

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒՅԳԻԱ

Աղսնց Հ. Տ., Ալեքսեևսկի Վ. Վ., Կոխաբաբյան Լ. Վ., Կառյան
Մ. Վ. (պատ. խմբագիր), Նազարով Ա. Ֆ., Սիմոնով Կ. Զ.,
Փրնաբյան Վ. Վ. (պատ. խմբագիր տեղակալ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Адоми Г. Т., Алексеевский В. В., Егизаров Н. В., Касьян
А. В. (отвст. редактор), Назаров А. Г., Панаджян В. В.
(зам. отв. редактора), Симонов А. З.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

С. С. ДАРБИНЯН

О КОЛЕБАНИИ СВОБОДНО СТОЯЩЕГО ПРИЗМАТИЧЕСКОГО БРУСА ПОД СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

В статье исследуется простейший случай колебания абсолютно твердого, свободно стоящего параллелепипеда под действием горизонтальных и вертикальных сейсмических сил (рис. 1). Колебание такого бруса описывается следующим дифференциальным уравнением [1]:

$$Ax'' - [bx_0' + h(y_0' + g)]x = hx_0' - b(y_0' + g), \quad (1)$$

где $A = \frac{2}{3}(b^2 + h^2)$.

1. *Свободные колебания.* Предположим, что брусу сообщается начальная скорость α_0 в момент $t=0$, после чего он начинает свободно качаться.

Дифференциальное уравнение движения (1) в рассматриваемом случае примет вид:

$$Ax'' - hgx = -bg.$$

Это уравнение можно преобразовать так:

$$\alpha'' - \omega^2 \alpha = -\omega^2 \gamma, \quad (1.1)$$

$$J_0 = \frac{AQ}{2g} = \frac{Q}{4g}(b^2 + h^2) + J, \quad \omega^2 = \frac{Qh}{2J_0}, \quad \gamma = \frac{b}{h},$$

где J_0 — момент инерции бруса относительно точки O ; ω — частота собственных колебаний.

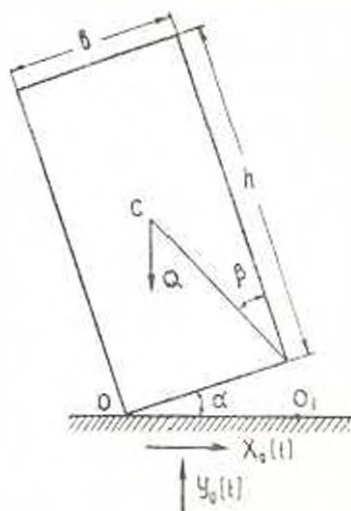


Рис. 1.

В частном случае, когда $h \gg b$, то есть угол β — малая величина, (1.1) совпадает с уравнением [2].

Решение уравнения (1.1) при начальных условиях $t=0$, $\alpha=0$, $\alpha'=\alpha_0$ запишется следующим образом:

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{\omega} \operatorname{sh} \omega t + \gamma (1 - \operatorname{ch} \omega t). \quad (1.2)$$

Момент максимального смещения t_m находим из условия $\dot{x} = 0$

$$\operatorname{ch} \omega t_m - \gamma \omega \operatorname{sh} \omega t_m = 0.$$

Откуда

$$t_m \omega t_m = \frac{x_0}{\gamma \omega}. \quad (1.3)$$

Максимальный угол поворота x_m на основании (1.2) и (1.3) будет равен

$$x_m = \gamma \left(1 - \sqrt{\frac{1 - x_0^2}{\gamma^2 \omega^2}} \right). \quad (1.4)$$

Если колебания совершаются без потерь, то есть имеют место упругие удары, период колебаний определится по формуле

$$T = 4t_m = \frac{4}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{x_0}{\gamma \omega}. \quad (1.5)$$

С момента $t = t_m$ брус возвращается в свое начальное положение. Тогда движение описывается уравнением (1.1) с новыми начальными условиями при $t = t_m$, $x = x_m$, $\dot{x} = 0$. Поэтому решением (1.1) будет

$$x = \gamma + (x_m - \gamma) \operatorname{ch} \omega (t - t_m). \quad (1.6)$$

Момент времени t_1 , когда происходит удар бруса по фундаменту, находим из (1.6) при $x = 0$

$$t_1 = t_m + \frac{1}{\omega} \operatorname{arcch} \frac{\gamma}{\gamma - x_m}. \quad (1.7)$$

Скорость в этот момент на основании (1.4), (1.6) и (1.7) будет

$$\dot{x}(t_1) = -\omega \sqrt{\gamma^2 - (\gamma - x_m)^2} = -x_0.$$

После совершения удара ($t > t_1$) брус будет качаться вокруг точки O_1 . Движение снова описывается уравнением (1.1) и возможно колебание произойдет вокруг O или O_1 . Продолжительность такого процесса зависит от коэффициента восстановления k , то есть от величины скорости после каждого удара. Для абсолютно упругих тел ($k=1$) колебание бруса продолжается без конца, меняется лишь знак скорости после каждого удара. Для абсолютно неупругих тел ($k=0$) в момент $t = t_1$ качание прекращается полностью. Если $0 < k < 1$, то после каждого удара скорость уменьшается в k раз и колебание постепенно затухает.

