cdot r^2} + \frac{u_{em} + e_r - \rho_d (u_{q0} - \rho_d \theta_r)}{x_d} S_d \varepsilon^{-p \cdot Q^2} \right] r.$$

Выражения коэффициентов A_s, B_s и других, а так же принятые обозначения в (1) и (2) приведены в приложении. После двукратного интегрирования по синхронному времени уравнения

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = \frac{1}{\omega_s C} (M_m - M_e), \quad (3)$$

с учетом выражения момента M_r (2), пренебрегая слагаемыми второго порядка малости и ряда преобразований получим следующую формулу угла θ

$$\theta_s = \frac{M_m - a}{2\omega_s C} \tau - \frac{1}{\omega_s C} \left[\frac{b}{2\rho_d^2} (\varepsilon^{-p \cdot D^2} + \rho_d^2 \tau - 1) + \frac{d}{2\rho_r^2} (\varepsilon^{-p \cdot r^2} + \rho_r^2 \tau - 1) + \frac{h}{4\beta^2} (\varepsilon^{2\beta^2} - 2\beta^2 \tau - 1) + A_s (\tau - \varepsilon^{\beta^2} \sin \tau) - \right. \\ \left. - A_r (\beta^2 \tau + 1 - \varepsilon^{\beta^2} \cos \tau) + \frac{B_s - B_r (\beta - \rho_d^2)}{1 - (\beta - \rho_d)^2} \tau + \right. \\ \left. + D_s (\tau - \varepsilon^{(\tau - \rho_d^2)} \sin \tau) + D_r (1 - \varepsilon^{(\beta - \rho_r)^2} \cos \tau) - \right. \\ \left. - \frac{G_s}{4} (1 - \varepsilon^{2\beta^2}) \cos 2\tau + \frac{1}{2} (G_s - G_r \beta) \tau \right], \quad (4)$$

Следует отметить, что выражения u_k соответствуют крупным машинам, для которых обычно величины ρ_d, ρ_q, ρ_r принимают пренебрежимо малыми.

В работе [2] аперриодическая составляющая момента M_e выведена исходя из предположения, что искомая составляющая момента пропорциональна потерям в меди статора синхронной машины от основной гармоники продольной составляющей тока, т. е. формула аперриодического момента M_{em} была получена исходя из условия

$$M_{em} = i_{da}^2 \cdot r \quad i_{em} = (). \quad (5)$$

Для получения выражения аперриодической составляющей продольной составляющей тока статора, выделим в формуле u_d [1] аперриодиче-

ское слагаемое u_{d0} и полученное выражение разделим на x_d . В результате получим:

$$i_s = - \left| \frac{e_r}{x_d} + \frac{(u_{d0} + e_r) \dot{\gamma}_d}{x_d \dot{\gamma}_d} \varepsilon^{-\dot{\gamma}_r} + \frac{e_r + u_{d0} + \dot{\gamma}_D (u_{d0} - \dot{\gamma}_d e_r)}{x_d} S_d \varepsilon^{-\dot{\gamma}_D} \right| \quad (6)$$

Тогда согласно формуле (5) имеем:

$$M_{c0} = \left| \frac{e_r}{x_d} + \frac{(u_{d0} + e_r) \dot{\gamma}_d}{x_d \dot{\gamma}_d} \varepsilon^{-\dot{\gamma}_r} + \frac{e_r + u_{d0} + \dot{\gamma}_D (u_{d0} - \dot{\gamma}_d e_r)}{x_d} S_d \varepsilon^{-\dot{\gamma}_D} \right|^2 r. \quad (7)$$

С учетом выражения (7) формулу угла θ синхронной машины представим так:

$$\begin{aligned} \theta_s = & \frac{M_m - \alpha}{2\omega_s C} - \frac{1}{\omega_s C} \left| \frac{b}{\dot{\gamma}_D} (\varepsilon^{-\dot{\gamma}_D} + \dot{\gamma}_D^{-1} - 1) + \right. \\ & + \frac{c}{4\dot{\gamma}_D^2} (\varepsilon^{-\dot{\gamma}_D} + 2\dot{\gamma}_D^{-1} - 1) + \frac{d}{2\dot{\gamma}_r^2} (\varepsilon^{-\dot{\gamma}_r} + \dot{\gamma}_r^{-1} - 1) + \\ & + \frac{f}{4\dot{\gamma}_r^2} (\varepsilon^{-2\dot{\gamma}_r} + 2\dot{\gamma}_r^{-1} - 1) + \frac{g}{(\dot{\gamma}_r + \dot{\gamma}_D)^2} [\varepsilon^{-(\dot{\gamma}_r + \dot{\gamma}_D)} + \\ & + (\dot{\gamma}_r + \dot{\gamma}_D)^{-1} - 1] + \frac{h}{4\dot{\gamma}_D^2} (\varepsilon^{-2\dot{\gamma}_D} - 2\dot{\gamma}_D^{-1} - 1) + A_s (\tau - \varepsilon^{\dot{\gamma}_D} \sin \tau) - \\ & - A_r (\dot{\gamma}_r + 1 - \varepsilon^{\dot{\gamma}_r} \cos \tau) + \frac{B_s - B_r (\dot{\gamma}_r - \dot{\gamma}_D)}{1 + (\dot{\gamma}_r - \dot{\gamma}_D)^2} \tau + D_s (\tau - \\ & - \varepsilon^{(\dot{\gamma}_r - \dot{\gamma}_D)} \sin \tau) + D_r (1 - \varepsilon^{(\dot{\gamma}_r - \dot{\gamma}_D)} \cos \tau) + \\ & \left. + \frac{G_r}{4} (1 - \varepsilon^{\dot{\gamma}_r} \cos 2\tau) + \frac{1}{2} (G_r - G_c \dot{\gamma}_r) \tau \right| \end{aligned} \quad (8)$$

Обоснование и вывод формулы (8) приведены в [5]. Ниже рассматриваются примеры аналитического расчета угла θ , по приведенным формулам (4) и (8), которые сопоставляются с расчетом этого угла при решении уравнений (1) на ЦМ для случая двух синхронных машин различной мощности, параметры которых и начальные значения переменных приводятся в таблицах 1 и 2 работы авторов [5].

Расчеты выполнены при двух различных режимах $P=1$ и $P=\frac{2}{3}$ для обеих исследуемых машин. На рис. 1 приведены кривые изменения углов θ_1 , θ_2 , полученные для режима $P=1$, а на рис. 2 для режима $P=\frac{2}{3}$. Пунктирные кривые соответствуют „большой“

синхронной машине (мощность 40 *т. квт*), а сплошные кривые — „малой“ синхронной машине мощностью 0,3 *т. квт* *. На этих же рисун-

* Под понятием „большая“ синхронная машина, условно, имеется в виду синхронный генератор, у которого $r < 0,008$, а под понятием „малая“ синхронная машина, имеется в виду синхронный генератор, у которого $r > 0,02$.

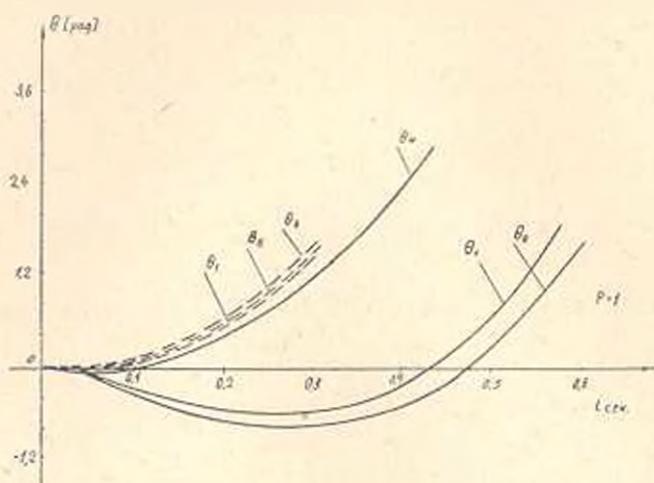


Рис. 1. Изменение роторного угла θ в режиме $P=1$ (отн. ед.) для большой (пунктирные кривые) и для малой (сплошные кривые) синхронных машин.

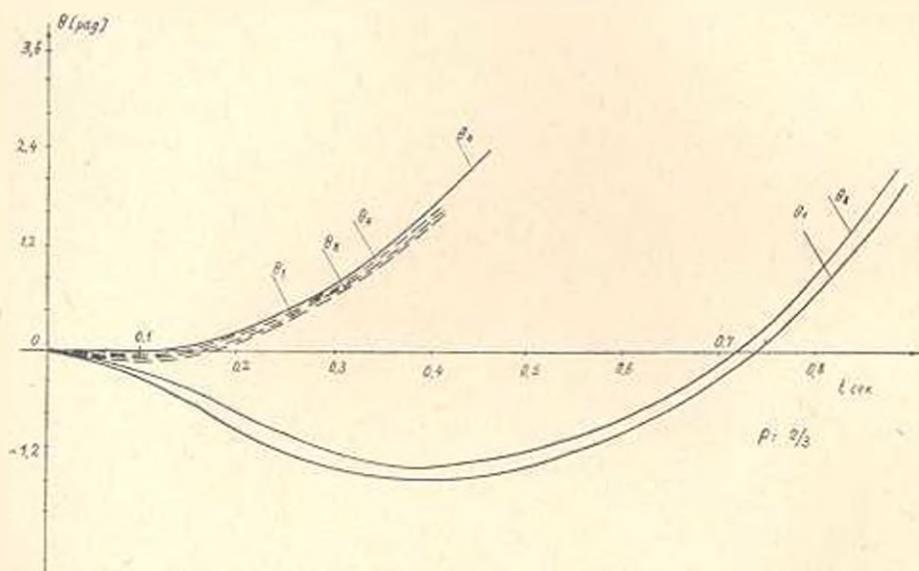


Рис. 2. Изменение роторного угла θ в режиме $P=2/3$ (отн. ед.) для большой (пунктирные кривые) и для малой (сплошные кривые) синхронных машин.

ках приводятся кривые изменения угла θ , построенные по результатам решения уравнений (1) на ЦМ типа „Раздан-2“.

Из анализа полученных результатов можно сделать следующее заключение. Для больших синхронных машин результаты расчета по (4) и (8) находятся в пределах точности решения исходных уравнений (1) на ЦМ. Для малых синхронных машин результаты расчета по (4) несколько отличаются от решения θ_1 , полученного из решения

уравнений (1) на ЦМ, в то время, как результаты расчета по формуле (8) находятся в пределах точности решения уравнений (1).

АрхИИЭ

Поступило 16.11.1966

П Р И Л О Ж Е Н И Е

M_d, M_q — переменные, пропорциональные продольному и поперечному току статора;

u_r, u_D, u_Q — э. д. с., индуцируемые в фазах статора токами обмотки возбуждения, продольной и поперечной демпферной обмоток;

e_r — приложенная э. д. с. в контуре возбуждения;

ρ_d, ρ_q — коэффициенты рассеяния энергии контуров статора;

ρ_d, ρ_q — коэффициенты магнитной связи контуров статора с контуром возбуждения, продольным демпферным и поперечным демпферным контурами;

β_d, β_q — продольная и поперечная составляющие потокосцепления статора;

$\beta_r, \beta_D, \beta_Q$ — потокосцепление контура возбуждения, продольного и поперечного демпферных контуров;

$\beta_d = \sqrt{\frac{M_d M_q}{\rho_d}}; \beta_q = \sqrt{\frac{M_d M_q}{\rho_q}}$ — магнитные характеристики продольных контуров машины;

ρ_d — коэффициент магнитной связи контура возбуждения и продольного демпферного контура;

$\tau = \omega_s t$ — синхронное время;

ω_s — синхронная угловая частота машины;

M_m — момент внешних сил, приложенных к ротору;

C — инерционная постоянная;

P — активная мощность генератора;

e_s — фазовое напряжение на шинах генератора;

ρ_r, ρ_d, ρ_q — коэффициент рассеяния энергии контуров статора и ротора;

ρ_r, ρ_D, ρ_Q — приведенные коэффициенты рассеяния энергии контуров ротора;

β — действительная часть комплексного корня характеристического уравнения;

x_d, x_q — синхронные реактивности машины в продольной и поперечной осях;

r — активное сопротивление фаз статора;

i_{da}, i_{qa} — аперiodические слагающие продольного и поперечного тока статора.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{e_r}{x_d} (u_{q0} + e_r) - \frac{\gamma_d e_r}{x_d} (u_{q0} - \gamma_d e_r) + \\
 &+ \frac{\gamma_d e_r}{x_d} \left[\left(\frac{1}{x_d} + S_d \right) (u_{q0} - \gamma_d e_r) + \gamma_D S_d (u_{d0} + e_r) \right]; \\
 B &= \frac{S_d}{x_d} (u_{d0} + e_r) |u_{d0} + e_r - \gamma_D (u_{q0} - \gamma_d e_r)|; \\
 C &= \frac{S_d}{x_d} |(u_{q0} - \gamma_d e_r)^2 + \gamma_D (u_{d0} + e_r)(u_{q0} - \gamma_d e_r)|; \\
 G &= \frac{1}{2} \left\{ (u_{d0} + e_r)^2 - (u_{q0} - \gamma_d e_r)^2 \left(\frac{1 + S_d}{x_d} - \frac{1 - S_d}{x_d} \right) - \right. \\
 &- 2 (u_{d0} + e_r)(u_{q0} - \gamma_d e_r) \left(\frac{S_d \gamma_D}{x_d} - \frac{\gamma_D S_d}{x_d} \right) \left. \right\}; \\
 A_c &= -\frac{e_r}{x_d} (u_{q0} - \gamma_d e_r) + \frac{\gamma_d e_r}{x_d} (u_{d0} + e_r) + \\
 &+ \frac{\gamma_d e_r}{x_d} \left[\gamma_D S_d (u_{q0} - \gamma_d e_r) - \left(\frac{1}{x_d} + S_d \right) (u_{d0} + e_r) \right]; \\
 B_c &= \frac{S_d}{x_d} (u_{q0} - \gamma_d e_r) |u_{d0} + e_r - \gamma_D (u_{q0} - \gamma_d e_r)|; \\
 C_c &= -\frac{S_d}{x_d} (u_{d0} + e_r) [(u_{d0} + e_r) \gamma_D + u_{q0} - \gamma_d e_r]; \\
 D_c &= \frac{\gamma_d}{x_d \sigma_d} (u_{d0} + e_r)(u_{q0} - \gamma_d e_r); \\
 h &= \frac{1}{2} e_r^2 \left(\frac{S_d \gamma_D}{x_d} + \frac{S_d \gamma_D}{x_d} \right); \\
 e_3^2 &= (u_{d0} + e_r)^2 - (u_{q0} - \gamma_d e_r)^2; \\
 a &= \frac{\gamma_d}{x_d} e_r^2; \\
 b &= \frac{2\gamma_d S_d}{x_d} e_r |u_{d0} + e_r - \gamma_D (u_{q0} - \gamma_d e_r)|; \\
 c &= \frac{\gamma_d S_d^2}{x_d} |u_{d0} + e_r - \gamma_D (u_{q0} - \gamma_d e_r)|; \\
 d &= \frac{2\gamma_d \gamma_e}{x_d \sigma_d} (u_{d0} + e_r) e_r;
 \end{aligned}$$

$$f = \frac{\gamma_d \gamma_e}{x_d \gamma_d} (u_{d0} + e_r)^2;$$

$$g = \frac{2\gamma_d S_d \gamma_d}{x_d \gamma_d} e_r |u_{d0} + e_r - \gamma_d(u_{d0} - \gamma_d e_r)|.$$

Ն. Տ. ԱԳՈՆՅ, Պ. Ա. ԿԱԹԵՎՈՅԱՆ, Ս. Հ. ՀԱՊՈՔՅԱՆ

ՍԻՆԽՐՈՆ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ԹՈՏՈՐԻ ԱՆԿՅԱՆ ՀԱՐՄՈՒՎԱՅԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱԿԱՐԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՌԱՅԱԶ ԿԱՐՃ ԿՐԱՏՄԱՆ ՈՆԺԻՄՈՒՄ ԷԼԵՏՐՈՆԱՅԻՆ ՀԱՇՎԻԶ ՄԵՔԵՆԱՅԻ ՕՒՆՈՒԹՅԱՄԲ

Ա մ փ ա փ ս լ մ

Հոդվածում կոնկրետ օրինակների վրա բերված է սինխրոն մեքենայի ոտտորի անկյան ֆորմուլայի ճշտագիշտն ուսումնասիրությունը:

Բերված նրկու ֆորմուլաների անսխիտիկ հաշվման արդյունքները համեմատվում են էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի վրա այդ նույն անկյան հաշվման արդյունքների հետ: Ընտրում սինխրոն մեքենայի էլեկտրոմեխանիկական հավասարումը էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի վրա լուծելիս հաշվի է առնված նրա հինգ կոնտուրների ադրեցույթները:

Ուսումնասիրության արդյունքներից ելնելով առաջարկված են սինխրոն մեքենայի ոտտորի անկյան ֆորմուլայի բնութման պայմանները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Важнов А. И.* Основы теории переходных процессов синхронных машин, М., 1960.
2. *Важнов А. И.* Движение ротора синхронного генератора при внезапном коротком замыкании. Тр. ЛПИ, 1958, № 195.
3. *Кизовский Я. И.* Энергетические соотношения при внезапном коротком замыкании синхронной машины. журн. «Электричество», № 7, 1954.
4. *Мамиконянц Л. Г.* Электромагнитный момент вращения синхронных машин при включении их в сеть с помощью самосинхронизации, журн. «Электричество» № 8, 1954.
5. *Адонц Г. Т., Матвеевич П. А., Аюлин С. Г.* Влияние активного сопротивления и переходных процессов в обмотке статора на изменение роторного угла синхронной машины. журн. «Электричество», № 1, 1965.
6. *Горев А. А.* Переходные процессы синхронной машины. М., 1950.

Н. К. ИОАНИСИАН

О ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОСТИ
 В „БОЛЬШОМ“ РЕГУЛИРОВАНИИ ГИДРОАГРЕГАТА

При автоматическом регулировании гидротурбин основным эксплуатационным режимом гидроагрегата является работа его под нагрузкой в мощной электрической сети параллельно с большим числом других агрегатов. При этом мощность всей системы практически можно считать бесконечно большой по сравнению с мощностью отдельного агрегата. Опыт эксплуатации различных систем автоматического регулирования показывает, что наиболее распространенным случаем неустойчивого регулирования гидроагрегатов является режим холостого хода и изолированная работа агрегата. Устойчивость регулирования агрегата в „большом“ с бесконечно большой мощностью была рассмотрена в [1]. В данной работе исследуется устойчивость в „большом“ регулировании гидроагрегата при изолированной работе и в режиме холостого хода.

Одним из существенных показателей надежности режима регулирования агрегата является наличие достаточного запаса устойчивости в „большом“ при отключении гидроагрегата от общей сети. Необходимо выявить достаточные условия устойчивости в „большом“ при регулировании изолированно работающего гидроагрегата. Примем выражения для электрического момента в виде

$$M_r = m\omega,$$

где m — коэффициент пропорциональности; ω — угловая скорость вращения вала гидроагрегата.

Для механического момента принимая такую же формулу, как в [2], с учетом уравнения расхода, жесткого гидравлического удара и известного уравнения регулирования, получим

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1 &= b_{11}x_1 + b_{12}x_2 - n_1\dot{z} + b_1 + F_1(z, x_1, x_2), \\ \dot{x}_2 &= b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + n_2\dot{z} + b_2 + F_2(z, x_1, x_2), \\ \dot{x}_3 &= -\frac{1}{T_1}x_3 + \frac{n_2}{T_1}\dot{z} + n_1f(z), \\ \dot{z} &= f(z), \quad z = -\epsilon x_1 - x_2. \end{aligned} \right\} (1)$$

Здесь x_1 , x_2 , x_3 и z — относительные отклонения соответственно угловой скорости, расхода, обратной связи, открытия регулирующего органа, золотника;

$b_{11}^*, b_{12}^*, b_{21}^*, b_{22}^*, n_1, n_2, b_1^*, b_2^*$ — постоянные коэффициенты, определяются по исходным параметрам системы (табл. 1);

F_1, F_2 — нелинейные функции, разложение которых по степеням x_1, x_2 ; начинается с членов не ниже второго порядка (табл. 1);

c — параметр, зависящий от статической характеристики центробежного маятника;

T_1 — постоянная времени издрорма;

γ_2 — кинематический коэффициент обратной связи;

γ_2^* — степень остающей неравномерности регулирования.

Система дифференциальных уравнений возмущенного движения изолированно работающего гидроагрегата (1) в канонической форме имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \dot{z}_p &= \bar{\gamma}_p z_p + f_p(z), \\ \dot{z} &= \sum_{p=1}^3 \bar{\gamma}_p z_p - \gamma_2 f(z), \end{aligned} \right\} \quad (p=1, 2, 3) \quad (2)$$

где

$$\bar{\gamma}_k = \gamma_k + \frac{\partial \gamma_k}{\partial z_k}, \quad \bar{\gamma}_k = \gamma_k \frac{\gamma_k}{\gamma_2}$$

$$\gamma_k = \frac{\gamma_k}{N_m(t_k)} \sum_{p=1}^2 D_{pm}(t_k) F_p(z, x_1, x_2), \quad (k=1, 2, 3).$$

Способ определения $N_m(t_k)$, $D_{pm}(t_k)$, γ_k изложен в [1] и [3].