Теперь вычислим то значение начальной скорости x_0 , при котором брус опрокинется. Опрокидывание произойдет, если диагональ бруса примет вертикальное положение, и в этот момент он имеет ничтожную угловую скорость.

Это условие будет выражаться так: $\alpha_m = \beta = \operatorname{tg} \gamma$, на основании которого находим

$$x_0 = \omega \sqrt{\gamma^2 - (\gamma - \operatorname{tg} \gamma)^2}.$$

Откуда в случае, когда $h \gg b$, получим ту величину z_0 , при которой брус опрокидывается

$$z_0 = \gamma_0$$

или

$$z_0 = \frac{b}{h} \sqrt{\frac{Qh}{2J_0}}.$$

но

$$J_0 = \frac{Q}{4g} (h^2 + b^2) + \frac{Q}{12g} (h^2 + b^2) = \frac{Q}{3g} (h^2 + b^2).$$

Следовательно

$$z_0 = \frac{b}{h} \sqrt{\frac{3gh}{2(h^2 + b^2)}}. \quad (1.8)$$

В частном случае (1.8) совпадает с решением [3].

2. *Вынужденные колебания.* Рассмотрим колебание бруса, находящегося под сейсмическими силами в двух направлениях. В рассматриваемом случае (1) можно представить в следующем виде:

$$x'' + P^2(t)x = R(t), \quad (2.1)$$

где

$$P^2(t) = -\frac{h}{A} (\gamma \ddot{x}_0 - \ddot{y}_0 - g), \quad R(t) = \frac{h}{A} \left(\frac{1}{\gamma} \ddot{x}_0 - \ddot{y}_0 - g \right).$$

Если выполняется условие

$$|P^2(t)| = \left| \frac{P^2(t)}{2P(t)} - \frac{3}{4} \left(\frac{P'(t)}{P(t)} \right)^2 \right|,$$

то решение однородного уравнения можно представить следующим образом [4]:

$$z(t) = \frac{1}{\sqrt{P(t)}} \left[c_1 e^{i\varphi(t)} + c_2 e^{-i\varphi(t)} \right],$$

где

$$\varphi(t) = \int P(t) dt.$$

Решение, соответствующее правой части (2.1), найдем методом вариации параметров. Тогда общее решение (2.1) будет:

$$z(t) = \frac{1}{\sqrt{P(t)}} \left\{ C_1 e^{i\varphi(t)} + C_2 e^{-i\varphi(t)} + \frac{1}{2i} \left[e^{i\varphi(t)} \int \frac{R(t) e^{-i\varphi(t)} dt}{\sqrt{P(t)}} - e^{-i\varphi(t)} \int \frac{R(t) e^{i\varphi(t)} dt}{\sqrt{P(t)}} \right] \right\}, \quad (2.2)$$

где

$$z_1 = \frac{e^{i\varphi(t)}}{\sqrt{P(t)}}, \quad z_2 = \frac{e^{-i\varphi(t)}}{\sqrt{P(t)}}.$$

Если $\varphi(t)$ вещественная функция, то есть $P^2(t) > 0$, то

$$z(t) = \frac{1}{\sqrt{P(t)}} \left\{ A_1 \cos \varphi(t) + A_2 \sin \varphi(t) + \int \frac{R(\tau)}{\sqrt{P(\tau)}} \sin [\varphi(t) - \varphi(\tau)] d\tau \right\}. \quad (2.3)$$

Если $\varphi(t)$ минимая функция, то есть $P^{\pm}(t) < 0$, то

$$z(t) = \frac{1}{\sqrt{P(t)}} \left\{ A_1 \operatorname{ch} \psi(t) + A_2 \operatorname{sh} \psi(t) - \frac{1}{t} \int \frac{R(z)}{1/P(z)} \operatorname{sh} [\psi(t) - \psi(z)] dz \right\}, \quad (2.4)$$

где $\psi(t) = \frac{1}{i} P(t) > 0$ — вещественная функция.