Критерий устойчивости в „большом“ установившемся режиме исследуемой системы (1) при $F_1 = F_2 = 0$ сводятся по Лурье [2]

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{1}{4} (\gamma_1 \Gamma f_3) \frac{1}{\gamma_2} |B_1 + \gamma_1 (f_1^2 - 2f_2^2)| > 0, \\ N &= -\frac{1}{4\Gamma} (\gamma_1 \Gamma f_3) \frac{1}{\gamma_2} \left(\frac{2f_1 f_2 - f_3^2}{f_3} \Gamma^2 - f_3 B_{-1} \right) > 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

или, при несоблюдении одного из условий (3), к

$$F(M, N) = M^3 + N^3 - M^2 N^2 - \frac{9}{8} M N + \frac{27}{256} \quad (4)$$

Здесь

$$f_1 = b_{11} + b_{22} - \frac{1}{T_1}, \quad f_2 = b_{11} b_{22} - b_{21} b_{12} - \frac{1}{T_1} (b_{11} + b_{22}),$$

$$f_3 = \frac{1}{T_1} (b_{21} b_{12} - b_{11} b_{22}), \quad \Gamma^2 = \sum_{p=1}^3 \frac{\gamma_p^2}{\gamma_1} + \gamma_2.$$

$$B_{-1} = \sum_{p=1}^3 \frac{\beta_p}{\gamma_1}, \quad B_1 = \sum_{p=1}^3 \gamma_p \gamma_2.$$

Критерий устойчивости в „большом“ системы (1) с учетом F_1 и F_2 определяется по объединенному методу Лурье-Айзермана [1] и

Коэффициенты	Значения коэффициентов	Выражения нелинейных функций
1	2	3
b_{11}	$-\frac{1}{T_a} \int \frac{2k \sqrt{\zeta_0}}{(1-k)(1-\lambda)} \left(\frac{x_0 - x_x}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right) +$ $+ \frac{2}{1 - \zeta_\lambda} \left[\frac{\zeta_\lambda \varphi_0 (x_0 - \alpha_x)}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \varphi_0 \right] + 1 \Big\}$	$F_1(\xi, x_1, x_2) = \frac{1}{T_a} \left\{ \frac{2 \sqrt{\zeta_0} q_0}{\alpha_0^2 (1 - \zeta_\lambda) (1 - k)} \left(\frac{x_0 - \alpha_x}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right) \frac{\xi^2}{\alpha_0 + \xi} - \right.$
b_{12}	$\frac{2 \sqrt{\zeta_0}}{T_a \alpha_0 (1 - k) (1 - \zeta_\lambda)} \left(\frac{x_0 - \alpha_x}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right)$	$\frac{2 \sqrt{\zeta_0}}{\alpha_0 (1 - k) (1 - \zeta_\lambda)} \left[\frac{1}{\alpha_0} \left(\frac{x_0 - \alpha_x}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right) - \frac{1}{1 - \alpha_x} \right] x_2 \xi -$
b_{13}	$-\frac{A}{T_a}$	$-\frac{2 \zeta_0 \varphi_0}{\alpha_0^2 (1 - k) (1 - \zeta_\lambda) (1 - \alpha_x)} \xi^2 - \frac{2}{(1 - \zeta_\lambda) (1 - \alpha_x)} \left(\frac{k \sqrt{\zeta_0}}{1 - k} + \right.$
b_{21}	$\frac{2k \sqrt{\zeta_0}}{T_1 (1 - k)}$	$+ \varphi_0 \zeta_\lambda) x_1 \xi + \frac{2 \sqrt{\zeta_0}}{\alpha_0^2 (1 - k) (1 - \zeta_\lambda)} \left(\frac{x_0 - \alpha_x}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right) \frac{x_2 \xi^2}{\alpha_0 + \xi} -$
b_{22}	$-\frac{2 \sqrt{\zeta_0}}{T_1 \alpha_0 (1 - k)}$	$-\frac{1}{1 - \zeta_\lambda} \left[\frac{\zeta_\lambda (x_0 - \alpha_x)}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right] x_1^2 - \frac{\zeta_\lambda}{(1 - \zeta_\lambda) (1 - \alpha_x)} x_1^2 \xi +$
n_1	$\frac{1}{T_a (1 - \zeta_\lambda)} \left\{ \frac{\zeta_0 - \zeta_\lambda \varphi_0^2}{1 - \alpha_x} - \frac{2 \sqrt{\zeta_0} q_0}{\alpha_0^2 (1 - k)} \left(\frac{x_0 - \alpha_x}{1 - \alpha_x} + M_\lambda \right) + \right.$ $\left. + \frac{2 \sqrt{\zeta_0}}{1 - \alpha_x} \left[\frac{q_0}{\alpha_0 (1 - k)} - \frac{\varphi_0 k}{1 - k} - \sqrt{\zeta_0} \right] \right\}$	$+ \frac{2 \sqrt{\zeta_0} q_0}{\alpha_0^2 (1 - \zeta_\lambda) (1 - \alpha_x) (1 - k)} \frac{\xi^3}{\alpha_0 + \xi} -$
		$-\frac{2 \sqrt{\zeta_0}}{\alpha_0^2 (1 - k) (1 - \zeta_\lambda) (1 - \alpha_x)} x_2 \xi^2 +$

1		$n_2 \quad \frac{2 \sqrt{z_0} q_0}{T_1 x_0^2 (1-k)}$	$b_1 \quad \frac{2 \sqrt{z_0} (1-k)}{T_1 x_0 - x_1} \left(\frac{1-x_1}{q_0} + M_1 \right) \left \frac{q_0}{q_0} (1-k) \right - \sqrt{z_0}$	$b_2 \quad \frac{2 \sqrt{z_0} q_0}{T_1 x_0^2 (1-k)} \left \frac{q_0}{q_0} (1-k) \right - \sqrt{z_0}$
3	$+ \frac{2 \sqrt{z_0} (1-k)(1-x_1)}{T_1 x_0^2} \left\{ \frac{z_0}{z_0} + \frac{z_0}{z_0} \right\}$	$f_2(z, x_1, x_2, x_3) = - \frac{T_1 x_0^2 (1-k)}{2 z_0} \left(\frac{z_0}{z_0} \right) - \frac{z_0}{z_0}$	$- x_2 \frac{z_0}{z_0} + \frac{z_0}{z_0}$	

сводится к существованию вещественных значений относительно t_0, t_1, t_2 системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{f_3} t_2^2 = \bar{B}_{-1} = 1^2, \quad t_0^2 = \bar{B}_1, \\ \frac{2}{f_3} \left(\frac{f_2 f_3 - f_1^2}{f_3} t_2 - \frac{f_2}{f_3} t_1 - t_0 \right) t_2 + \left(\frac{f_2}{f_3} t_2 + \frac{1}{f_3} t_1 \right)^2 + \bar{B}_{-1} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где

$$\bar{B}_{-1} = \sum_{j=1}^3 \bar{B}_j \lambda_j^{-2}, \quad \bar{B}_j = 2 \frac{f_j}{t_j},$$

при соблюдении неравенства Сильвестра

$$A_{11} > 0, \quad \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix} > 0, \quad \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix} > 0. \quad (6)$$

Здесь $A_{ij} = \frac{\bar{\lambda}_i + \bar{\lambda}_j}{t_i + t_j}$, причем $A_{ij} = A_{ji}$,

где $\bar{\lambda}_j, \bar{\lambda}_j^*$ — комплексно сопряжено к λ_j, λ_j^* ;

A_{jj}^* — комплексно сопряжено к A_{jj} .

В табл. 2 приведен результат расчета при следующих исходных данных:

$$m_0 = 101,7 \text{ сек}, \quad M_{T_0} = 7,5 \text{ кгм}; \quad H_0 = 5 \text{ м};$$

$$Q_0 = 0,190 \text{ м}^2/\text{сек}; \quad c = 3,125; \quad \mu_1 = 1,36; \quad \mu_2 = 0,05;$$

$$\alpha_T = 0,276, \quad M_A = 0,2015; \quad k = 0,3; \quad q_0 = z_0 = \varepsilon_0 = \xi_0 = 1.$$

Таблица 2

T_0 сек	T_1 сек	T_2 сек	M	N
6,0	1,5	1,0	1,2033	5,2314
6,0	1,5	5,0	2,0168	2,9892
10,0	2,0	1,0	1,3187	3,1493
10,0	1,0	1,0	0,7656	5,6232
10,0	2,0	10,0	1,9276	3,5936
10,0	2,0	10,0	5,8156	5,7280

Из табл. 2 видно, что для постоянных времени T_0, T_1, T_2 , устойчивость в „большем“ регулировании гидроагрегата при изолированной работе и с учетом только сервомоторной нелинейности обеспечивается, так как $M > 0$ и $N > 0$.

Теперь определим достаточные условия устойчивости в „большом“ указанной регулируемой системы, когда в уравнениях, описывающих переходный процесс, учитывается не только сервомоторная, но и расходящая и моментная нелинейные характеристики.

Пусть $\alpha_1 = 0,05$; $\alpha_2 = -0,06$; $\xi_0 = -0,10$. Тогда $F_1 = -0,00005$; $F_2 = 0,00631$.

С учетом линеаризованных значений F_1 и F_2 численные величины корней $\bar{\lambda}_k$ ($k=1, 2, 3$) приведены в табл. 3.

Таблица 3

T_a сек	T_1 сек	T_2 сек	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_3 = \bar{\lambda}_2$	$\bar{\lambda}_1$	$\bar{\lambda}_2$
6,0	1,5	1,0	-2,04	-0,122	-1,0	-1,73	-0,128
6,0	1,5	5,0	-2,04	-0,122	-0,2	-1,73	-0,128
10,0	2,0	1,0	-0,508	-0,074	-1,0	-1,329	-1,403
10,0	4,0	1,0	-0,799	-0,070	-1,0	-0,438	-0,505
10,0	2,0	10,0	-1,508	-0,074	-0,1	-1,329	-1,403
20,0	2,0	10,0	-1,506	-0,077	-0,1	-0,580	-0,656

Подставляя найденные значения $\bar{\lambda}_k$ ($k=1, 2, 3$) в (5) и (6), находим, что для данных значений параметров системы при изолированной работе гидроагрегата в случае изодромной обратной связи с учетом нелинейности F_1 и F_2 , критерий достаточных условий устойчивости в „большом“ не обеспечивается, кроме примера 3 (табл. 3). Если в системе уравнении (1) принять $M_1=0$ и начальное открытие регулирующего органа равным открытию при холостом ходе, т. е. $\alpha_0 = \alpha_r$, получим систему, описывающий переходный процесс регулирования скорости гидроагрегата в режиме холостого хода.

Очевидно, что критерии устойчивости в „большом“ при работе гидроагрегата на холостом ходу, если $F_1 = F_2 = 0$, аналогичны критериям (3)–(4), а с учетом F_1 и F_2 — критериям (5)–(6).

Выполненные численные расчеты показывают, что нелинейности расхода и механического момента, выражаемые в функциях F_1 и F_2 , существенно влияют на достаточные условия устойчивости регулирования скорости вращения гидроагрегата при режиме холостого хода и при изолированной работе.

Исходя из этого при выборе параметров регулятора и агрегата необходимо установить устойчивость регулирования гидроагрегата в случае изолированной его работы и в режиме холостого хода.

НИИВТИ

Поступило 14.IX 1964

Ե. Կ. ԻՐԱՆՅԱՆՆԱՆ

ՀԻՔՐՈԱԿԻՐԳԱՏՆԵՐԻ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՄԵՆ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՎԱՐԱՐ ՊԱՏՄԱՆՆԵՐԻ ՄԵՍՈՒՅ

Ա մ փ ո փ ո ո մ

Հողվածում համատեղ օգտագործելով Ա. Ի. Լուրյեի և Մ. Ա. Ալզերմանի մեթոդները, քննարկվում և բացահայտվում են մեկուսացած աշխատանքի և պարապ քնթացքի ժամանակ հիդրոադրեդատի կարգավորման մեծ կայունության բավարար պայմանները:

(1) Հավասարումների սխառեմը ներկայացնում է ճնշման խողովակաշար-հիդրոադրեդատ-ավտոմատ կարգավորիչ սխառեմի զրգոված շարժումը:

որտեղ L_1 -ը, պարհպատի մեխանիկական մոմենտի և սերվոշարժիչի խարակ-
տերիստիկները ոչ գծային են:

Ուսումնասիրելով տվյալ սխեմայի կարգավորման մեծ կայունության
բավարար պայմանները, նախ երբ (1) սխեմայի պարունակում է միայն մեկ
ոչ գծային խարակտերիստիկ՝ սերվոշարժիչներ ($F_1 = F_2 = 0$), իսկ այնուհետև,
երբ հաշվի է առնվում նաև դժանագնեչի ոչ գծային F_1 և F_2 ֆունկցիաները.
Նոգվածում եզրակացվում է, որ ելքի ու մեխանիկական մոմենտի ոչ գծային
խարակտերիստիկները էսպես ազդում են մեծ կայունության բավարար պայ-
մանների վրա: Հետևապես, հիդրոազրեպատի և կարգավորիչի պարամետրներն
ընտրելիս անհրաժեշտ է նախատես հիդրոազրեպատի կարգավորման կայու-
նությունը մեկուսացված աշխատանքի և նրա պարսպ ընթացքի ժամանակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Иоаннисян Н. К.* О достаточных условиях динамической устойчивости регулирования гидроагрегата. Известия АН Армянской ССР (ТН), XVI, №№ 2—3, 1963.
2. *Картвелишвили И. А.* Неустойчивые режимы в силовых узлах гидроэлектрических станций. М.—Л., 1951.
3. *Лурье А. И.* Некоторые нелинейные задачи теории автоматического регулирования. Гостехиздат, 1951.
4. *Аронович Г. В.* К определению достаточных условий динамической устойчивости энергетических систем. Тр. ВНИИ электроэнергетики, т. IX, 1959.

ГИДРАВЛИКА

В. М. ОВСЕНЯН

УСТАНОВЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ТАРАНА
 НА МАКСИМАЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО
 ДЕЙСТВИЯ

Коэффициент полезного действия гидротаранной установки обычно определяется формулой

$$\eta = \frac{q h}{(Q_1 + q) H} \quad (1)$$

где q нагнетательный расход, Q_1 расход изливаемый тараном, H питательный напор, а h — расчетный нагнетательный напор (рис. 1).

По вопросу определения к. п. д., вычисляемого формулой (1) имеются многочисленные экспериментальные и теоретические исследования [1], [2], [3], иногда приводящие к противоречивым результатам. Не останавливаясь на разборе этих исследований, рассмотрим только формулу С. Д. Чистопольского [2], которая получена на основе теории Н. Е. Жуковского-Бахметьева и представлена в виде

$$\eta = \frac{k^2 v_c^2 - (u - v_n)^2}{v_c^2 \ln \frac{1}{1 - k^2} + \frac{H}{h} k^2 v_c^2 - \frac{H}{h} (u - v_n)^2} \quad (2)$$

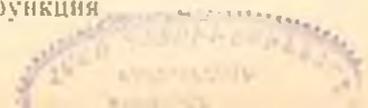
где h равен сумме геометрического нагнетательного напора, считая от ударного клапана до нагнетательного бассейна и потерь напора в нагнетательном трубопроводе. Анализируя результаты, полученные по этой формуле, автор замечает противоречие, заключающееся в том, что увеличение H/h приводит к снижению к. п. д. Чистопольский пытается доказать, что это противоречие кажущееся, однако, его доводы неубедительны.

Действительно, рассматривая случай, когда скорость нагнетания в последней фазе $v_n = 0$, из (2) легко получить выражение

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H}{h} + \frac{\ln \frac{1}{1 - k^2}}{k^2 - \frac{u^2}{v_c^2}} \quad (3)$$

Из этой формулы для заданного значения H/h можно получить наибольший к. п. д., когда $u/v_c = 0$, а функция

ПА-6823



$$\frac{1}{k^2} \ln \frac{1}{1-k^2}$$

принимает наименьшее значение.

Представляя эту функцию в виде степенного ряда

$$\frac{1}{k^2} \ln \frac{1}{1-k^2} = 1 + \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{4} \dots$$

замечаем, что наименьшее значение ее равняется единице. Таким образом, возможно наибольший к. п. д. представится в виде

$$\frac{1}{\eta_{\text{макс}}} = \frac{H}{h} + 1.$$

При $h/H = 2$ получаем $\eta_{\text{макс}} = 2/3$, при возрастании h/H величина η тоже растет, что противоречит действительности. Рассматривая случай, когда $v_0 \neq 0$ приходим к результатам, мало отличающимся от полученных выше. Как же объяснить это противоречие, когда исходя из правильной теории, Чистопольский приходит к ошибочному результату? Причина заключается в том, что в формуле (2) неправильно определяется величина динамического нагнетательного напора. При

работе тарана в конце периода разгона давление перед нагнетательным клапаном не равно атмосферному, как это принимается С. Д. Чистопольским, а давление равно некоторому динамическому значению

$$H = (1 + \zeta_{\text{тр}}) \frac{v^2}{2g}.$$

(рис. 1), где $\zeta_{\text{тр}}$ суммарный коэффициент сопротивления питательного трубопровода до ударного клапана. Следова-

тельно, нагнетание происходит не на высоту h_1 или $h_1 + \Sigma h_w$, а на высоту

$$h_2 = h_1 - H + (1 + \zeta_{\text{тр}}) \frac{v^2}{2g} + \Sigma h_w,$$

где Σh_w включает потери нагнетательного клапана и всего нагнетательного трубопровода.

Обозначим

$$h_1 + \Sigma h_w = h$$

и назовем h расчетным нагнетательным напором, тогда

$$h_2 = h - H + (1 + \zeta_{\text{тр}}) \frac{v^2}{2g}.$$

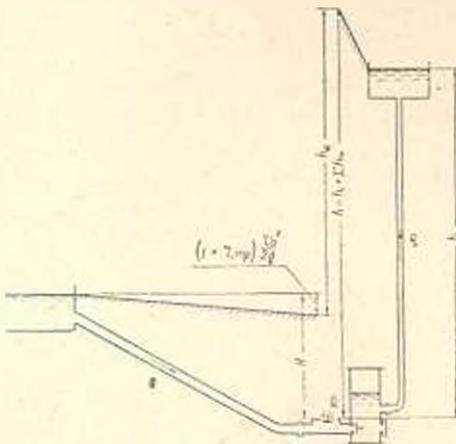


Рис. 1.

Величину h_1 назовем *динамическим нагнетательным напором*. Нагнетание происходит на высоту h_1 , поэтому потерянная скорость для повышения давления будет

$$u = \frac{g h_1}{a}$$

Определим к. п. д. по формуле (1)

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H}{h} \left(1 + \frac{Q_1}{q} \right) \quad (4)$$

Согласно принятым обозначениям здесь расчетный напор

$$h = h_1 + \Sigma h_w.$$

Подставим в (4) значения Q_1 и q . Для значений этих расходов имеем [3] [4]:

$$Q_1 = \frac{k_1 \omega v_c^2}{T}$$

и

$$q = \frac{\omega l (k^2 v_c^2 - u^2)}{2g T h_1}$$

Тогда

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H}{h} \left[1 + \frac{2g h_1 k_1 v_c^2}{l (k^2 v_c^2 - u^2)} \right],$$

или имея ввиду $l = \omega v_c (1 + \zeta_c)$, получим

$$\frac{1}{\eta} = \left[1 + \frac{2g h_1 k_1}{(k^2 v_c^2 - u^2)(1 + \zeta_c)} \right].$$

Подставляя сюда значение h_1 , учитывая, что $v = k v_c$,

$$v_c^2 = \frac{2gH}{1 + \zeta_c} \quad \text{и} \quad k_1 = \ln \frac{1}{1 - k^2}$$

получим

$$\frac{1}{\eta} = \frac{H}{h} + \frac{\left[1 - \frac{H}{h} \left(1 - \frac{1 + \zeta_{sp}}{1 + \zeta_c} k^2 \right) \right] \ln \frac{1}{1 - k^2}}{k^2 - \frac{u^2}{v_c^2}} \quad (5)$$

Как видно из формулы (5), к. п. д. зависит от четырех безразмерных параметров

$$k, \quad \frac{H}{h}, \quad \frac{u}{v_c} \quad \text{и} \quad \frac{1 + \zeta_{sp}}{1 + \zeta_c}.$$

Исследуем частное влияние отношения H/h на величину к. п. д., принимая постоянными остальные параметры:

$$\frac{\partial \left(\frac{1}{\eta} \right)}{\partial \left(\frac{H}{h} \right)} = 1 - \frac{\ln \frac{1}{1 - k^2} \left(1 - k^2 \frac{1 + \zeta_{sp}}{1 + \zeta_c} \right)}{k^2 - \frac{u^2}{v_c^2}}.$$

Так как коэффициент разгона k колеблется в пределах от нуля до единицы, то величина

$$\ln \frac{1}{1-k^2}$$

всегда положительна, следовательно, всегда

$$\frac{\ln \frac{1}{1-k^2} \left(1-k^2 \frac{1+\zeta_{тр}}{1+\zeta_c} \right)}{k^2 - \frac{u^2}{v^2}} > 0.$$

Численное значение этой дроби при практических значениях $\frac{u}{v_c}$ и $\frac{1+\zeta_{тр}}{1+\zeta_c}$ больше единицы. Поэтому практически получается

$$\frac{\partial \left(\frac{1}{\gamma} \right)}{\partial \left(\frac{H}{h} \right)} < 0.$$

Следовательно, при увеличении H/h величина $1/\gamma$ убывает, т. е. к. п. д. возрастает, что и наблюдается на практике.

Представление γ в функции безразмерных параметров дает возможность легко определить параметры установки для режима работы ее на максимальный к. п. д.

Многочисленные проверочные расчеты показывают, что отношение

$$\frac{1+\zeta_{тр}}{1+\zeta_c}$$

очень слабо влияет на величину к. п. д. Тогда заменяя это отношение некоторым его практически осредненным значением, можно рассматривать к. п. д. как функцию трех безразмерных параметров:

$$k, \frac{H}{h}, \frac{u}{v_c}.$$

Для данной конкретной установки отношение H/h и u/v_c заданные постоянные величины. От режима работы зависит только коэффициент разгона k . Представленный формулой (5) к. п. д. в зависимости от k имеет максимум. Оптимальные значения k и соответствующие им значения γ_{\max} , вычисленные на основании (5) представлены в табл. 1.

Табличные данные хорошо аппроксимируются приближенной формулой

$$\gamma_{\max} = 1 - 1.1 \frac{u}{v_c} - 0.002 \frac{h}{H}. \quad (6)$$

С целью определения режима установки на максимальный к. п. д. необходимо для данной установки определить отношение H/h , $\frac{u}{v_c}$, и

Таблица 1

Оптимальные значения коэффициента разгона k и соответствующие им значения

H		η_{\max}									
		a/g									
		0,05		0,10		0,15		0,20		0,25	
h	k	η_{\max}									
0,05	0,26	0,93	0,37	0,86	0,45	0,80	0,51	0,73	0,57	0,67	
0,10	0,26	0,93	0,36	0,87	0,44	0,80	0,51	0,74	0,56	0,67	
0,15	0,25	0,93	0,36	0,87	0,44	0,80	0,50	0,74	0,56	0,68	
0,20	0,25	0,93	0,35	0,87	0,43	0,81	0,49	0,74	0,55	0,68	
0,25	0,21	0,94	0,34	0,87	0,42	0,81	0,49	0,75	0,54	0,69	
0,30	0,23	0,94	0,33	0,88	0,41	0,82	0,48	0,75	0,53	0,69	
0,35	0,23	0,94	0,33	0,88	0,40	0,82	0,48	0,76	0,52	0,70	
0,40	0,23	0,94	0,32	0,88	0,40	0,82	0,47	0,76	0,52	0,70	
0,45	0,22	0,94	0,32	0,88	0,39	0,83	0,46	0,77	0,51	0,71	
0,50	0,22	0,94	0,31	0,89	0,39	0,83	0,45	0,77	0,51	0,71	

H		a/g									
		0,30		0,35		0,40		0,45		0,50	
h	k	k	η_{\max}	k	η_{\max}	k	η_{\max}	k	η_{\max}	k	η_{\max}
0,05	0,62	0,61	0,67	0,55	0,71	0,49	0,75	0,43	0,78	0,39	
0,10	0,62	0,61	0,66	0,56	0,71	0,50	0,74	0,44	0,78	0,39	
0,15	0,61	0,62	0,66	0,56	0,70	0,50	0,74	0,45	0,78	0,39	
0,20	0,60	0,62	0,65	0,56	0,70	0,51	0,74	0,45	0,77	0,40	
0,25	0,60	0,63	0,65	0,57	0,69	0,51	0,73	0,46	0,77	0,40	
0,30	0,59	0,63	0,64	0,57	0,69	0,52	0,73	0,46	0,77	0,41	
0,35	0,58	0,64	0,64	0,58	0,68	0,52	0,72	0,47	0,76	0,41	
0,40	0,58	0,64	0,63	0,58	0,67	0,53	0,72	0,47	0,76	0,42	
0,45	0,57	0,65	0,62	0,59	0,67	0,53	0,71	0,48	0,75	0,42	
0,50	0,56	0,66	0,61	0,60	0,66	0,54	0,70	0,48	0,74	0,43	

этими данными по таблице взять оптимальное значение коэффициента разгона k .

Далее определяется период одного цикла T и оптимальное число ударов в минуту [3]

$$N = \frac{60}{T}$$

Для регулирования установки на максимальный к. п. д., необходимо установить нормальный ход ударного клапана $\left(\frac{d}{4}\right)$ и изменением веса клапана или жесткости регулирующей пружины добиться оптимального числа ударов.

Վ. Մ. ՀՈՂԱԵՓՅԱՆ

ՏԱՐԱՆԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՌԵՃԻՄԻ ՈՐՈՇԵԼԸ ԿԱՔՍԻՈՒԱԿ ՕԳՏԱԿԱՐ
ԳՈՐԾՈՂԱԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՀԱՄԱՐ

Ա մ փ ո փ ու ռ ը

Տարանային կայանքների նախագծման և զործող տարանի աշխատանքի կարգավորման ժամանակ մարտիմայ սզտակար գործողություն գործակցի համապատասխան ռեժիմ հաստատելը ունի կարևոր նշանակություն:

Օ. գ. գ.-ի (չ) գոյություն ունեցող բանաձևերով այդ ռեժիմի որոնելը կապված է հաշվային դժվարությունների հետ:

Հոդվածում քննադատական դիտողությունն է արված Մ. Դ. Չիստոպոլսկու բանաձևի վերաբերյալ, արված է Վ.-ի ճշտված բանաձև և այն ներկայացված է որպես F և U վերացական պարամետրերի ֆունկցիա:

Կազմված է K -ի օպտիմալ արժեքների և նրանց համապատասխանող γ -ի մաքսիմալ արժեքների աղյուսակ, կախված է F և U վերացական հարաբերություններից: Օղտվելով այդ աղյուսակից կոնկրետ խնդրի զեպրում անմիջապես կարելի է որոշել տարանի օպտիմալ աշխատանքի պարամետրերը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бубекин Б. М. Гидравлический таран. Бюллетень Политехнического общества, М., 1910.
2. Чистопольский С. Д. Гидравлический таран. М., 1936.
3. Овсепян В. М. Гидравлический таран (на армянском языке). Ереван, 1955.
4. Овсепян В. М. Метод непосредственного определения максимальной производительности гидротаранной установки. Известия АН Армянской ССР, серия Т. Н. № 2, 1966.

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ СООРУЖЕНИЯ

С. С. ДАРВИНЯН

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИЛ В СООРУЖЕНИЯХ
 ЗА ПРЕДЕЛОМ УПРУГОСТИ

В данной статье рассматривается задача упруго-пластического колебания системы с одной степенью свободы под действием сейсмических сил по реальным акселерограммам землетрясений интенсивности 7 и 8 баллов.

Допускается, что упруго-пластические свойства системы характеризуются зависимостью между силой и перемещением по закону линейного упрочнения (рис. 1). Такая зависимость имеет то преимущество, что из можно более точно воспроизвести нелинейную диаграмму „сила-перемещение“ и учитывать свойства упрочнения материала.

Предположим, что начиная с какого-то момента когда $x = x_1 = \chi x_{\text{упр}}^{\text{max}}$ ($\chi < 1$) в рассматриваемой системе начинают появляться пластические деформации. Тогда движение переходит в зону 1—2 и поэтому связь между силой и перемещением подчиняется другому закону. Как только движение доходит до точки 2 (в этот момент скорость равняется нулю) начинается зона разгрузки. Далее идет нагружение обратного знака, затем снова зона разгрузки и т. д. Для разных зон упруго-пластического нагружения и разгрузки движение опишется разными дифференциальными уравнениями, при решении которых учитываются условия неразрывности деформаций и скоростей в точках перехода (точки 1, 2, 3, 4... на рис. 1). Эти уравнения здесь не приводятся, их можно найти в [2, 3].

Нетрудно убедиться, что смещение, скорость и ускорение данной системы для всех зон нагружения и разгрузки определяются соответственно следующими формулами:

$$x_{k, k+1} = \left[x_k \cos p_k (t - t_k) + \frac{1}{p_k} \left(\dot{x}_k + \frac{1}{2} \gamma p_k x_k \right) \sin p_k (t - \right.$$

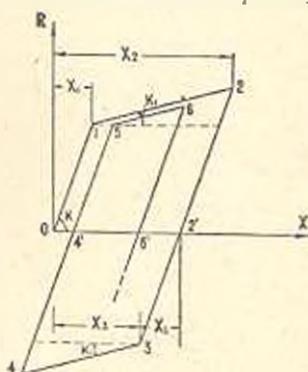


Рис. 1. Диаграмма „сила-перемещение“.

$$\begin{aligned}
 -t_k) \Big] e^{-\frac{\alpha}{2} p_k (t-t_k)} - \frac{1}{p_k} \int_{t_k}^t \left\{ x_k'(u) + \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \left[(1-\psi) \beta_k x_k - (1-\psi)(1-\beta_k)(x_k - \right. \right. \\
 \left. \left. - x_{k-1}) - \bar{x}_k \right] \right\} e^{-\frac{\alpha}{2} p_k (t-u)} \cdot \sin p_k (t-u) du, \\
 x_{k+1}^* = \left\{ x_k^* \cos p_k (t-t_k) - \left[\frac{\alpha}{2} x_k^* + \left(1 + \frac{\alpha^2}{4} \right) p_k x_k \right] \sin p_k (t - \right. \\
 \left. - t_k) \right\} e^{-\frac{\alpha}{2} p_k (t-t_k)} - \int_{t_k}^t \left\{ x_k'(u) + \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \left[(1-\psi) \beta_k x_k - (1-\psi)(1 - \right. \right. \\
 \left. \left. - \beta_k)(x_k - x_{k-1}) - \bar{x}_k \right] \right\} \left[\cos p_k (t-u) - \frac{\alpha}{2} \sin p_k (t-u) \right] e^{-\frac{\alpha}{2} p_k (t-u)} du, \\
 \alpha = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \left\{ [1 - \beta_k (1 - \psi)] x_k + (1 - \psi) [\beta_k x_k - (1 - \beta_k)(x_k - x_{k-1})] - \bar{x}_k \right\},
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 p_k^2 &= \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 [1 - \beta_k (1 - \psi)], \\
 \beta_k &= \begin{cases} 0 & \text{при } k = 2, 4, 6 \dots \\ 1 & \text{при } k = 1, 3, 5 \dots \end{cases}
 \end{aligned}$$

Здесь x_k — значения смещения в точках перехода, t_k — моменты времени в точках перехода, \bar{x}_k — значения смещения в точках 2', 4', 6'.

Допуская, что площадь петли гистерезиса во много раз будет превышать площадь петли гистерезиса от упругих колебаний и влияние затухания будет мало, принимаем $\alpha = 0$. При относительно малой доли деформации пластичности рассматривается также случай когда $\alpha \neq 0$.

Закон колебания почвы $x_k^*(t)$ примем по реальным акселерограммам четырех землетрясений [3]. В основу вычислений взяты именно эти акселерограммы с целью сопоставления полученных результатов с данными [4].

Э. Е. Хачияном были увеличены акселерограммы в 30—40 раз и измерялись значения ускорений по средней линии. При табулировании были взяты интенсивные участки на акселерограммах с продолжительностью времени соответственно 5,999 сек, 5,411 сек, 5,333 сек, 3,186 сек. Соответствующие интервалы времени измерения величин ускорений для акселерограмм 1—4 оказались равными 0,0226 сек, 0,0235 сек, 0,0222 сек, 0,0162 сек. Характеристики указанных землетрясений и метод табулирования приводится в [3].

Задача была решена на электронно-вычислительной машине на основании выражений (2) при соответствующих условиях перехода от одной зоны к другой с использованием значений $x_k^*(t)$ в табличной форме.

Вычисления были произведены для значений коэффициента пластичности: $\eta = 0.3, 0.5, 0.7$; коэффициента упрочнения $\psi = \frac{k_1}{k} = 0.01, 0.3, 0.5, 0.8$ и периода собственных колебаний T от 0,1 до 3,5 сек.

Программа вычислений была составлена таким образом, чтобы можно было оценить влияние пластических деформаций на величины максимальных ускорений, перемещений и остаточных деформаций.

Чтобы на диаграмме „сила-перемещение“ найти точку начала появления пластических деформаций, необходимо иметь решение задачи при чисто упругих колебаниях, т. е. иметь значения $x_{\text{упр}}^{\text{max}}$. Поэтому сперва была решена задача в предположении чисто упругой работы рассматриваемой системы для всех четырех землетрясений. Были найдены также величины $x_{\text{упр}}^{\text{max}}$ для всех значений T , приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Значения максимальных ускорений при упругом расчете в $\frac{\text{см}}{\text{сек}^2}$

T	Землетрясение № 1	Землетрясение № 2	Землетрясение № 3	Землетрясение № 4
0,10	186,9	620,8	- 518,2	130,1
0,15	369,1	- 526,2	- 783,3	306,7
0,20	- 503,4	- 489,2	1103,9	- 308,0
0,25	408,5	- 946,9	- 1518,5	384,7
0,30	536,3	- 787,6	- 1253,7	187,3
0,35	583,0	- 906,0	- 1860,3	317,1
0,40	- 188,2	385,6	- 1050,2	130,3
0,45	- 102,6	- 448,3	- 2037,2	- 178,6
0,50	- 131,3	- 497,1	968,0	- 172,3
0,60	355,6	366,9	- 1131,7	105,8
0,70	- 81,5	- 156,8	- 846,8	- 87,9
0,80	74,7	- 223,7	325,3	- 100,7
	39,8	164,2	- 240,5	- 75,7
0,90	30,3	- 128,1	161,2	51,6
1,00	- 18,2	69,7	94,8	- 40,5
1,20	20,7	- 68,0	127,9	37,0
1,40	17,0	43,2	- 182,7	33,2
1,60	13,3	- 25,0	- 214,4	25,4
1,80	12,6	- 22,3	181,9	19,3
2,00	- 11,7	11,6	- 128,0	13,6
2,50	- 10,2	8,4	88,8	- 12,5
3,00	- 8,3	- 6,9	- 57,3	10,7
3,50				

Имея $x_{\text{упр}}^{\text{max}}$ находим момент времени t_1 , при котором $x_{0,1} = \eta x_{\text{упр}}^{\text{max}}$ (момент начала появления пластических деформаций). Далее решение задачи осуществляется указанным выше методом.

На печатающем устройстве машины записывались значения ускорений во всех точках перехода диаграммы „Сила-перемещение“ (точки 1, 2, 3, ...) с соответствующими моментами времени. Для 12 значений T при разных η и ψ записывались величины ускорений во времени.

При этом в зависимости от характера акселерограмм машинный шаг времени уменьшался до 0,001 от шага табулирования. На рис. 2

показаны два случая изменения ускорения во времени. Из рис. 2 видно, что кривые ускорения сглаживаются по отношению к акселерограмме.

Имея значения ускорений и смещений в точках перехода от одной зоны к другой имеем возможность построить индикаторные кривые „восстанавливающая сила-перемещение“. Нами получено 1056 таких кривых (не считая случая $\alpha \neq 0$), из них 22 приведены на рис. 3.

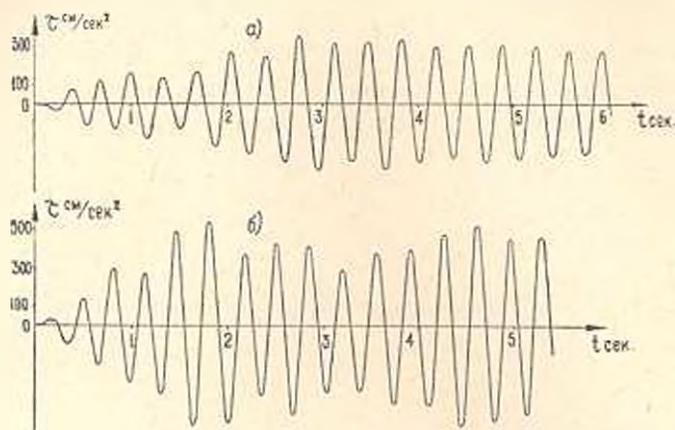


Рис. 2. Изменение ускорения во времени при $T=0,35$ сек., $\eta = 0,5$:
а) при землетрясении № 1; б) при землетрясении № 2

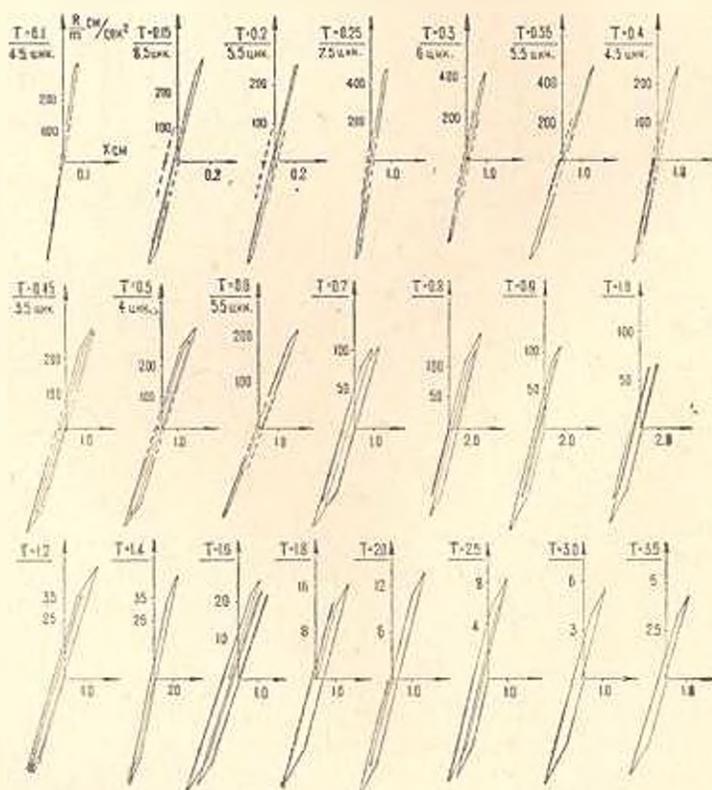


Рис. 3. Индикаторные кривые „восстанавливающая сила-перемещение“ при землетрясении № 2, при $\eta = 0,5$.

В большинстве случаев получается большое количество циклов нагрузки и разгрузки, однако они полностью на графиках не показаны во избежание усложнения чертежа. Но там, где не приведены все циклы, указано их количество. На этих индикаторных кривых пунктирами показаны предельные области расширения петель гистерезиса, т. е. даны их границы слева и справа. Жирной точкой обозначено новое начало координат, относительно которого система продолжает упругие колебания. Число циклов получается больше при малых значениях η и больших значениях ψ . Для очень гибких сооружений получается меньшее количество циклов. Иногда даже один или два

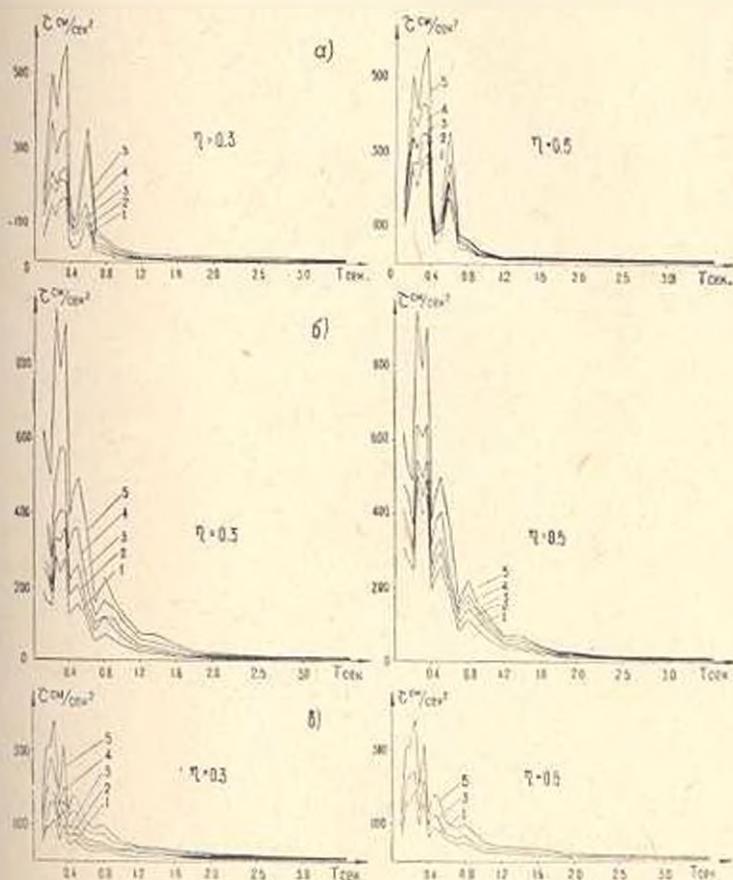


Рис. 4. Спектры максимальных ускорений: 1— $\psi=0,01$; 2— $\psi=0,3$; 3— $\psi=0,5$; 4— $\psi=0,8$; 5— $\psi=1,00$; а) При землетрясении № 1, б) При землетрясении № 2; в) При землетрясении № 3.

цикла. Кроме этого с увеличением η увеличивается площадь петли гистерезиса.

На основании величин ускорений в точках перехода диаграммы (рис. 1) находим их максимальные значения для разных периодов собственных колебаний. Эти значения для четырех землетрясений приведены в таблицах 2—5. С помощью этих таблиц построены спек-

Таблица 2

Значения максимальных ускорений в $g \cdot \text{сек}^2$ при землетрясении № 1

T	$\eta = 0,3$				$\eta = 0,5$				$\eta = 0,7$			
	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$
0,10	65,0	121,4	121,6	-146,7	95,4	121,9	126,8	152,2	131,8	141,8	149,8	162,7
0,15	-113,3	-170,9	-203,0	-248,7	-186,8	-221,5	-241,0	268,5	260,6	279,1	291,8	325,0
0,20	153,5	205,6	-240,8	-375,3	-259,4	-272,4	-343,8	-393,5	354,9	385,0	405,5	-442,8
0,25	-124,9	189,5	210,2	291,4	206,2	268,8	311,5	368,8	-288,5	-326,2	338,2	-356,5
0,30	169,3	222,1	241,7	340,2	277,2	329,7	349,9	432,0	378,8	431,2	464,6	512,4
0,35	177,2	-214,9	-256,3	-353,9	294,5	323,1	-349,6	-425,4	-409,6	-435,8	-459,8	-508,2
0,40	-58,1	-92,5	-107,4	134,2	95,1	-121,1	-137,1	147,4	-132,5	-150,9	-162,9	-180,2
0,45	-32,1	-74,0	-83,5	-88,8	-52,4	74,5	78,7	-93,3	72,4	-82,6	-89,1	-98,1
0,50	-10,7	-79,1	-101,0	-111,8	-67,0	-89,7	-102,9	-119,5	-92,7	-103,1	-110,3	-121,5
0,60	-107,3	-126,8	-152,3	321,1	-179,3	-198,6	-215,6	-272,6	-250,1	-267,8	-281,9	-306,7
0,70	-25,5	-37,7	48,9	-71,0	-41,0	58,0	65,1	-75,1	-57,5	-67,2	-72,5	-78,6
0,80	-22,8	-33,8	-41,8	57,4	-37,9	-46,1	-51,6	63,6	52,5	56,6	60,8	68,6
0,90	12,1	-17,9	-23,3	-32,3	-20,2	-25,0	-29,3	-33,0	-28,0	-30,4	-32,0	-34,4
1,00	9,4	15,6	-20,0	-26,2	15,4	-20,0	-23,1	-27,5	-21,4	-24,1	-25,9	-28,6
1,20	5,8	9,2	11,3	-14,8	9,2	-11,9	13,7	-16,5	-12,8	-14,5	-15,6	-17,2
1,10	6,2	7,3	8,1	9,6	-10,5	-14,1	-16,3	-19,1	-14,6	-16,5	-17,9	-19,6
1,60	5,1	0,1	6,9	-8,5	-8,8	-11,4	-13,1	-15,5	-12,0	-13,5	-14,6	-16,0
1,80	1,1	5,5	6,0	-7,3	-6,7	-6,7	-6,7	-6,8	-9,4	-10,6	-11,4	-12,6
2,00	3,9	5,6	6,5	7,6	6,3	6,9	7,3	7,8	-8,9	-10,1	-10,8	-11,9
2,50	3,6	6,2	7,4	9,0	-6,0	-7,7	-8,9	-10,6	-8,2	-9,3	-10,0	-11,0
3,00	-3,3	5,6	6,8	8,3	5,2	6,5	7,3	8,4	7,2	7,7	8,1	8,9
3,50	2,6	4,6	5,7	7,1	4,2	5,3	6,0	7,2	-5,8	-6,6	-7,1	-7,8

Таблица 3

Значения максимальных ускорений в g при землетрясении № 2

T	$\eta = 0,3$				$\eta = 0,5$				$\eta = 0,7$			
	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$
0,10	188,8	253,9	279,6	358,7	313,2	372,2	413,4	482,8	438,9	476,6	505,1	553,0
0,15	160,4	232,4	254,1	372,0	265,4	335,1	356,5	440,9	371,9	413,9	446,4	495,5
0,20	148,4	277,8	209,3	273,1	246,5	273,1	304,0	363,9	343,6	367,3	393,1	440,0
0,25	287,0	335,0	375,7	480,4	476,2	508,6	543,6	641,4	665,3	695,2	720,6	811,8
0,30	238,7	322,3	404,7	578,4	396,4	446,8	496,3	601,9	553,6	581,2	603,1	682,7
0,35	275,1	353,6	402,6	567,6	456,3	497,3	543,4	640,5	637,0	693,4	699,5	785,1
0,40	119,4	176,6	217,8	304,9	196,2	230,2	262,5	322,1	273,7	296,1	314,8	346,3
0,45	140,3	193,2	242,1	350,4	231,3	276,0	313,9	383,6	322,9	357,0	380,4	414,9
0,50	155,1	207,9	259,1	359,0	257,2	298,8	335,7	405,4	358,6	384,5	401,4	445,9
0,60	113,8	136,1	158,3	222,0	189,2	205,2	221,8	257,5	264,5	278,0	296,0	320,0
0,70	49,6	76,1	99,5	121,6	81,4	102,6	129,5	131,8	113,4	125,9	131,5	146,2
0,80	68,9	113,2	117,8	161,5	113,3	144,1	163,0	188,9	157,4	171,5	181,2	197,5
0,90	53,4	84,9	108,1	145,7	88,0	118,5	135,9	143,3	122,7	138,9	149,2	163,5
1,00	39,1	59,1	76,3	106,0	61,8	84,2	97,3	116,0	90,3	102,4	110,2	121,3
1,20	21,3	32,0	39,9	56,9	35,2	43,1	48,7	60,0	49,0	54,2	58,3	65,1
1,40	20,7	28,1	33,0	47,5	34,3	40,5	45,8	55,1	47,8	51,9	55,6	62,6
1,60	14,2	18,1	23,0	32,8	21,8	26,5	29,9	36,8	30,4	34,2	36,8	40,7
1,80	7,7	11,8	14,5	18,3	12,6	16,6	19,1	22,9	17,6	20,0	21,6	23,4
2,00	6,8	9,9	12,0	18,3	11,2	14,0	15,7	19,5	15,7	17,4	18,7	20,8
2,50	3,6	6,0	7,5	10,5	5,9	7,2	8,6	10,1	8,1	8,8	9,4	10,6
3,00	2,6	3,8	4,6	6,0	4,3	5,5	6,3	7,6	5,9	6,7	7,2	7,9
3,50	2,1	2,6	2,9	3,6	3,5	4,1	5,0	6,0	4,8	5,3	5,7	6,3

Таблица 4

Значения максимальных ускорения в см/сек^2 при землетрясении № 3

T	$\eta = 0,3$				$\eta = 0,5$				$\eta = 0,7$			
	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$
0,10	198,1	-324,5	-420,9	-177,2	261,1	-372,5	-436,6	-476,5	-367,3	-417,0	-446,3	-484,9
0,15	218,6	326,9	395,3	-536,8	394,6	-462,6	516,5	618,3	-550,4	-608,4	-654,3	-729,3
0,20	341,0	568,3	615,0	766,2	-555,8	643,8	-692,1	804,5	778,8	820,2	860,9	971,0
0,25	461,7	596,1	-732,3	-940,4	761,1	-864,0	-981,7	-1227,7	1071,1	-1155,1	-1253,0	-1427,3
0,30	-383,1	-608,0	-774,6	-891,0	-630,9	-720,2	783,9	923,6	-881,6	-929,6	-983,1	-1105,6
0,35	569,6	781,8	864,5	1173,1	938,7	1094,9	1229,7	1456,6	1310,4	1439,4	1523,5	1645,9
0,40	-323,1	-537,0	-694,1	-815,4	-532,3	-659,8	-750,1	-845,7	-740,6	-802,2	-842,2	-998,9
0,45	617,5	775,0	905,3	1236,4	-1028,9	-1151,6	-1259,8	-1571,3	-1435,9	-1544,9	-1629,6	-1835,2
0,50	294,3	417,7	520,3	729,9	-487,9	592,4	682,8	814,9	681,0	768,8	827,2	913,1
0,60	-317,8	-471,7	558,6	-791,3	-569,0	643,6	714,2	-874,0	794,7	-837,4	-880,6	971,6
0,70	256,0	322,3	-384,2	-558,5	-426,1	-480,4	-536,3	645,3	-594,4	-632,5	-657,6	-728,1
0,80	-100,1	-155,3	-183,3	247,5	-163,6	192,5	218,7	266,6	229,0	251,4	266,5	-296,0
0,90	74,1	119,7	143,3	-193,3	121,4	147,3	-166,1	-209,6	-169,2	-186,1	-200,4	-223,8
1,00	50,6	-85,0	-102,5	133,0	81,6	91,3	123,5	116,7	113,6	129,2	139,1	152,8
1,20	35,0	82,6	-85,0	88,0	50,0	-70,7	-80,9	-85,1	-68,5	-76,6	-81,0	-89,1
1,40	-12,6	88,7	109,4	126,6	66,8	94,1	108,0	122,4	92,5	105,9	113,6	124,1
1,60	56,3	95,5	119,4	-156,1	92,5	118,9	135,0	-160,3	128,5	142,0	150,5	-168,3
1,80	65,6	98,9	120,5	-163,3	108,1	129,4	-142,8	-176,3	-150,4	-161,9	-171,6	-188,8
2,00	56,1	85,8	106,5	-140,6	91,9	113,9	127,4	-151,1	127,7	136,9	-141,6	162,5
2,50	39,2	64,5	83,0	110,1	64,9	86,3	98,8	114,6	90,0	100,8	107,8	117,1
3,00	27,1	11,1	53,4	74,2	44,9	57,2	66,0	79,7	62,5	70,6	75,9	83,8
3,50	-17,5	-25,1	32,5	46,1	28,9	35,5	40,9	49,9	40,3	45,0	48,3	53,2

Значения максимальных ускорений в cm/sec^2 при землетрясении № 4

Таблица 5

T	$\eta = 0,3$				$\eta = 0,5$				$\eta = 0,7$			
	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$	$\psi = 0,01$	$\psi = 0,3$	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,8$
0,10	18,6	76,7	82,9	106,7	72,3	87,4	- 96,3	-115,9	- 99,6	-110,1	-116,4	-124,9
0,15	93,7	-105,9	-186,6	203,4	154,7	189,0	214,8	255,0	215,5	242,9	261,4	289,0
0,20	95,2	162,8	209,6	273,1	155,7	197,9	228,2	275,3	216,9	243,4	261,9	289,9
0,25	-117,6	-159,3	179,6	-237,8	193,5	220,4	243,5	-298,6	270,5	-289,0	-307,6	-344,3
0,30	57,0	91,0	-114,0	-147,2	91,9	115,1	138,3	-161,0	-131,7	-146,9	-158,1	-175,6
0,35	99,0	136,2	160,9	202,0	163,7	199,1	223,4	258,9	-229,0	-246,6	261,2	298,3
0,40	10,6	-84,9	-90,4	121,8	-66,4	-90,6	-98,8	125,8	92,1	102,0	109,0	126,8
0,45	54,3	-72,8	-91,4	-138,8	90,3	112,7	129,2	-157,3	125,8	139,0	147,7	160,4
0,50	52,4	75,0	95,1	130,0	86,7	-101,1	113,3	-137,2	-121,0	-129,1	-134,4	-153,6
0,60	32,6	-16,9	-59,6	81,5	53,8	-63,5	-70,9	90,0	-75,1	81,7	87,8	98,8
0,70	26,2	-40,2	-52,8	-74,4	-43,2	-53,9	-62,2	-76,0	60,5	68,2	73,1	80,0
0,80	30,4	-40,2	-49,5	-74,2	-50,5	-60,3	-68,3	-85,2	70,5	78,1	83,5	91,9
0,90	23,1	31,1	38,9	51,7	38,1	44,2	48,1	-59,3	-53,2	-56,9	-60,1	-67,8
1,00	16,1	-28,2	-33,4	-48,3	-26,1	-31,6	-35,4	-44,9	-36,3	-40,2	-43,3	-48,2
1,20	12,7	-23,8	-29,7	-36,8	-20,6	-27,6	-31,9	-37,4	-28,6	-32,5	-35,0	-38,5
1,40	11,4	19,7	21,6	31,9	-18,7	-23,9	-27,2	-32,3	-26,0	-28,7	-30,5	-33,1
1,60	10,2	16,5	17,9	25,2	16,8	20,4	-22,8	-28,7	-23,3	-24,8	-25,9	-27,4
1,80	8,0	13,2	16,4	-20,6	12,9	16,2	-18,3	-21,3	-17,9	-19,5	-20,6	-22,1
2,00	6,1	10,6	13,4	-17,1	9,8	-12,9	-14,9	-17,6	-13,6	-15,4	-16,7	-18,2
2,50	4,3	9,2	11,1	-11,1	6,9	-10,3	-10,1	-11,9	-9,5	-10,6	-11,3	-12,3
3,00	3,9	7,4	9,4	-11,5	6,4	8,7	-10,0	-11,6	-8,8	-10,0	-10,8	-11,9
3,50	3,3	6,4	7,6	-9,6	5,4	7,2	-8,3	-9,8	-7,5	-8,5	-9,2	-10,1

тры максимальных ускорений, некоторые из которых для разных γ и δ приведены на рис. 4 и 5. На этих же рисунках показаны спектры ускорений при чисто упругих колебаниях, т. е. когда $\delta=1,00$. Из этих графиков видно, что спектры ускорений при упруго-пластическом решении задачи по своим характерам идентичны спектрам при упругих колебаниях. Пики в обоих случаях получаются примерно

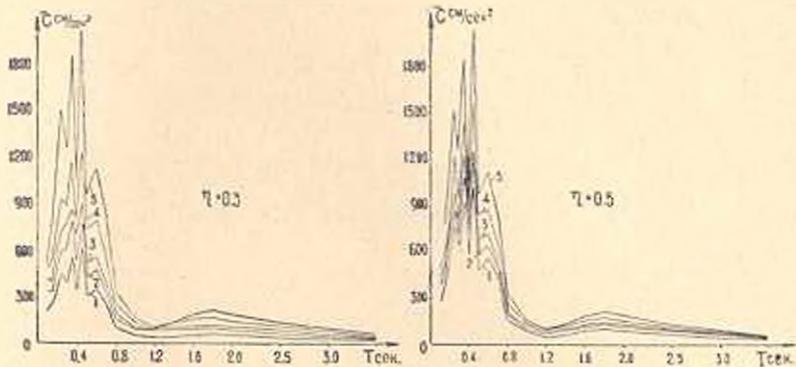


Рис. 5. Спектры максимальных ускорений при землетрясении № 3.

для одного и того же значения периода собственных колебаний. Ускорения имеют большие значения в интервале $0,2 < T < 0,8$ с резкими изменениями на этом участке.

Анализ всех полученных спектров ускорений показывает, что учет упруго-пластических деформаций приводит к уменьшению величины сейсмических сил в среднем на 40—45%, а в отдельных случаях даже больше. Это влияние особенно увеличивается для очень гибких сооружений. Таким образом, при расчете сооружений на сейсмостойкость необходимо учесть пластические свойства сооружений, ибо они приводят к существенному уменьшению сейсмических сил.

Отметим, что все выводы справедливы для случая, когда затухание равно нулю, однако в дальнейшем покажем, что и при $\alpha \neq 0$ получаются аналогичные результаты.

В обработке результатов вычислений принимал участие Р. Г. Манцелян, которому автор приносит свою благодарность.

ИГИС АН АрмССР

Поступило 15.IV 1966

Ա. Ա. ԿԱՐԵՆՅԱՆ

ԱՌԱՋԿԱՆԱՆՈՒԹՅԱՆ ՍԱՀՄԱՆԻՑ ԳՈՒՐԱ ՊՆՆԵՂՂ ԿԱՌՈՒՅՎԱՆՔՆԵՐՈՒՄ
ՍԵՅՍՄԵԿ ՈՒՒՆԻՐԻ ՈՐՈՇՊԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. Վ. Ի. Ն. Ի. Ն. Ի. Ն. Ի. Ն.

Հողվածում դիտարկվում են ազատության մեկ աստիճան ունեցող սխեմների առաձգա-պլաստիկական աստատումները γ և δ բաղ ուժ ունեցող երկրաշարժերի ազդեցության տակ: Ընդունվում է, որ սխեմների առաձգա-պլաս-

տիվական հատկությունները լինութագրվում են դժային ամրացման օրենքով (եկ. 2)։ Շարժման դիֆերենցիալ հավասարումները և նրանց լուծումները բեռնավորման և բեռնաթափման զոնաների համար կլինեն տարրեր, ըստից որանք կրարելի է ներկայացնել մեկ ընդհանուր բանաձևով (1)։

Խնդիրը լուծվում է էլեկտրոնային հաշվիչ մեթոդային միջոցով, հիմք ընդունելով (1) հավասարումը և սված երկրաշարժերի աքսելերոգրամաները, որոնք նախապես ներկայացվում են աղյուսակի ձևով։ Կատարված հաշվումների հիման վրա կառուցված են մաքսիմում արագացումների (սեյսմիկ ուժերի) սպեկտրները տարրեր պլաստիկության և ամրացման զործակիցների դեպքում։

Կատարված ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ կառուցվածքների սեյսմոկայունության հաշվարկների ժամանակ պլաստիկ դեֆորմացիաների հաշվի առնելը բերում է սեյսմիկ ուժերի զգալի փոքրացման՝ միջին հաշվով մոտավորապես 40—45%։ Առանձին դեպքերում այդ փոքրացման շտիբ ավելի մեծ է լինում։ Հետևապես կառուցվածքների հաշվարկի դեպքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել նրանց առաձգա-պլաստիկական հատկությունները, քանի որ դրանք բերում են սեյսմիկ ուժերի զգալի փոքրացման։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дарбинян С. С. К вопросу колебания системы с одной степенью свободы с учетом упруго-пластических деформаций. Известия АН Армянской ССР (серия ТН), т. XII, № 1, 1959.
2. Дарбинян С. С. Сдвиговые колебания системы со многими степенями свободы за пределами упругости. Известия АН Армянской ССР (серия ТН), т. XIII, № 1, 1960.
3. Хачиян Э. Е. Расчет сооружений на сейсмостойкость по акселерограммам сильных землетрясений. Известия АН Армянской ССР (серия ТН), т. XV, № 3, 1962.
4. Хачиян Э. Е. Расчет сооружений на сейсмостойкость с учетом упруго-пластических деформаций. Известия АН Армянской ССР (серия ТН), т. XVII, № 1, 1964.

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ СООРУЖЕНИЙ

М. Г. ХАЧИЯН

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЖИДКОСТНОГО
 ДАТЧИКА УСКОРЕНИЙ*

Для измерения ускорений при испытании сооружений и конструкций на динамические нагрузки автором [4, 5] был предложен жидкостный датчик ускорений, который получил применение на практике [1, 3]. Датчик состоит из стального пустотелого цилиндра, закрытого по торцам тонкими пластинками и заполненного жидкостью

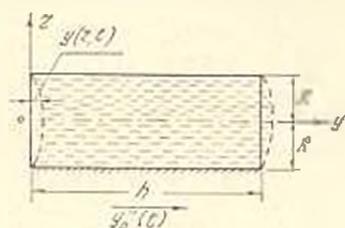


Рис. 1.

(рис. 1). Ниже приводится теоретический анализ принципа работы датчика ускорений.

Рассмотрим сначала свободные колебания датчика. При этом силами демпфирования пренебрегаем так как их влияние на частоту свободных колебаний датчиков мало.

Задаемся следующей приближенной формой изгиба пластинки датчика (рис. 1)

$$y(r, t) = \frac{c}{2} \left(1 + \cos \frac{\pi r}{R} \right) \sin \omega t, \quad (1)$$

где C — прогиб центра пластинки;

ω — круговая частота свободных колебаний.

Тогда частоту свободных колебаний датчика легко определить энергетическим способом.

Элементарная кинетическая энергия полого цилиндра с толщиной стенки dr будет:

$$\frac{2\pi r \gamma n dr}{g} \frac{v^2}{2},$$

где v — скорость частицы жидкости;

γ — плотность жидкости;

g — ускорение силы тяжести.

Полная кинетическая энергия будет равна:

* Научный руководитель академик АН Армянской ССР А. Г. Назаров

$$E = \int_0^R \frac{2\pi r h \gamma dr}{g} \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

Имея в виду, что

$$v = \frac{\partial y}{\partial t}$$

$$E = \int_0^R \frac{2\pi \bar{r} \bar{h} \bar{\gamma} d\bar{r}}{g} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{C}{2} \left(1 + \cos \frac{\pi r}{R} \right) \omega \cos \omega t \right]^2 = 0,279 \frac{C^2 h \gamma \cos^2 \omega t R^2}{g} \omega^2 \quad (3)$$

Потенциальную энергию системы определим по формуле:

$$\Pi = 2 \frac{D}{2} \int_0^R \left[\left(\frac{\partial^2 y}{\partial r^2} \right)^2 + \frac{1}{r^2} \left(\frac{\partial y}{\partial r} \right)^2 + \frac{2\gamma}{r} \frac{\partial \gamma}{\partial r} \frac{\partial^2 y}{\partial r^2} \right] 2\pi r dr \quad (4)$$

В силу 1 получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial r} &= -\frac{\pi}{R} \frac{C}{2} \sin \frac{\pi r}{R} \sin \omega t, \\ \frac{\partial^2 y}{\partial r^2} &= -\frac{\pi^2}{R^2} \frac{C}{2} \cos \frac{\pi r}{R} \sin \omega t. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя (5) в уравнение (4) после интегрирования получим:

$$\Pi = 25,62 \frac{D C^2}{R^2} \sin^2 \omega t \quad (6)$$

Согласно закону сохранения энергии при незатухающих колебаниях:

$$E_{\text{м.д.}} = \Pi_{\text{м.д.}} \quad (7)$$

На основании (7) учитывая (3) и (6) получим

$$0,28 \frac{C^2 h R^2}{g} \omega^2 = 25,62 \frac{D C^2}{R^2}$$

Отсюда для квадрата круговой частоты получим следующую формулу:

$$\omega^2 = 91,5 \frac{2Dg}{h\gamma R^4} \quad \text{или} \quad \omega = \frac{424}{R^2} \sqrt{\frac{D}{\gamma h}} \quad (8)$$

где $D = \frac{E^* E}{12(1-\mu^2)}$ — цилиндрическая жесткость пластинки; b — тол-

щина пластинки; μ — коэффициент Пуассона.

Частота свободных колебаний датчика равна

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{212}{R^2} \sqrt{\frac{D}{\gamma h}} \quad (9)$$

Приведем расчет датчика, имеющего следующие параметры:

$$h = 8 \text{ см}; b = 0,02 \text{ см}; R = 1,5 \text{ см}; \gamma = 0,0136 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}; \mu = 0,28;$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}.$$

На основании формулы (9) получим $f = 111 \text{ гц}$.

Частота колебания, полученная экспериментальным путем, оказалась равной 128 гц .

Перейдем к рассмотрению поведения датчика при вынужденных колебаниях. Допустим, что основание датчика колеблется по закону $y_0(t)$ вдоль оси цилиндра. Составим уравнение вынужденных колебаний датчика. На основании сохранения энергии имеем:

$$E + \Pi = A, \quad (10)$$

где A — работа внешних сил и сил трения.

Полное перемещение любой точки пластинки можно представить в виде

$$y(r, t) = y(t) \left(1 + \cos \frac{\pi r}{R} \right) + y_0(t), \quad (11)$$

где $y_0(t)$ — искомая переменная величина.

Кинетическую энергию жидкости вычисляем следующим образом. Цилиндр, в котором содержится жидкость мысленно представляем в виде ряда коаксиальных полных цилиндров радиуса \bar{r} с толщиной стенки $d\bar{r}$. Элементарная кинетическая энергия такого цилиндра равна

$$dE = \frac{2\pi r \gamma}{g} d\bar{r} \frac{\bar{v}^2}{2}. \quad (12)$$

Имея в виду, что $\bar{v} = \frac{\partial y(r, t)}{\partial t}$, в силу (11) и (12) получим:

$$dE = \frac{2\pi r \gamma h}{2g} \left[\left(1 + \cos \frac{\pi r}{R} \right) \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial y_0}{\partial t} \right]^2 d\bar{r}.$$

Отсюда, после интегрирования, полная кинетическая энергия будет равна:

$$E = \frac{\pi b \gamma}{g} R^2 (0,355 y'^2 + 0,6 y' y_0' + 0,5 y_0'^2). \quad (13)$$

Потенциальная энергия системы на основании (4) и (11) будет равна:

$$\Pi = 25,62 \frac{8D}{R^2} y^2(t). \quad (14)$$

Элементарная работа трения в единице объема за единицу времени будет равна

$$dW = \tau v. \quad (15)$$

где τ — касательное напряжение, v — скорость.

$$\tau = \nu \frac{\partial v}{\partial r} \quad (\nu \text{ — коэффициент вязкости}).$$

Подставляя в (15) значение τ и z получим

$$dW = \pi h r \frac{\partial^2 y}{\partial t \partial r} \frac{\partial y}{\partial t}$$

Полная работа за время t будет равна

$$W = 2\pi h r \int_0^R \int_0^t \frac{\partial^2 y}{\partial r \partial t} \frac{\partial y}{\partial t} dr dt. \quad (16)$$

Так как при свободных колебаниях

$$y(r, t) = y(t) \left[1 + \cos \frac{\pi r}{R} \right]$$

выражение (16) примет вид

$$W_1 = -4\pi h r \int_0^t y^2 dt. \quad (17)$$

Работа сил вынужденных колебаний равна работе сил инерции от $y_0(t)$, взятой с обратным знаком

$$W_2 = - \int_0^t -m y_0(t) dy_0 - \int_0^t m y_0(t) \frac{dy_0}{dt} dt = \frac{\pi R^2 h}{g} \int_0^t \bar{y}_0 \dot{y}_0 dt. \quad (18)$$

Сила инерции жидкости при относительном движении будет равна

$$- \int_0^R \frac{2\pi h r}{g} r dr \frac{\partial^2 \bar{y}}{\partial t^2} \left(1 + \cos \frac{\pi r}{R} \right) = \frac{0,6\pi R^2 h}{g} \bar{y}''.$$

Работа этой силы будет равна

$$W_3 = \frac{0,6\pi h R^2}{g} \int_0^t \bar{y}'' \dot{y}_0 dt. \quad (19)$$

Общая работа всех сил будет равна

$$A = W_1 + W_2 + W_3 = -4\pi h r \int_0^t y^2 dt + \frac{\pi R^2 h}{g} \int_0^t \bar{y}_0 \dot{y}_0 dt + \frac{0,6\pi h R^2}{g} \int_0^t \bar{y}'' \dot{y}_0 dt. \quad (20)$$

Подставляя (13), (14) и (20) в выражение (10) получим:

$$\frac{\pi h_1 R^2}{g} (0,355 \bar{y}^2 + 0,6 \bar{y} \dot{y}_0 + 0,5 \dot{y}_0^2) = 205 \frac{D}{R^2} \bar{y}^2$$

$$= -4\pi h\nu \int_0^t y^2 dt + \frac{-R^2 \gamma h}{g} \int_0^t y_0^2 y_0 dt + \frac{0.6\pi \gamma h R^2}{g} \int_0^t \bar{y}^2 y_0 dt. \quad (21)$$

Дифференцируя обе части (21) по t и сокращая на \bar{y} , после преобразования, получим

$$y'' + 2ny' + \omega^2 y = -a_0 \bar{y}_0, \quad (22)$$

$$\text{где } 2n = \frac{4\pi h g}{0.71 h \gamma R^2} = 5.62 \frac{\pi g}{\gamma R^2};$$

$$\omega^2 = \frac{410 D g}{-R^4 \gamma h 0.71} = 91,5 \frac{2 D g}{h \gamma R^4}; \quad a_0 = 0,84.$$

Как видно из уравнения (22), колебания датчика аналогичны колебаниям линейных осцилляторов и следовательно все свойства осцилляторов будут справедливы и для жидкостного датчика ускорений.

Армянский НИИ

Строительных материалов и сооружений

Поступило 2.IV.1965

Մ. Գ. ԽԱՉԻԱՆ

ՍԵՆՏԻՄԵՏՐԱՆ ԶԵՂՈՒԿԱՅԻՆ ՏՎԻՉԻ ՎԱՐՎԵՆՆԱԿԱՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հոդվածում բերվում է հեղինակի կողմից [4, 5] ստաչարկված հեղուկային տվիչի անալիտիկ ուսումնասիրությունը: Տվիչի թիթեղի ծուան կորը բնորոշելով (1) տեսքով, էներգետիկ մեթոդով ստացված է հաճախակախություն (8) վերջնական բանաձևեր: Աշխուհեան, երևելով էներգիայի պահպանման օրենքից, ստացված է ստիպողական տատանումների (22) դիֆերենցիալի հավասարումը, երբ տվիչի հիմքը շարժվում է երկրաշարժային y_0 արագացումով: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ հեղինակի կողմից ստաչարկված հեղուկային տվիչի տատանումները կենթարկվում են զծային ուղիղատորների օրինաչափություններին: Հետևաբար դրանց բոլոր հատկությունները կարելի է կիրառել հեղուկային տվիչի նկատմամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Карапетян Б. К. Многомаятниковые сейсмометры и результаты их применения в инженерной сейсмологии, Ереван, 1963.
2. Мостков М. А. Гидравлика, М., 1958.
3. Сиздинов Г. Г., Диланян А. А. Результаты модельных исследований фабрично-заводской дымовой трубы. «Сб. статей по сейсмическому строительству», т. IX, АИ Тал. ССР, 1961.
4. Хачиян М. Г. Жидкостный акселерограф ДАН Армянской ССР, Т XXVII, № 1, 1958.
5. Хачиян М. Г. Малогабаритный жидкостный акселерограф, Известия АИ Армянской ССР (серия техн. наук), т. XV, № 1, 1962.

Г. С. МИНАСЯН

О НЕКОТОРЫХ ПРЕИМУЩЕСТВАХ БЕЗВЕРШИННОГО
 РЕЗЦА БРМ-1

1. Используемые в машиностроении резцы, несмотря на свою конструктивную и технологическую простоту, имеют существенный эксплуатационный недостаток из-за наличия «слабого места», которым является вершина резца. Находясь в условиях высокого теплового и динамического напряжения при резании, она лимитирует фактически производительность процесса, а качество поверхности по шероховатости обеспечивается лишь в узкой зоне режимного поля. Поэтому, проблема создания рациональной конструкции резца является актуальной задачей машиностроения.

Автору статьи удалось осуществить безвершинный резец, названный БРМ-1, для тонкого точения цветных металлов и сплавов,

коренным образом отличающийся от всех существующих (рис. 1). Он может быть изготовлен как из быстрорежущей стали, а также армирован твердым сплавом. Передняя грань резца сильно наклонена, что дает свободный сход стружки в вертикальном направлении и поэтому не требуется настройки резца по отношению к оси вращения шпинделя. Передний угол можно изменять от 0° до -10° . При этом чистота обработанной поверхности не изменяется. Имеется возможность резец установить минимум три раза, не прибегая к переточке. Ширина среза при безвершинном резце увеличивается в несколько раз по отношению к обычным резцам, что дает хорошее распределение температуры и напряжений вдоль главной режущей кромки. Поверхность резания получается в виде галтели вследствие пересечения цилиндра с наклонной прямой (главная режущая кромка). Установка резца в резцодержателе проста, так как отпадает необходимость настройки резца по вершине. Заточка такого резца также проста; вспомогательная задняя грань отсутствует. Вследствие большой ширины среза главная и радиальная составляющие несколько больше чем у обычных резцов при тех же параметрах среза, а осевая составля-

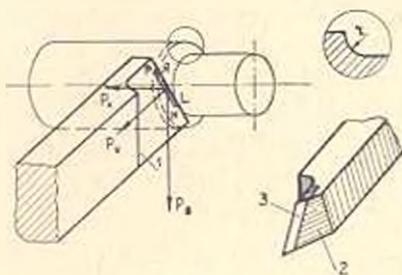


Рис. 1. Основные элементы безвершинного резца БРМ-1 (для наглядности масштаб нарушен).

шая направлена в обратную сторону, т. е. имеет отрицательное значение. Чистота поверхности, обработанная безвершинным резцом, на 2—3 класса выше чистоты поверхности полученной при обычных резах, применяемых при тонком точении.

Произведенные многочисленные исследования выяснили оптимальную геометрию резца БРМ-1 для обработки цветных металлов.

2. С целью определения оптимальной геометрии безвершинного резца были проведены соответствующие опыты. В качестве обрабатываемого материала были выбраны алюминиевый сплав марки Д16Т и латунь марки Л-62 в состоянии поставки. Оптимальная геометрия определялась по динамическим показателям. Опыты проводились на токарно-винторезном станке модели К62.

В качестве измерительной аппаратуры были приняты трехкомпонентный динамометр с проволочными преобразователями, восьмиканальный усилитель, соответственно соединенный к трем одноточечным электронным пишущим потенциометрам P_x , P_y , P_z . Выбранная схема дала возможность измерять силы с точностью до сотых долей килограмма.

Для выяснения общей картины, сравнительные исследования безвершинного реза с углами режущей части (рис. 2) $\alpha = 40^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\varphi = 8^\circ$ и $\lambda = -25^\circ$ осуществлялись параллельно с общеизвестными реза-

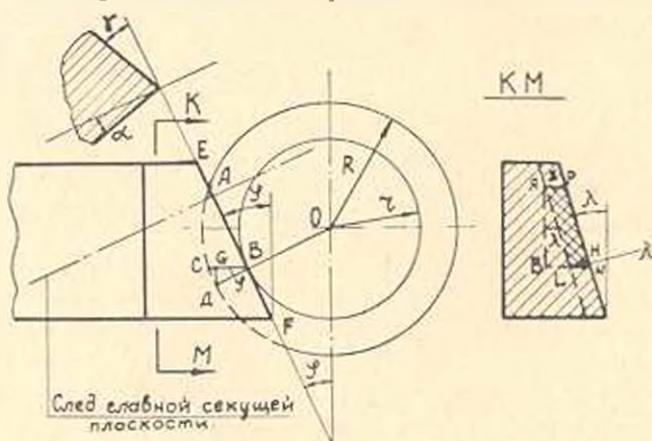


Рис. 2. Элементы резания и углы режущей части безвершинного резца БРМ-1.

ми для тонкого точения с углами режущей части: $\alpha = 45^\circ$, $\alpha_1 = 47^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\alpha_1 = 11^\circ$, $\lambda = -5^\circ$ и для подачи $S = 0,2$ мм/об с углами режущей части: $\varphi = 62^\circ$, $\alpha_1 = 12^\circ$, $\gamma = 24^\circ$, $\alpha = 15^\circ$, $\alpha_1 = 14^\circ$ и $\lambda = -6^\circ$.

Все резцы были изготовлены из быстрорежущей стали марки Р18. Сравнения велись с целью определения:

а) зависимости динамических показателей от скорости резания в диапазоне 1,5 м/мин до 245 м/мин и от изменения продольной подачи S мм/об в диапазоне 0,07 до 0,78 мм/об.

б) чистоты поверхности при изменении скорости резания и подачи в тех же пределах.

в) степени деформации стружки по длине.

В процессе испытаний режимы резания V , S и t для всех сравниваемых резцов оставались без изменения.

В результате сравнительных испытаний было выяснено, что скорость резания, в диапазоне 1,5–244 м/мин, для материала Д16Т и Л-62 на вертикальную составляющую P_z , радиальную P_r и осевую P_x практически не влияет. На всем диапазоне скоростей резания абсо-

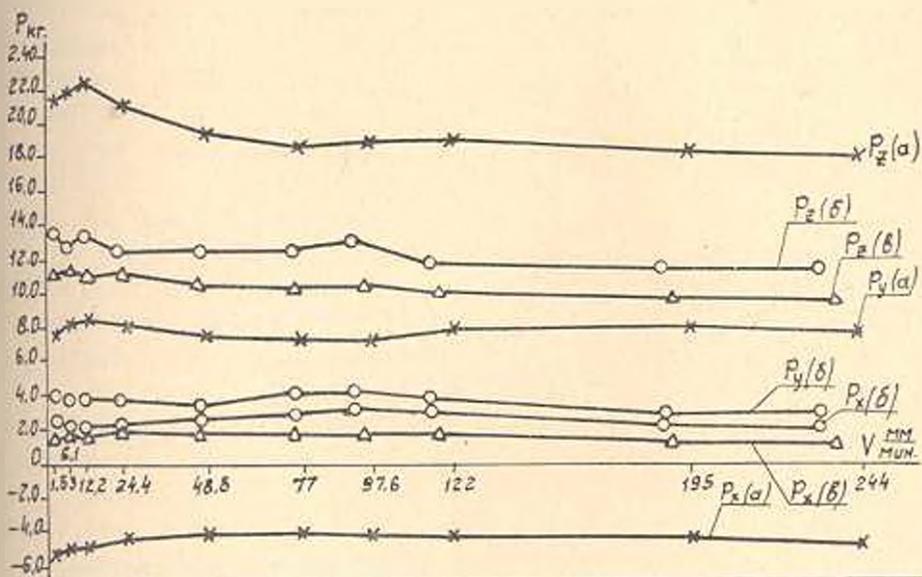


Рис. 3. Влияние скорости резания на составляющие усилия резания при обработке сплава Д16Т при $t = 0,5$ мм, $S = 0,11$ мм/об. а — безвершинный резец, б — резец для тонкого точения, в — резец для подачи $S = 0,2$ мм/об.

лютная величина изменений составляющих усилия резания колеблется от 0,5 до 2 кг (рис. 3). При этом составляющие усилия резания безвершинного резца несколько выше, чем у резца для тонкого точения и еще выше, чем у резца для работы с подачами $S = 0,2$ мм/об.

В диапазоне скоростей резания 1,5 до 244 м/мин отношение величин главной составляющей усилия резания безвершинного резца к резцу для тонкого точения колеблется в пределах от 1,45 до 1,72 при обработке алюминиевого сплава Д16Т, а при обработке латуни Л-62 это отношение колеблется в пределах 1,02–2,27.

В этом же диапазоне скоростей резания удельные давления у безвершинного резца при обработке сплава Д16Т в среднем в 5,5 раз меньше чем у резца для тонкого точения и в 4,5 раз меньше, чем у резца для подачи $S = 0,2$ мм/об. При обработке латуни Л-62, удельные давления у безвершинного резца меньше, чем у резца для тонкого точения от 5 до 12 раз и от 4,8 до 6,2 раза меньше, чем у резца для подачи $S = 0,2$ мм/об. Эти расчеты основаны на результатах

опытов с отнесенным составляющей усилия резания к площади контакта.

С изменением продольных подач в диапазоне 0,07 до 0,26 мм/об составляющие усилия резания возрастают по закону прямой линии.

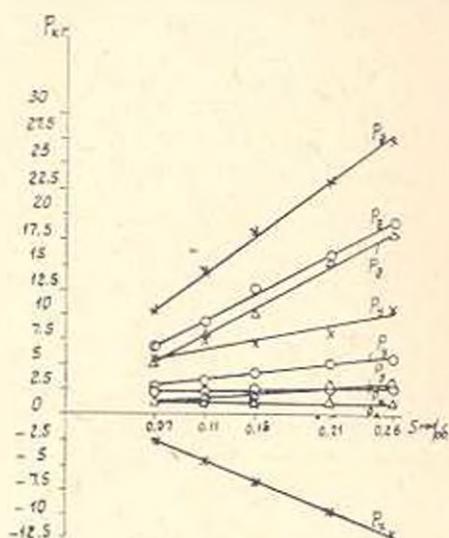


Рис. 4. Влияние подачи на составляющие усилия резания при обработке сплава Д16Т, $t = 0,3$ мм, $V = 150$ м/мин; \square — безвершинный резец, \times — резец для тонкого точения, Δ — резец для подачи $S = 0,2$ мм/об.

Усилия резания сравниваемых резцов отличаются тангенсом угла наклона (рис. 4) к оси подачи.

Сравнительные испытания по чистоте поверхности в зависимости от скорости резания в интервале от 1,53 до 245 м/мин при обработке дюралюминия марки Д16Т (рис. 5) показали, что скорость резания во всем диапазоне для безвершинного резца не оказывает влияния, тогда как при резце для тонкого точения с увеличением скорости резания поверхность изменяется; то же наблюдается и у резца для подачи $S = 0,2$ мм/об.

Анализ экспериментальных данных при обработке алюминиевого сплава Д16Т показывает, что чистота поверхности, полученная после обработки безвершинным резцом, по сравнению с чистотой поверхности, полученной после обра-

ботки резцом для тонкого точения и резцом для подачи $S = 0,2$ мм/об, выше на 2–3 класса, а при обработке латуни марки Л-62 при малых скоростях резания на 4–5 классов, с увеличением же скорости резания на 1–3 класса. Из результатов опытов следует, что скорость резания при точении сплава Д16Т и латуни Л-62 практически не влияет на чистоту обработанной поверхности. Это объясняется тем, что скорость резания в данном случае не влияет на механизм образования неровностей.

С изменением подач в диапазоне 0,07 до 0,78 мм/об (рис. 6) чистота поверхности, полученная при обработке сплава Д16Т безвершинным резцом, с увеличением подачи понижается от 7 до 5 класса, тогда как поверхность, обработанная резцом для тонкого точения, понижается от 5 до 1 класса, а резцом для подачи $S = 0,2$ мм/об — от 6 до 2 класса. При обработке латуни Л-62 безвершинным резцом обработанная поверхность с изменением продольной подачи в том же диапазоне ухудшается от 7 до 4 класса, обработанная резцом для тонкого точения от 4 до 1 класса, а резцом для подачи $S = 0,2$ мм/об — от 6 до 1 класса.

Таким образом, поверхность, обработанная безвершинным резцом из 1-3 класса выше чем поверхность, полученная резцом для тонкого точения и резцом для подачи $S \leq 0,2$ мм/об.

3. В процессе исследований были определены степень деформации стружки по длине в зависимости от подачи S на сплаве Д16Т и латуни Л-62 безвершинными резцами. Степень деформации стружки

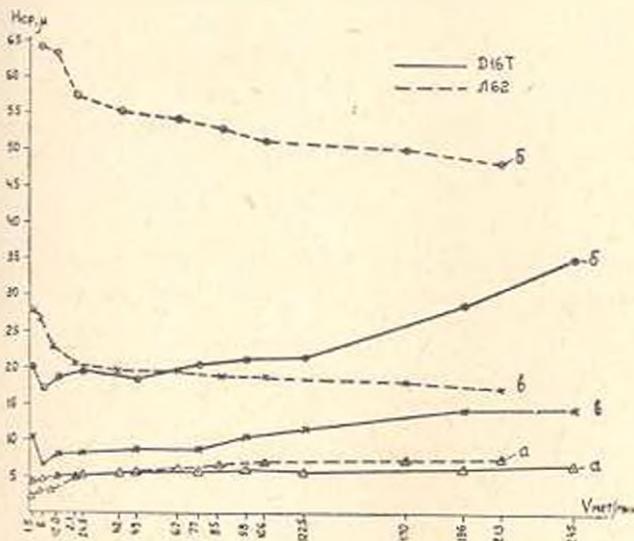


Рис. 5. Влияние скорости резания на чистоту поверхности при обработке латуни Л-62 и сплава Д16Т, при $t = 0,5$ мм, $S = 0,11$ мм/об. а — безвершинный резец, б — резец для тонкого точения, в — резец для подачи $S = 0,2$ мм/об.

по длине в зависимости от скорости в диапазоне $V = 1,5 \div 250$ м/мин при обработке сплава Д16Т уменьшается с ее увеличением, а при обработке латуни не изменяется.

В зависимости от подачи S степень деформации стружки незначительно уменьшается с увеличением S как для Д16Т, так и для латуни Л-62.

Практически можно считать, что для безвершинного реза скорость резания и продольная подача почти не влияют на степень деформации стружки по длине.

Из результатов опытов следует, что предлагаемый автором безвершинный резец может получить практическое применение, так как он обладает следующими достоинствами:

1. При работе резцом БРМ-1 полученная чистота поверхности на 2-3 класса выше, чем у обычных резцов для тонкого точения.
2. Заточка резцов упрощена, поскольку они затачиваются по двум плоскостям.
3. Настройки реза в резцодержателе по оси вращения шпинделя не требуется.

4. В случае износа реза можно его без затруднений приподнять или опустить на величину изношенной части и работать со свежей режущей кромкой.

5. Для получения высокой чистоты поверхности отпадает необходимость применения больших скоростей резания и малых полач—

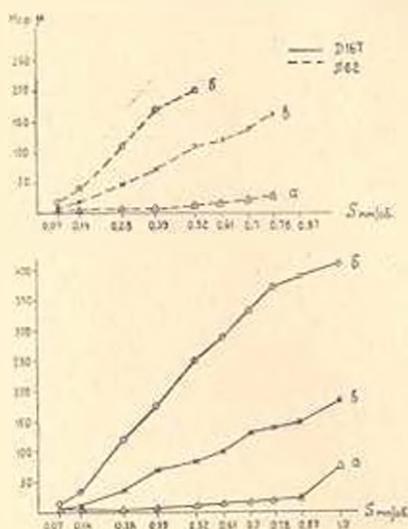


Рис. 6. Влияние продольной подачи на чистоту поверхности при обработке сплава Д16Т при $t = 0,5$ мм, $V = 153$ м/мин и латуни Л-62 при $t = 0,5$ мм, $V = 133,4$ м/мин. а — безвершинный резец, б — резец для тонкого точения, в — резец для подачи $S = 0,2$ мм/об.

0,01—0,1 мм/об. Подачи могут быть приняты в пределах 0,07—0,3 мм об.

6. Удельные давления реза БРМ-1 в среднем в 5÷6 раза меньше, чем у обычных резцов, и связи с этим износ реза протекает менее интенсивно.

7. Ширина среза в несколько раз больше, чем у обычных резцов и она зависит от диаметра обработки и глубины резания.

8. Обеспечивается свободный сход стружки в вертикальном направлении.

Бюраканская оптико-механическая
лаборатория

Поступило 1.XI.1965

Գ. Ս. ՄԻՆԱՅԱՆ

ԱՆԿԱԳԱԹ ԿՏԻԿ ԱՅՄ-1

Պ. Վ. Փ. ՈՒ Ռ. Ի. Վ.

Հողվածում ուսումնասիրվում է անդադաթի կտրիչ՝ զուևափոր մեծազ-
նևրի և համաձուրվածրեթի մշակման համար, որը սրմաաղանորեն աարրեթ-
վում է րարակ սաշման համար նախատեսնված կտրիչներից:

Ուսումնասիրվող կտրիչը գաղաթ չունի, սրվում է առջևի և հետին նիստերով և չի պահանջում ճիշտ տեղակայում շպինդելի պտտման առանցքի նրկատմամբ: Դադաթի բացակայությունը հնարավորություն է տալիս իրականացնել կտրիչի անընդհատ աշխատանքը փարմ կտրող եզրերով, միայն կտրիչի տեղափոխումով, առանց լրացուցիչ սրման: Կտրվածքի մեծ լայնության առկայության հետևանքով կտրման ուժի գլխավոր և շատավաղախն բազադրիչները ավելի մեծ են, քան սովորական կտրիչների մոտ, իսկ առանցքային բազադրիչը ուղղված է հակառակ կողմը, այսինքն ունի բացասական արժեք:

Սակերևույթի մաքրությունը 2—3 դասով բարձր է բարակ կտրման մասնակ սգտագործվող սովորական կտրիչներով ստացվող մաքրությունից:

Կտրվածքի միևնույն սրաբամետրերի դեպքում կտրվածքի մակերեսը անգաղաթ կտրիչի կոնսակտում մի քանի անգամ մեծ է համեմատած սովորական կտրիչների հետ և կախում ունի մշակվող գիտալի արամադից և կտրման լսարությունից: Տեսակարար ճնշումները միջին հաշվով 5—6 անգամ փոքր են, քան սովորական կտրիչները և սրա հետ կապված կտրիչի մաշումը կատարվում է պակաս ինտենսիվությամբ:

БАЛЬНЕОТЕХНИКА

Б. П. ТАТАРИНОВ, И. А. ПЕЗДОЙМИНОВА

К ВОПРОСУ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ И КОРРОЗИИ
 В ТРУБОПРОВОДАХ МИНЕРАЛЬНОЙ ВОДЫ

На курортах Кавказских Минеральных Вод (КМВ) в настоящее время выведено на поверхность и используется в той или иной степени свыше 70 минеральных источников, отличающихся друг от друга своими физико-химическими свойствами и температурой. Более 100 лет химики и медицинские работники занимались изучением химического состава и лечебных свойств минеральных вод. Однако вопросы организации транспортировки, хранения, подогрева или охлаждения ми-

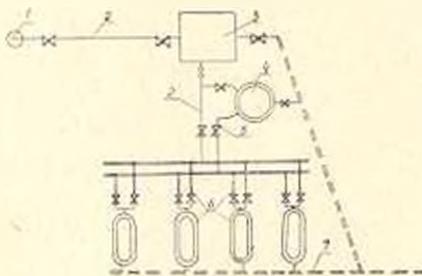


Рис. 1. Схема транспортировки (самотеком), подготовки и использования воды Пятигорского сульфидно-углекислого источника (Лермонтовский № 2). 1 — оголовок скважины; 2 — чугунные трубы; 3 — резервуар для хранения запаса воды; 4 — охладитель минеральной воды; 5 — запорная арматура; 6 — внутренняя разводка и впадины, ванны и оборудование; 7 — переливные и сбросные лотки. (Двошпильными линиями на рис. 1, 3 и 6 показаны участки более интенсивных солеотложений и коррозии).

неральных вод с обязательным сохранением ее необходимых лечебных свойств до настоящего времени занимались мало. Не изучены вопросы борьбы с солеотложениями и коррозией в трубопроводах и бальнеотехническом оборудовании, чрезвычайно важные для курорта по своему экономическому значению.

Разные типы вод в зависимости от технологии подготовки их к использованию различно изнашивают трубопроводы и оборудование. Приведем несколько примеров.

Пятигорская сульфидно-углекислая вода (Лермонтовский источник № 2), выходя на поверхность (рис. 1) при температуре +45°С с минерализацией 5200 мг/дм³, содержанием углекислоты 800 мг/дм³ и

сероводорода 10 мг/дм³, в закрытых трубопроводах без доступа воздуха практически не разрушает чугуна. На стенках чугунных труб 2, несмотря на шероховатость их поверхности, соли не отлагаются. Стальные трубы эта вода корродирует интенсивно. При турбулентном движении воды в трубах и сбросных лотках 7 происходит интенсивное выделение углекислоты. С нарушением газового состава изменяет-

ся растворимость солей в воде на омываемой поверхности даже гладких винилпластовых труб интенсивно выпадают соли (рис. 2). При периодическом смачивании минеральной водой металлических конструкций 5 и 6, оборудования с доступом воздуха коррозия в течение 6-ти месяцев разрушает стальные трубы и детали (кроме нержавеющей) с толщиной стенки 3—4 мм.

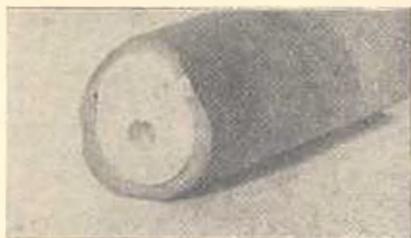


Рис. 2. Солеотложения в винилпластовой трубе за 90 дней эксплуатации. (В чугунной трубе соли в таком количестве выпадают за 60—70 дней).

Пятигорский углекислый нарзан (буровая № 19), выходя на поверхность (рис. 3) при температуре 60° (давление у устья скважины 2,7—1,0 атм) с минерализацией 6800 мг/дм³ и содержанием углекислоты 700 мг/дм³ поступает в газоотделитель, откуда лишь под напором изливается в трубопровод. Этот источник дает большие солеотложения на стенках труб 2 из различных материалов.

При турбулентном потоке интенсивность солеотложений возрастает. Замена стальных и чугунных труб на трубы из полиэтилена или даже из стекла практически не дала положительных результатов, так как солеотложение в трубах из стекла и пластика с гладкой внутренней поверхностью идет менее интенсивно по сравнению с металлическими трубами только в первые 20—30 дней, т. е. до тех пор, пока на гладкой поверхности труб не образуется тонкий (до 0,5 мм)

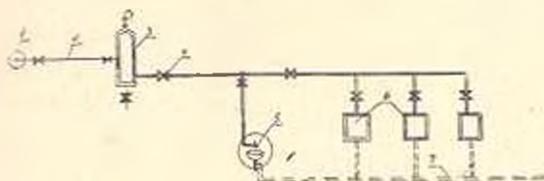


Рис. 3. Схема транспортировки (самотеком) и использования Пятигорской углекислой воды (источник № 19). 1— оголовок скважины; 2— стальные и чугунные трубы; 3— газоотделитель; 4— запорная арматура; 5— кран для раздачи питьевой минеральной воды; 6— цех налива воды в бутылки; 7— сбросные лотки.

налет солей. В дальнейшем солеотложение в этих трубах протекает с такой же скоростью, как и в металлических. К тому же относительно высокая температура воды (60 С) ограничивает возможность применения полиэтилена. Многочисленные попытки применить покраску и оцинковку стальных и чугунных труб не имели успеха; окрашенные или оцинкованные трубы служат немногим больше, чем стальные.

Места соединения металлических труб, запорная арматура 4, концевые краны 5, оборудование цеха розлива минеральной воды 6, под действием воды буровой № 19 корродируют и выходят из строя через каждые 50–60 дней. Обычно появляются отдельные свищи,

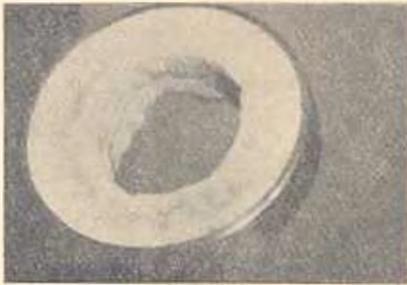


Рис. 4. Солеотложения в трубопроводе за 1 месяц эксплуатации.

вокруг которых происходит затем очень быстрое разрушение металла. В сбросных лотках и канализационных трубах 7, наблюдается интенсивное выпадение солей.

При опытной эксплуатации буровой в течение 4-х месяцев сечение трубопровода диаметром 108 мм вследствие солеотложений уменьшилось почти в 4 раза (рис. 4). Стальная труба $\varnothing 13$ мм была опущена в устье скважины на глубину 20 м, где в течение 2-х месяцев

под воздействием минеральной воды при давлении 4–6 атм была разрушена коррозией при незначительном налете солей (рис. 5).

Эссентукская углекислая вода из опорной буровой № 1 (рис. 6) с температурой при выходе на поверхность 47°C, минерализацией 7600 мг-дм³ и свободной углекислотой 1500 мг-дм³ несколько иначе ведет себя при транспортировке ее по трубопроводу. Поступая из устья в 6-километровый минералопровод из чугунных труб 2, с относительно большой шероховатостью поверхности, под давлением 7 атм, она изливается в резервуар 4, почти без избыточного давления (около 0,2 атм). Однако солеотложений на стенках труб после трехлетней их эксплуатации почти не наблюдалось. Немалое выпадение солей и в самом резервуаре. Температура воды за время ее транспортировки по трубопроводу понижается до 25°C. Поэтому для процедур, по условиям технологии подготовки, вода подогревается в аппаратах 5 до 45–50 С. При этом наблюдается бурное выделение углекислоты и выпадение солей в осадок в трубах оборудования 6, лотках и коллекторах 7.

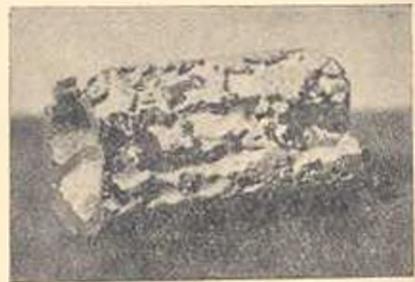


Рис. 5. Корродированная труба в Пятигорском углекислом напаве.

Надо отметить, что особенно интенсивное солеотложение дают все минеральные воды в сбросных лотках и коллекторах. Вола по ним, как правило, движется турбулентным потоком, дробясь на уступах на капли, что способствует удалению углекислоты и резкому снижению растворимости солей. На стенках лотков отлагаются соли различной плотности. Величина углов поворота трубопроводов и лот-

ков влияет как на степень солеотложений, так и на их структуру. Плотность солеотложений зависит от величины концентрации свободной углекислоты в воде, от доступа воздуха к омываемой поверхности и т. д.

Приведенные выше примеры, а также другие материалы, собранные за последние годы в бальнеологических учреждениях курортов

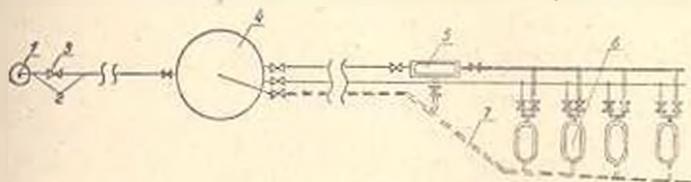


Рис. 6. Схема транспортировки (самотеком), подготовки и использования Ессентуковской углекислой воды (буровая № 1). 1 - оголовок скважины; 2 - чугунные трубы; 3 - запорная арматура; 4 - резервуар для запаса воды; 5 - водонагревательные аппараты; 6 - внутренняя разводка и ванны, ванны и оборудования; 7 - сбросные лотки.

в Пятигорском научно-исследовательском институте курортологии и физиотерапии (М. Я. Кречко) дают основание говорить о том, что на степень коррозии и солеотложений в трубопроводах и бальнеологическом оборудовании влияют следующие основные факторы:

- а) давление в трубопроводах (системах) и изменение его;
- б) температура минеральной воды и ее изменение;
- в) химический и газовый состав воды;
- г) характер движения воды по трубопроводу или в системе (скорость потока, заполнение трубопровода, изменение направления потока и др.);
- д) материал, из которого выполнен трубопровод или оборудование;
- е) шероховатость стенок полости труб или оборудования;
- ж) доступ воздуха к поверхности трубопровода или оборудования, омываемой минеральной водой.

Указанные факторы в совокупности значительно сокращают сроки службы бальнеотехнического хозяйства и удорожают эксплуатацию бальнеологических учреждений курортов, а в некоторых случаях изменяют свойства природных лечебных вод. Так, например, при транспортировании сульфидно-минеральных вод по стальным трубам происходит немедленное образование сернистого железа, почернение воды, уменьшение содержания сероводорода, трубы начинают быстро корродировать — лечебные свойства воды резко снижаются [1].

Анализ эксплуатационных расходов в бальнеофизиотерапевтических учреждениях курортов КМВ показал, что дополнительные расходы, вызываемые агрессивностью минеральных вод составляют от 27 т. до 96 т. руб. в год на каждом курорте. Многие рекомендации по вопросам транспортировки, хранения, подогрева и отвода минеральных вод разработаны Г. В. Якимовым, М. Я. Кречко и Н. А. Гавриловым. Специалистами предложен ряд усовершенствований в тех-

нологии подготовки к использованию минеральной воды: чугунные трубы сбросной канализации заменены вскрывающимися лотками из естественного камня, которые сравнительно легче очистить от соеотложений (следует отметить, что соеотложения в лотках идут интенсивнее, чем в трубопроводах); магистральные трубопроводы постоянно содержатся наполненными водой под максимально возможным давлением, что создаст условия для более высокого содержания углекислоты; внутренняя разводка в зданиях выполняется трубами из пластика, а иногда даже из стекла, гладкая поверхность которых в начальной стадии эксплуатации медленнее зарастает солями и является коррозионно устойчивой; в отдельных местах устанавливают запорную арматуру из нержавеющей стали, а распределительную (смесители, дозаторы) из полиэтилена и т. д.

Однако эти меры нельзя считать радикальными: так, применение стекла и полиэтиленовых труб практически не всегда решает проблему соеотложений; далеко не везде удастся создать нужный режим давления в трубопроводах и совершенно невозможно его осуществить в сбросных лотках; применение нержавеющей стали — слишком дорогой вариант и др.

Таким образом, разработка мер борьбы с преждевременным износом трубопроводов и оборудования в бальнеологических учреждениях еще остается весьма актуальной.

Из табл. 1 видно, что минеральная вода на своем пути от оголовка буровой до сбросных лотков даже при значительном нарушении ее газового состава (уменьшение в 3—4 раза) теряет не более 10% солен.

Изменение состава воды

Таблица 1

Источник	Показатели анализа воды			Потери в мг/л ³		Потери в %	
	У оголовка буровой	Перед насосом	В сбросном лотке	До насоса	До сбросного лотка	До насоса	До сбросного лотка

I. Минерализация в мг/л³

Пятигорская сульфидно-углекислая (источник 2)	5200	5100	4800	100	100	2	5
Пятигорская углекислая (буровая 19)	6800	—	6100	—	100	—	6
Ессентукская углекислая (буровая 1)	7800	7000	6900	710	810	9	10

II. Содержание углекислого газа в мг/л³

Пятигорская сульфидно-углекислая (источник 2)	800	720	220	80	300	10	72
Пятигорская углекислая (буровая 19)	700	—	300	—	100	—	59
Ессентукская углекислая (буровая 1)	1500	910	500	560	1000	37	67

Примечание: анализы выполнялись Пятигорской и Ессентукской контрольно-инспекционными станциями курорта.

Сравнение состава минеральной воды у места выхода ее на световую поверхность (у оголовка буровой) и уже использованной для лечебных целей (табл. 2) показывает, что не все элементы, входящие в состав лечебной воды, с одинаковой интенсивностью выпадают в осадок.

Таблица 2

Потери солей и минеральных водах

Состав под	Анализ воды взятой у оголовка буровой	Анализ воды после использования ее в ванне	Потери солей при обработке и использовании воды	
I. Пятигорская сульфидно-углекислая вода, мг/дм³				
Катионы	$K^+ + N_2$	1118	1094	24
	Ca^{2+}	431	356	75
	Mg^{2+}	61	60	1
Анионы	Cl^-	1056	1025	31
	SO_4^{2-}	862	840	22
	HCO_3^-	1672	1425	247
II. Ессентукская углекислая вода, мг/дм³				
Катионы	$K^+ + N_2$	890	880	10
	Ca^{2+}	1010	800	210
	Mg^{2+}	230	212	18
Анионы	Cl^-	900	896	4
	SO_4^{2-}	950	938	12
	HCO_3^-	3520	3264	556

В основном в осадок выпадает карбонат и сульфат кальция, что подтверждается и химическим анализом в солеотложениях, выполненным в лаборатории Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта (РНИЖТ)

Из табл. 1 следует, что повышением солерастворимости на 100% можно полностью устранить солеотложения в условиях значительной потери углекислоты. Меньшее повышение солерастворимости так же может дать хорошие результаты по снижению солеотложений в технологическом оборудовании и трубопроводах для транспортировки лечебной воды на небольшие расстояния, так как понижение минерализации на этих участках, как правило, не превышает 2—3%.

Второй путь борьбы с солеотложениями состоит в организованном отводе углекислоты у оголовка буровой в количестве, теряемом в настоящее время до вани, что не приведет к утрате лечебных качеств воды по сравнению с существующими. При этом должно быть организовано и удаление из воды выпавших карбонатов. Эта мера,

повидимому, приведет и к снижению коррозионной активности воды. Можно идти и по пути создания избыточного давления в трубопроводах для повышения растворимости углекислоты. Наконец, если допустить, что картина потерь газа и образования осадков сохранится неизменной при транспортировке воды, то можно пытаться воздействовать на структуру солевых отложений, облегчив их удаление. В настоящее время разрабатываются исследования безреагентных способов обработки воды [2-5]. Обнаружено, например, что магнитная обработка воды вызывает повышение растворимости труднорастворимых солей. Применение ультразвука и звуковых частот по данным РИИЖТ интенсифицирует процесс распада бикарбонатов. Эти же способы водообработки, а также влияние электрического и УВЧ полей резко изменяют структуру солевых отложений, сообщая им пластичный характер и способствуя удалению старой накипи.

Следует упомянуть, что безреагентные способы не сообщают воде никаких вредных для человека качеств, и коррозионная агрессивность воды после безреагентной обработки не увеличивается.

Изыскивая пути к снижению солевых отложений и коррозий, специалисты до сих пор старались подобрать более устойчивые к вредным влияниям воды материалы. Задача же, на наш взгляд, состоит еще и в том, чтобы непосредственно воздействовать на процессы солеотложений и коррозии путем предварительной обработки воды без изменения ее лечебных свойств.

Բ. Գ. ՏԱՏԱՐՆՈՎ, Ե. Ա. ՆԵԶԴՈՅԻՆՑՎԱ

ՀԱՆՔԱԶԲԱՏԱՐ ԵՌՈՂՈՎԱԿՆԵՐՈՒՄ ԱՂԱԿՈՒՏԱԿՄԱՆ ԵՎ ԿՈՐՐՈԶԻԱՅԻ
ՀԱՐՑԻ ԻՍՍՈՒՆ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Վ

Առողջարաններում հիվանդների բուժման համար օգտագործվող հանրաշին ջրերի փոխադրման ժամանակ հանրաշրատար խողովակներում աղակուտակման և կորոզիայի երևույթներ են նկատվում, որոնք տնտեսական մեծ վնաս են բերում:

Հողվածում հնդինակները բնդհանրացնում են մետաղյա խողովակներում նկատվող կորոզիայի և աղակուտակման երևույթների վերաբերյալ եղած ամբողջ փորձը և հիմնավորում են այդ ուղղությամբ կատարվելիք աշխատանքների անհրաժեշտությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гаврилов Н. А. Бальнеотехника. Медиз, 1959.
2. Миненко М. И. и др. О влиянии магнитных полей на свойства природных вод. Промышленная энергетика, № 5, 1962.
3. Хайдаров Г. З., Горбачко И. В. Методика исследования и контроль эффективности магнитной обработки воды. Машиностроение и энергетика Казахстана, № 6, 7, 8, 9, 1962.
4. Скоробогатина В. И. Некоторые особенности действия магнитного поля на накипеобразование при минерализации жесткой воды. Труды Московского института инженеров железнодорожного транспорта, вып. 165, 1963.
5. Татарнинов Б. И., Кариш Е. А. Исследования некоторых вопросов обработки воды и магнитном поле. Тр. Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта, вып. 16, 1960.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. М. АСПРЯН

О ВАКУУМИРОВАНИИ ВЫСОКОМАРОЧНЫХ ЛЕГКИХ
 БЕТОНОВ*

В работах [1—4] были исследованы свойства тяжелого бетона, подвергнутого вакуумной обработке. В работе [5] доказана возможность вакуумирования легких бетонов на естественных заполнителях и изучены их свойства. Однако, в указанных работах изучены свойства бетонов марок до 200. Между тем, в настоящее время при изготовлении тонкостенных и пустотелых конструкций из легкого железобетона, в том числе и предварительно напряженного, часто используются бетоны более высоких марок. Учитывая, что эти изделия с успехом могут изготавливаться методом вакуумирования, возникает необходимость изучения свойств высокомарочного легкого бетона, подвергнутого вакуумной обработке.

Образцы в виде призм размерами $10 \times 10 \times 30$ см были изготовлены на лабораторной установке, которая состояла из вибростола, вакуумнасоса РМК-2 с ресивером и водосборным баком, шести вакуумщитов размерами 96×296 мм, металлических форм, рольганга, подъемного механизма и др. Идентичные условия уплотнения бетона были достигнуты изготовлением в одной и той же форме трех образцов-призм из легкого бетона и трех из тяжелого бетона.

В качестве заполнителя в легких бетонах была использована дробленая литонидная пемза со следующими насыпными объемными весами: фракция 0—1,2— $1,05 \text{ т/м}^3$; фракция 1,2—5— $0,88 \text{ т/м}^3$; фракция 5—10— $0,75 \text{ т/м}^3$; фракция 10—20— $0,78 \text{ т/м}^3$. В тяжелых бетонах, кварцевый песок и базальтовый щебень, соответственно со следующими объемными весами: фракция 0—1,2— $1,58 \text{ т/м}^3$; фракция 1,2—5— $1,71 \text{ т/м}^3$; фракция 5—10— $1,30 \text{ т/м}^3$; фракция 10—20— $1,41 \text{ т/м}^3$. Был использован портландцемент Араратского цементного завода с прочностью на сжатие в 28 дневном возрасте 540 кг/см^2 и на растяжение— $30,5 \text{ кг/см}^2$.

Бетонные смеси изготавливались с расходом цемента 550 кг/м^3 при трех расходах воды для получения смесей пластичностью 5 см и 1 см по конусу и жесткостью 15 сек. по техническому вискозиметру. Режим уплотнения был принят следующий: для виброуплотненных об-

* Научный руководитель, проф. М. З. Спирова.

разцов 60 сек вибрации; для вакуумированных образцов—60 сек вибрации, 9 минут вакуумирования с кратковременной вибрацией (5 сек) в начале и в конце вакуумирования. Образцы хранились в нормальных условиях и были испытаны после трех и 28-дневного твердения, а пропаренные—после пропарки. Результаты испытания приведены в табл. 1, из рассмотрения которого можно сделать вывод, что во всех случаях вакуумирование увеличивает прочность высокомарочных бетонов. Прирост прочности образцов трехдневного твердения на легком бетоне в среднем составляет при сжатии 55% и при растяжении 43%, а на тяжелом бетоне на сжатие 62% и на растяжение 57%.

Таблица 1

Конструктивный бетон	Вид обработки бетона	Нормальные условия хранения						Пропаренные образцы		
		3 дня твердения			28 дн твердения			объемный вес кг/см ³	прочность на растяжение кг/см ²	прочность на сжатие кг/см ²
		объемный вес кг/см ³	прочность на растяжение кг/см ²	прочность на сжатие кг/см ²	объемный вес кг/см ³	прочность на растяжение кг/см ²	прочность на сжатие кг/см ²			
Л е г к и й б е т о н										
5 см	вибрирование	1830	10,3	127	1800	18,7	296	1770	14,3	277
	вакуумирование	1840	16,7	206	1820	22,2	331	1810	23,7	309
1 см	вибрирование	1790	9,5	130	1780	17,1	260	1730	12,0	218
	вакуумирование	1820	13,0	230	1835	23,0	365	1780	20,3	348
15 сек	вибрирование	1840	10,3	148	1790	19,0	323	1760	14,4	231
	вакуумирование	1820	13,5	186	1790	19,9	318	1790	18,5	297
Т я ж е л ы й б е т о н										
5 см	вибрирование	2400	10,0	155	2440	22,5	326	2390	17,8	263
	вакуумирование	2450	25,0	289	2410	35,3	497	2450	27,0	457
1 см	вибрирование	2450	15,7	183	2420	27,4	423	2390	18,4	279
	вакуумирование	2460	19,3	314	2490	31,2	463	2450	25,6	376
15 сек	вибрирование	2410	18,2	202	2390	25,5	430	2400	20,6	281
	вакуумирование	2460	19,1	264	2430	32,7	485	2460	28,1	416

Следует отметить, что образцы, подвергнутые термообработке пропариванием, показывают больший прирост прочности, чем образцы 28-дневного твердения при хранении их в нормальных условиях. Это имеет важное значение для изделий заводского изготовления. Прирост прочности вакуумированных образцов, подвергнутых пропарке, составляет в среднем на легких бетонах при сжатии 33% и при растяжении 54%, тогда как при нормальном хранении при сжатии и растяжении—29%, а на тяжелых бетонах при сжатии—52% и при растяжении—42%, при нормальном хранении 28-дневного твердения соответственно 25% и 37%.

Поскольку фактическая прочность бетона конструкции, изготовленной вакуумированием, и прочность бетонных образцов-призм, изготовленных в лаборатории, может быть несколько отличной, было решено установить фактическое превышение прочности бетона кон-

струкции над прочностью кубиков, изготовленных из того же бетона, хранимых в тех же условиях, но не обработанных вакуумом.

На экспериментально-производственном стенде АПСМ были изготовлены предварительно напряженные крупнопустотные конструкции из легкого бетона, размерами $43 \times 43 \times 800$ см с круглой пустотой, диаметром 34 см и размерами $38 \times 38 \times 800$ см с пустотой, диаметром 28 см. Конструкции эти были изготовлены поточно-стендовым способом с немедленной распалубкой, благодаря применению вакуумирования. При формовании конструкций были изготовлены кубы $10 \times 10 \times 10$ см и призмы $10 \times 10 \times 30$ см, не подвергнутые вакуумной обработке. Бетон был изготовлен на портландцементе марки 600 Араратского цементного завода и немзе Джраберского месторождения, разделенной на две фракции: песок 0—5 мм с насыпным объемным весом— $0,98 \text{ т/м}^3$ и щебень— $0,28 \text{ т/м}^3$. Бетонная смесь пластичностью 2—3 см по конусу, с предварительным составом: цемент 550 кг, щебня 430 кг, песка 540 кг и воды 330 л была изготовлена в мешалке свободного падения емкостью 250 л. Режим формования: виброуплотнение 60 сек, вакуумирование—6—8 мин при разрежении 500—600 мм

Таблица 2

Размеры образцов см	Вес г	Площадь см ²	Объем см ³	Объемный вес кг/м ³		Плотность кг	Прочность на сжатие кг/см ²	
				образцов	средний		образцов	средний

Цилиндры, вышедшие из конструкции изготовленного вакуумным способом

d=4,15	H	4,09	96,4	13,5	55,2	1750	6100	453
1,15		1,04	94,1	13,5	51,6	1730	6900	437
1,15		1,02	95,7	13,5	54,2	1770	7700	532
1,15		1,12	93,7	13,7	56,4	1670	5900	430
1,15		1,07	96,1	13,5	55,0	1750	6200	460
1,15		1,09	95,1	13,5	55,2	1730	5900	437
1,15		1,12	101,9	13,5	55,6	1820	6100	453
1,14		1,05	98,2	13,3	53,9	1820	5500	414
1,15		1,02	96,9	13,5	54,2	1790	5800	430

Цилиндры, вышедшие из необработанных вакуумом образцов

d=1,15	H	3,96	93,1	13,5	53,4	1750	3900	290
1,15		3,96	94,7	13,5	53,1	1780	4600	343
1,15		4,05	92,5	13,5	54,6	1690	5000	370
1,15		4,09	96,9	13,5	55,2	1740	5200	386
1,14		4,07	91,1	13,3	54,1	1740	5500	414
1,15		4,05	95,3	13,5	54,6	1740	6540	484
1,16		4,10	96,2	13,7	56,1	1710	4600	336
1,15		4,03	92,4	13,5	54,5	1700	5400	400
1,15		1,00	92,2	13,5	54,0	1710	5000	370

Кубы, необработанные вакуумом

9,9 × 9,9 × 10	1730	98	980	1760	38800	396
9,9 × 10 × 10	1740	99	990	1760	36800	372
10 × 9,9 × 10	1760	99	990	1780	36000	364
9,9 × 10 × 10	1755	99	990	1770	33200	336
9,7 × 10 × 10,1	1650	97	980	1720	37800	390
9,9 × 10 × 10	1695	99	990	1710	43500	440

рт. ст. и извлечении вибровкладыша на третьей минуте вакуумирования.

Определение прочности бетона конструкции, изготовленной вакуумным способом, был произведен следующим методом. Испытывались цилиндры диаметром и высотой порядка 40 мм выпиленные из конструкции. Одновременно испытывались такие же цилиндры, выпиленные из образцов (кубиков и призм), не подвергнутых вакуумной обработке, а также бетонные кубы.

Результаты испытаний приведены в табл. 2, из рассмотрения которой видно, что средняя прочность бетонных кубиков (383 кг/см^2) и прочность цилиндров, выпиленных из необработанных вакуумом бетонных образцов (380 кг/см^2) практически одного порядка, тогда как средняя прочность цилиндров, выпиленных из конструкции, составляет 450 кг/см^2 . Таким образом, на основании результатов проведенных испытаний можно констатировать превышение прочности бетона конструкций, изготовленных вакуумным способом над прочностью кубиков размерами $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ не подвергнутых вакуумной обработке, на 19%. Опыты показывают, что контроль прочности вакуумированного легкого бетона можно производить при помощи кубиков, на подвергнутых вакуумной обработке и установленных на месте переходных коэффициентов по методу выпиливания цилиндров из конструкций. Вакуумирование позволяет получить легкие бетоны высоких марок из пластичных бетонных смесей без существенного перерасхода цемента.

Армянский НИИ строительных материалов
и сооружений

Поступило 1.XII.1965

Ա. Մ. ԱՍՐԻԱԿ

ՈՒՐՉՐ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ԹԵԹԵԿ ԲԵՏՈՆՆԵՐԻ ՎԱԿՈՒՄՅՈՒՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ փ ո փ ո ս մ

Հորջանով նկարագրվում է բարձր ամրության բնական ծակոտկեն լցիչներով թեթև բետոնների ամրության հատկությունների ուսումնասիրությունը, ենթարկված վակուումային մշակման:

Ամրության հատկություններն ուսումնասիրված են լաբորատոր պայմաններում սրատրատված նմուշների և նախապես լարված բնական շափերի կոնստրուկցիայից հանված բետոնն նմուշների վրա, որոնք կազապարված էին վակուումային մեխոզով: Նկատվում է վակուումայված նմուշների ամրության աճը բարձր աճ, որոնք ենթարկվել էին գոլարշահարման:

Վակուումացումը մեծացնում է բարձր մարկային թեթև բետոն ստանալու նարափորությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Гершберг О. А.* Вакуумирование бетона в монолитных конструкциях. М., 1952.
2. Временная инструкция по вакуумированию бетона в монолитных конструкциях и при изготовлении строительных деталей. М., 1951.
3. *Семарова С. Г.* Вакуумирование бетона. М., 1955.
4. *Гордон С. С.* Вакуумирование бетона. М., 1949.
5. *Матузов Т. Г.* Вакуумирование бетона на литондной пемзе. Сб. Гидротехнический бетон на литондной пемзе. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1958.
6. *Симонов М. Э. и Матузов Т. Г.* Метод определения прочности на сжатие и растяжение на бетонных призмах. Известия АН Армянской ССР (ТН), т. XI, № 3, 1958.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Г. А. РАШИН, Р. В. АКОНЯН

К ВОПРОСУ О РОЛИ Na_2O В ФОРМИРОВАНИИ ФАЗОВОГО СОСТАВА БАЗАЛЬТОВОГО ЛИТЬЯ

Развитие камнелитейного производства в Армении основывается на широком распространении на ее территории базальтов и андезитобазальтов. Одной из существенных особенностей химического состава этих эффузивных пород, отличающих их от базальтового петруггического сырья, применяемого на заводах нашей страны, является повышенное содержание окислов щелочных металлов, главным образом окиси натрия. Если в ровенских и берестовецких базальтах, являющихся наиболее разработанным камнелитейным сырьем, содержание Na_2O не превышает 2,8%, а сумма щелочных окислов ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 3,5%, то в наиболее распространенных базальтах Армении содержание щелочных окислов составляет соответственно: 4,25 и 5,29 в базальтах района гор. Камо, 3,55 и 5,39 в базальтах Лорийского плато, 2,93 и 3,81 в базальтах бассейна р. Ахурян, 3,16 и 4,50 среднее для базальтов, 3,19 и 5,63 в андезитобазальтах обл. горы Арагац, 2,66 и 4,21 в андезитобазальтах вулкана Галгат, 4,03 и 6,52 в андезитобазальтах Гегамского нагорья, 3,58 и 5,81 среднее для четвертичных андезитобазальтов.

Эти различия, по нашему мнению, могут отразиться на ряде ведущих факторов камнелитейного производства: на вязкости и на литейных качествах петруггического расплава, на его кристаллизационной способности, а также на фазовом составе, получаемых искусственных камней. В этой связи оправдана постановка вопроса об особой роли Na_2O при минералообразовании в плавленных базальтах.

Влияние повышенного содержания Na_2O на фазовый состав каменного литья рассматривалось нами на плавленных образцах некоторых базальтов Армении. Химический состав исследованных проб приводится в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав проб

№№ проб	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O , K_2O
16,7	44,35	1,24	15,78	0,01	0,14	10,45	15,70	2,70 0,86
16,5	41,51	1,45	15,82	0,00	0,00	5,70	22,60	3,22 0,70
16,4	47,61	1,60	17,30	1,00	1,00	9,60	10,30	3,00 0,98
16,1	50,00	1,60	18,93	1,00	0,00	6,04	8,97	4,00 0,90
					5,			

Из всех проб были получены однородные стекла, которые кристаллизовались при температурах 900, 950, 1000, 1050, 1100 и 1150. Продолжительность кристаллизации при каждой температуре составляла 30 минут, 1, 3, 6 и 12 часов. Кристаллические образцы были подвергнуты микроскопическому изучению. Таким образом влияние относительного содержания Na_2O на фазовый состав силикатных камней оценивалось при различной степени неравновесности процессов минералообразования.

Конечно, на минеральный состав кристаллических образцов влияют все особенности их химического состава и, в первую очередь, различная кислотность проб. Однако, по складывающимся количественным взаимоотношениям между плагиоклазами и пироксенами, а также по характеристикам плагиоклазов можно оценить специфическое влияние изменяющегося содержания Na_2O [1]. С этой целью в таб-

Таблица 2

Сравнение наблюдаемых и расчетных минеральных составов силикатных камней

№№ проб	Количество минералов (в вес %)						Характеристика плагиоклазов по	
	плагиоклаз		пироксен		магнетит		наблюдениям (н.)	расчету (р.)
	н.	р.	н.	р.	н.	р.		
16/7	15-20	54	50-55	24	4-5	4	Лабрадор 68	Лабрадор 71
16/5	25-30	55	45-50	39	—	4	Лабрадор-битовинит	Андезит 47
16/4	30-35	59	30-35	22	—	4	Лабрадор-битовинит	Андезит-лабрадор
16/1	45-50	67	8-12	16	3-5	4	Битовинит 79	Андезит 46

Таблица 3

Оптические характеристики плагиоклазов и пироксенов

№№ проб	Пироксены		с:Ng	2V	Плагиоклазы	
	показатели преломления ($\pm 0,002$)				показатели преломления ($\pm 0,001$)	
	Ng	Np			Ng	Np
16/7	1,728	1,707	13	—	1,569	1,562
16/5	1,749	1,725	16	62°	1,571	1,563
16/4	1,737	1,714	13	62°	1,570	1,562
16/1	1,718	1,697	14	—	1,576	1,565

лицах 2 и 3 характеризуется минеральный состав образцов, закристаллизованных при 1100—1150. При этом в табл. 2 наблюдаемые минеральные составы сравниваются с нормативно-расчетными составами, ожидаемыми при равновесных условиях минералообразования.

Можно считать, что в примерах таблиц 2 и 3 силикатные камни получены при достаточно благоприятных условиях для минералообразования: близость температуры процесса к температуре максимальной кристаллизационной способности плагиноклазов и значительная выдержка для более совершенной кристаллизации. Но и при этих условиях наблюдается резкое расхождение между фактическим и ожидаемым равновесным количеством плагиноклазов, между измеряемым и расчетным номером плагиноклазов. Можно видеть, что увеличение относительного содержания Na_2O способствует уменьшению первого расхождения и усугубляет второе. Если при кристаллизации пробы 16.7 плагиноклаз образуется только при отжиге стекла выше 1100° ; пробы 16.5 при отжиге выше 1050° , то для наиболее богатой Na_2O пробы 16.1 устанавливается сравнительно широкий температурный интервал кристаллизации плагиноклазов: от 1000° и выше. При кристаллизации последней пробы при 1150° в течение 6–12 часов количество четко индивидуализированных призматических зерен плагиноклаза достигает 50% и близко к максимально возможному. Этим подчеркивается благоприятное влияние катиона Na^+ на большее проявление в 4-й координации и, следовательно, на образование полевых шпатов. Причем относительно высокий номер наблюдавшихся плагиноклазов отражает процесс „натягивания“ кальция в алюмосиликаты. Подобное благоприятное влияние Na^+ на проявление алюминия в четверной координации и большее участие кальция в построении плагиноклазов наблюдалось нами при петрографическом и рентгеновском исследовании опытных образцов светлокаменного литья. Образцы имели следующие химические составы:

SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO	Na_2O
55.6	5.6	7.3	30,0–26,9	0–4,0
57.6	3,6	7.3	30,9–26,9	0–4,0

Для оценки влияния содержания Na_2O на фазовый состав силикатных камней часть CaO замещалась на 2–4% Na_2O . Кристаллизация образцов происходила по типовому режиму камелитейного производства. Исследования показали, что в исходных бесщелочных образцах плагиноклаз не кристаллизуется, а оптическая характеристика образующегося диопсида указывает на наличие в нем значительной (до 20%) изоморфной примеси $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$, т. е. проявления части алюминия в шестерной координации. В то же время в отливках с 2% Na_2O наблюдались мелкие пластинки плагиноклаза, а для 2-го состава с 4% Na_2O устанавливается присутствие 8–10% олигоклаз-видеина ($\text{Ng} = 1,553 \pm 0,002$; $\text{Np} = 1,545 \pm 0,002$).

Расхождения между наблюдаемыми и расчетными номерами плагиноклазов (табл. 2) отражают влияние, оказываемое катионом Na^+ на полимеризацию и строение силикатных расплавов и, особенно на их вязкость при температуре ликвидуса. В этой связи увеличение содержания Na_2O обуславливает большую незавершенность реакционных

процессов в системе анортит-альбит, чем вызывается и относительное завышение номера плагиоклаза и значительное увеличение количества остаточного стекла. Последнее, судя по показателям преломления, обогащено альбитовой составляющей. Так, в образцах проб 16/4 и 16/1, закристаллизованных при 1050—1150°, количество остаточного стекла достигает 30—35% и в формировании этого стекла главная роль отводится нормативному $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (25—30%), не нашедшему проявления в кристаллических фазах камня. Подобное отрицательное влияние Na_2O на кристаллизационную способность петругических расплавов наблюдалось одним из авторов при разработках различных видов натрийсодержащего светлокамennого литья на основе системы $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$.

Минеральный состав и структуры образцов обнаруживают высокую чувствительность к условиям кристаллизации, причем эта чувствительность возрастает для более натрийсодержащих проб. Образцы, полученные при кристаллизации стекол 16/1 при температуре 1100° и 1150°, сложены хаотически расположенными призматическими зернами плагиоклаза, интерстиции между которыми выполнены ксеноморфными образованиями пироксена, магнетитом и остаточным стеклом. Из того же стекла, закристаллизованного при 900° и 950°, образуются почти мономинеральные камни, в сложении которых принимают участие пироксены двух генераций. Пироксены первой генерации более железистые, они представлены пластинчатыми зернами, плеохроирующими в буро-зеленоватых тонах. Пироксены второй генерации бесцветные или светлоселеные, чаще всего образуются в виде радиально-лучистых сростков.

Таким образом, если для более высокотемпературных образцов влияние Na_2O , способствующее неравновесной кристаллизации, проявляется главным образом в увеличении количества остаточного стекла, то при более низких температурах кристаллизации, во-первых, также образуются остаточное стекло, в котором фиксируется почти весь нормативный альбит, а во-вторых, за счет нормативного анортита развивается глиноземсодержащий пироксен, включающий значительную изоморфную примесь $\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$.

Все эти наблюдения указывают на то, что при минералообразовании в натрийсодержащих петругических расплавах сочетаются и переплетаются две противоречивые стороны влияния катиона Na^+ . При этом главным является специфичность энергетической характеристики этого элемента, когда при процессах упорядочения и полимеризации стимулируется образование более сложных алюмокремнекислородных анионных группировок, допускается формирование более протяженных структурных единиц в ближнем порядке силикатного расплава или стекла. В таких условиях, с одной стороны, алюминий проявляется и как бы закрепляется в тетраэдрическом координационном окружении в алюмосиликатных группировках и еще при предкристаллизационном упорядочении создаются предпосылки для образования по-

левых шихтов, в том числе кальцийсодержащих. С другой стороны, значительно возрастает степень полимеризации в строении расплава или стекла. Этим усугубляется неравновесный характер процессов минералообразования и в большей степени начинают проявляться кристаллизационные преимущества силикатов с более простым кристаллохимическим строением. Последнее, в свою очередь, способствует большему проявлению алюминия в шестерной координации, образованию глиноземсодержащих авгитов, в том числе обогащенных кальцием. В зависимости от условий кристаллизации эти противоречивые влияния по-разному отражаются на конечных продуктах минералообразования: в более высокотемпературных образцах проявляется воздействие катиона Na^+ на образование плагиоклазов, в более низкотемпературных образцах большее развитие получают явления неравновесного образования мономинеральных камней, сложных глиноземсодержащим авгитом. Общим для всех условий кристаллизации является преимущественное проявление нормативных алюмосиликатов натрия в остаточном стекле, чем обуславливается неполная кристаллизация петруггических изделий.

Известно, что одним из требований, предъявляемых к камнелитейным изделиям является их возможно полная кристаллизация. В этом отношении более натрийсодержащие материалы должны рассматриваться как отрицательные, особенно при производстве изделий, условием службы которых является их поликристалличность. В то же время подобная роль окиси натрия при формировании фазового состава и структуры каменного литья не должна истолковываться однозначно как основание для отказа от использования натрийсодержащего петруггического сырья. Необходимо иметь в виду благоприятное влияние Na_2O на плавление петруггических шихт, на качество камнелитейного расплава, на образование "длинных" расплавов с большой инерцией по отношению к некоторым структурно невыгодным процессам неравновесной кристаллизации, на кристаллизацию минералов второй главы кристаллохимии силикатов, на образование структурно более простых силикатов магния и железа. Эти разнообразные проявления особой роли катиона Na^+ при кристаллизации многокомпонентных расплавов могут быть существенными при решении отдельных конкретных задач разработки новых технических силикатных материалов с определенными полезными качествами в условиях их службы. Да и преимущественное проявление натрийсодержащих минералов в остаточном стекле может быть использовано при получении стеклокристаллических материалов (ситаллов), когда цементация субмикроскопических кристаллических образований натрийкремнистым стеклом может значительно повысить химическую устойчивость изделий (Китайгородский, 1963).

Сложное и противоречивое влияние окиси натрия является весьма существенным фактором при разработке производства каменного литья из базальтов и андезит-базальтов Армении. При получении пол-

нокристаллических изделий стеклообразующая роль Na_2O может быть в значительной степени нейтрализована подпихтовкой базальтов доломитов или серпентинитом с увеличенным относительного содержания щелочноземельных окислов. При разработке стеклокристаллических материалов повышенное содержание Na_2O в базальтах Армении может выгодно их отличать от других видов петруггического сырья.

ИИИКС

Поступило 10.III.1965

Կ. Ա. ԲԱՇԵՆ, Խ. Վ. ՇԱԿՈՒՅԱՆ

Na_2O -ի ԳԵՐԸ ԲԱԶԱԼՏԱՅԻՆ ՉՈՒՎԱՅՔԻ ԶԱԶԱՅԻՆ ԿԱՉՄԻ ՉԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ս լ մ

Հաշտատանի բազալտների և տեղեկիտա-բազալտների բիմիական կազմի հիմնական առանձնահատկություններից մեկը ալկալիաչին մետաղների, զրլ-խաժորտպես մատրիումի օքսիդի բարձր պարունակությունն է, որով վերահիշյալ ապարները տարբերվում են մեր երկրում օգտագործվող պետրոլիտիական հումքից: Այս տարբերությունները մեր կարծիքով կարող են ազդել բարածույման արտադրության մի շարք կարևորագույն գործոնների՝ մածուցիկություն, պետրոլիտիական հալոցքի որակի, նրա բյուրեղացման հատկության և վերջապես, ստացվող արհեստական բարի միներալոգիական կազմի վրա:

Իհաաբկումները ցույց են տալիս, որ նատրիում պարունակող պետրոլիտիական հալոցքներում միներալոգիացման ժամանակ գրեթեբոլոր են նատրիումի կատիոնի ազդեցության էրկու հակասական կողմերը: Այս դեպքում գլխավորը Լներդեաիկ ցուցանիշներն են, որոնք կանոնավորման և պոլիմերիզացման պրոցեսում պատճառ են հանդիսանում ալկալի բարդ սիլիկատայումենոթիթածնային անիոնային խմբավորումների՝ ապակու կամ սիլիկատային հալոցքի մոտակա կարգում ալկալի երկարաձգված ստրուկտուրային միավորների գոյացմանը: Այսպիսի պայմաններում ալյումինիումը, մի կողմից հանդես գալով ալյումինոսիլիկատային խմբավորումներում, արդեն նախաբյուրեղացման կարգավորման ժամանակ նախադրյալներ է ստեղծում զաշտային շարանների առաջադրման համար, մյուս կողմից զգալիորեն աճում է հալոցքի և ապակու պոլիմերիզացման աստիճանը, որը ալկալի է խախտում միներալոգիացման պրոցեսի հավասարակշռությունը, սա էլ իր հերթին նպաստում է ալկալի պարզ ստրուկտուրա ունեցող սիլիկատների ալյումինիում պարունակող ալգիտների առաջացմանը:

Բյուրեղացման բուրք պայմաններում նատրիումի ալյումինոսիլիկատների գլխավորապես կուտակվում են մնացորդային ապակու մեջ, որը հանգեցնում է արտադրանքի ոչ յրիվ բյուրեղացմանը: Նատրիումի այս հատկությունը կարող է օգտագործվել բարձր բիմիական կալունություն ունեցող սիլիկատների ստացման համար:

Երիվ բյուրեղացին նյութեր ստանալու համար նատրիումի՝ ապակի առաջացնող հատկությունը կարելի է զգալի շափով շեղորացնել զոլումիտի կամ սերպենտինիտի խառնուրդների միջոցով:

ЛИТЕРАТУРА

1. Рашина Г. А. О колебаниях в составе плагиоклазов в андезит-базальтовых породах. Зап. Всесоюз. минер. общ., 91, вып. 3, 1962.
2. Китингородский И. И. Всес. Хим. общ. им. Д. И. Менделеева, в. № 2, 1963.

М. А. ВАЛЕСЯН

СПОСОБ РАСЧЕТА ОБЪЕМА ГАЗОХРАНИЛИЩА ДЛЯ
 МНОГОЛЕТНЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
 СИСТЕМЕ

Статья посвящена способу определения объема газохранилища, ведущего многолетнее регулирование энергосистемы с учетом методов, применяемых в гидроэнергетике [1-5] и специфики газоснабжения.

На рис. 1 заштрихованная часть выражает собою электроэнер-

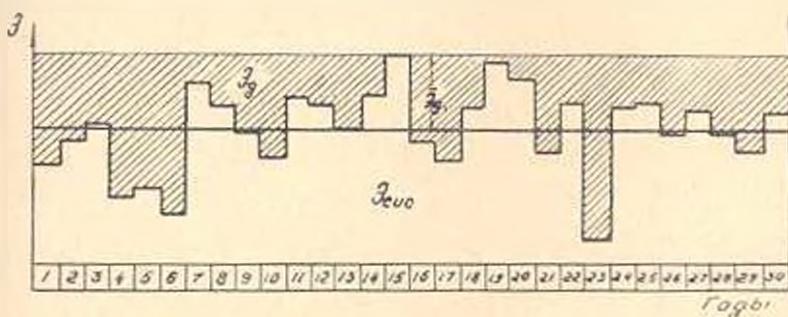


Рис. 1. График многолетней выработки и дефицита электроэнергии.

гию, которую должны выработать тепловые электростанции при работе на газе дополнительно к электроэнергии ГЭС за многолетие.

Использование поступающего на ТЭС газа без режимных потерь возможно при условии [6].

$$\Sigma (v - V) = \Sigma W = 0,$$

где v и V — соответственно потребление и поступление газа в единицу времени;

W — объем избытка (недостатка) газа.

На графике поступления—потребления газа (рис. 2) начало расчетного периода совмещено с моментом, когда поступление газа превышает его потребление. Это позволяет яснее выделить периоды избытка и недостатка газа. Из графика видно, что начиная с момента t_1 до t_2 потребность в газе превышает его поступление; эта потребность может быть обеспечена путем регулирования газв, подавая из газохранилища в этот период дополнительные расходы (отрезок MV в момент t). На рис. 2 площадь W_0 представит объем газа, который нужно дополнительно выделить из газохранилища за время $t_1 - t_2$;

площадь W_1 — избыток газа, подлежащий резервированию. По условию $\Sigma W = 0$ будем иметь $W_1 = W_2$.

На рис. 3 изображена двухтактная работа газохранилища при заданном условии $W_3 < W_2 < W_1$. При условии $\Sigma W = 0$ будем иметь:

$$W_4 > W_2 > W_1.$$

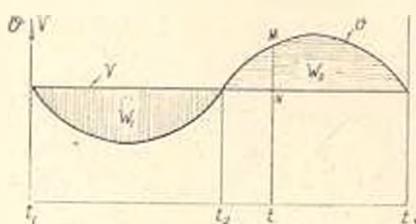


Рис. 2. График поступления и потребления газа.

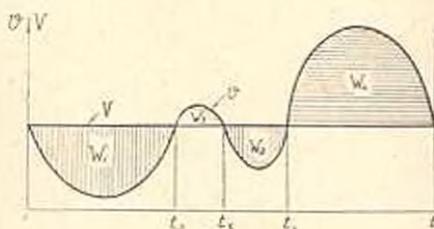


Рис. 3. Двухтактная работа газохранилища.

В этом случае объем газохранилища W , без приведенного давления, будет равен W_3 .

На рис. 4 представле зависимость потребного объема газа W_3 от времени t . Эту интегральную или суммарную кривую потребления можно представить в виде $W_3 = \Sigma v \Delta t$.

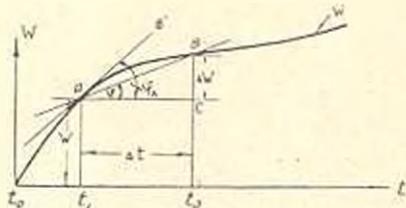


Рис. 4. Суммарная кривая потребления газа.

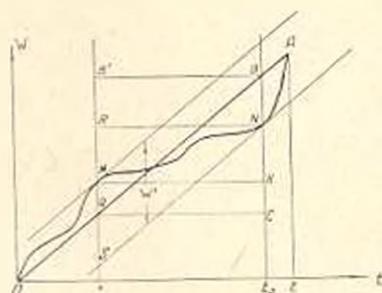


Рис. 5. График для определения объема газохранилища по суммарной кривой.

Рассмотрим совмещенный график суммарных кривых потребления и поступления газа (рис. 5). При условии $\Sigma W = 0$, $V = \frac{W_2}{t}$, т. е.

и том случае когда поступление газа равно среднему за расчетный период потреблению, концы суммарных кривых поступления и потребления должны на графике совпадать (точка A). Проведя касательную к суммарной кривой потребления параллельно касательной суммарной кривой поступления, найдем периоды наибольшего наполнения и наибольшего опорожнения газохранилища. Отрезок $RM = NK$ очевидно представляет величину потребления газа за период $t_2 - t_1$. За этот же период величина поступления газа выразится отрезком $RS = BC$ (при перенесении прямой OA параллельно самой себе, она займет положение прямой SN). Разность отрезков RS и RM предста-

вит объем газохранилища для резервирования избытка газа за период $t_2 - t_1$.

Очевидно, эта величина (без приведенного давления, учета подушечного газа и т. д.) и будет представлять объем газохранилища для многолетнего регулирования.

АрдНИИВВ и ГМ

Поступило 5.II.1965

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Осипов А. М. Применение методов энерго-экономических расчетов и регулировании режима газоснабжения. Сб. „Экономика транспорта, хранения и использования газа“. Л., 1964.
2. Осипов А. М., Абдуллова Ф. С. Экономика газохранилища в энергетической системе. Л., 1964.
3. Попов А. В. Сочинения, т. III, Сельхозгиз, 1951.
4. Никитин С. Н. Основы гидроэнергетических расчетов. Госэнергоиздат, 1959.
5. Морозов А. А. Использование водной энергии. Госэнергоиздат, 1948.
6. Ряузов Н. Н. Общая теория статистики. Госстатиздат, 1963.

Բ Ո Վ Ս Ն Դ Ա Կ Ո Ի Թ Յ Ո Ի Ն

ԷՆԵՐԴԵՏԻՎԱ

Հ. Տ. Ալոսց, Պ. Ա. Մարկոսյան, Ս. Շ. Հակոբյան. <i>Սինխրոն մեքենայի ստորին անկյան ֆորմուլայի ուսումնասիրությունը եռաֆազ կարճ միացման ռեժիմում էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ</i>	3
Ն. Վ. Լուսնիսյան. <i>Հիդրոազրեքսանների կարգավորման մեծ կայունության բավարար պայմանների մասին</i>	10

ՀԻԴՐԱՎԻԿԱ

Վ. Մ. Հսվսեիյան. <i>Տարանի աշխատանքի ռեժիմի որոշելը մաթսիմալ օգտակար գործողության գործակիցի համար</i>	17
---	----

ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՈՒՅՈՒՄԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Ս. Կուրիկյան. <i>Առավելագույնի սահմանից դուրս զտնվող կառուցվածքներում սեյսմիկ ուժերի որոշման մասին</i>	23
Մ. Գ. Խուսիյան. <i>Արագացման հեղուկային արձր վարքի տեսլիտիկ ուսումնասիրությունը</i>	24

ՄԵԶԻՆԵՍԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ. Ս. Միկոսյան. <i>Անդապաթ կտրիկ ԱԿՄ-1</i>	39
--	----

ԲԱԼԵՈՏՆԵՆԻԿԱ

Ռ. Պ. Տատարիճով, Ն. Ս. Նեզգոյմիևոյա. <i>Հանքաշրատոր խողովակներում աղսկուտակման և կորոզիայի հարցի մասին</i>	46
--	----

ՇԻՆԱՆՅՈՒԹԻՆ

Ա. Մ. Ախիսյան. <i>Քարձր ուժրության թեթև քետոնների վառուսմացման մասին</i>	22
Գ. Ս. Ուոչին, Ռ. Վ. Հավսրյան. <i>Նայլոնի դերը բազալտային ձուլվածքի ֆազային կազմի մոսափորման բնիացքում</i>	54

ԳԻՏԱԿԱՆ ԿՈՒԹԻՆ

Մ. Շ. Վալիսյան. <i>Էներգետիկայի սխեմաի բազմաոլյա կարդափորման զուգամբարի ճափայի հաշվման մեթոդների մասին</i>	65
--	----

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Энергетика

- Г. Т. Адоца, П. А. Матвеевич, С. Г. Акопян.* Исследование формулы роторного угла синхронной машины в режиме трехфазного короткого замыкания с помощью цифровой машины 3
- И. К. Нонинский.* О достаточных условиях устойчивости в „большом“ регулировании гидромотора 1

Гидравлика

- В. М. Овсепян.* Установление режима работы тарана на максимальный коэффициент полезного действия 17

Сейсмостойкость сооружений

- С. С. Дарбинян.* К определению сейсмических сил в сооружениях за пределом упругости 23
- М. Г. Хачини.* Аналитическое изучение поведения жидкостного датчика ускорения 34

Машиностроение

- Г. С. Минасян.* О некоторых преимуществах безвершинного реза БРМ-1 39

Бальнеотехника

- Б. П. Татаринова, Н. А. Нездойминова.* К вопросу, солеотложения и коррозии в трубопроводах минеральной воды 46

Строительные материалы

- А. М. Асирян.* О вакуумировании высокомарочных легких бетонов 53
- Г. А. Рашид, Р. В. Акопян.* К вопросу о роли Na_2O в формировании фазового состава базальтового литя 58

Научные заметки

- М. А. Валеевич.* Способ расчета объема газохранилища для многолетнего регулирования в энергетической системе 65