В частном случае, если на брус действует сейсмическая сила только в горизонтальном направлении, то есть, когда $y_0(t) = 0$ и $x = \gamma \cos pt$, уравнение (2.1) примет вид

$$z'' + \left(-\frac{h}{A} g + \frac{h\gamma}{A} p^2 \cos pt \right) z = -\frac{b}{A} \left(\frac{p^2}{\gamma} \cos pt - g \right).$$

Введем обозначение $pt = 2z$, тогда

$$z' = \frac{p}{2} \frac{dz}{dz}, \quad z'' = \left(\frac{p}{2} \right)^2 \frac{d^2 z}{dz^2}.$$

Уравнение движения примет вид

$$\frac{d^2 z}{dz^2} + (a - 2q \cos 2z) z = \gamma a + \frac{2q}{\gamma} \cos 2z, \quad (2.5)$$

где

$$a = -\frac{hg}{A} \left(\frac{2}{p} \right)^2; \quad q = -\frac{2b\gamma}{A}.$$

Дифференциальное уравнение (2.5) представляет из себя стандартный вид уравнения Матье, решению которого посвящена обширная литература, например, [5, 6]. Можно показать, что для рассматриваемой задачи удобно применить асимптотические методы. Отметим, что (2.5) аналогично уравнению колебания перевернутого маятника с коэффициентами a и q . Известно, что для такого случая существует область устойчивости, которую легко определить.

Колебание рассматриваемого бруса приводит к решению уравнения типа (2.5) в случаях, когда $x_0(t) = 0$, $y_0(t) = \gamma_1 \cos \omega_1 t$ и когда $x_0(t)$ и $y_0(t)$ меняются по гармоническому закону.

Таким образом, решение поставленной задачи приводится к изучению явления колебаний перевернутого маятника, для которого методы решения существуют. Однако, задачу можно решить также при произвольном законе колебания почвы с использованием реальных акселерограмм и ЭЦВМ.

3. Случай очень малых перемещений. Из уравнения (2.1) видно, что коэффициент z и $R(t)$ — величины одинакового порядка. Поэтому при весьма малых значениях z (2.1) с известным приближением можно записать в следующем виде:

$$z'' = \frac{b}{A} \left(\frac{1}{\gamma} x_0 - y_0 - g \right), \quad (3.1)$$

решение которого будет

$$z(t) = \frac{b}{A} \left(\frac{1}{\gamma} x_0 - y_0 - \frac{gt^2}{2} \right) + c_1 t + c_2$$

При нулевых начальных условиях $c_1 = c_2 = 0$ и, следовательно, решение в нулевом приближении будет

$$z_0 = \frac{b}{A} \left(\frac{1}{\gamma} x_0 - y_0 - \frac{gt^2}{2} \right). \quad (3.2)$$

Для нахождения первого приближения в силу (3.2) и (2.1) находим

$$z_1 = z_0 + \frac{1}{A} \int_0^t \int_0^t F(t) dt dt,$$

где

$$F(t) = \frac{bh}{A} (\gamma \dot{x}_0 + \dot{y}_0 + g) \left(\frac{1}{\gamma} x_0 - y_0 - \frac{gt^2}{2} \right). \quad (3.3)$$

Продолжая этот процесс, можно найти решение с любой приближенностью.

Нулевое приближение и первое приближение, как видно из (3.3), отличаются на величину

$$\delta_1 = \frac{1}{A} \int_0^t \int_0^t F(t) dt dt = \frac{h}{A} \int_0^t \int_0^t (\gamma \dot{x}_0 + \dot{y}_0 + g) z_0(t) dt dt.$$

Последующие приближения друг от друга будут отличаться соответственно на величину:

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \frac{h}{A} \int_0^t \int_0^t (\gamma \dot{x}_0 + \dot{y}_0 + g) (z_1 - z_0) dt dt, \\ \delta_3 &= \frac{h}{A} \int_0^t \int_0^t (\gamma \dot{x}_0 + \dot{y}_0 + g) (z_2 - z_1) dt dt, \\ &\dots \end{aligned} \quad (3.4)$$

Все эти выражения можно написать следующим рекуррентным соотношением:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{h}{A} \int_0^t \int_0^t (\gamma \dot{x}_0 + \dot{y}_0 + g) z_0 dt dt, \\ \delta_n &= \frac{h}{A} \int_0^t \int_0^t (\gamma \dot{x}_0 + \dot{y}_0 + g) (z_{n-1} - z_{n-2}) dt dt, \quad (n=2, 3, \dots). \end{aligned}$$

Если z очень малая величина и, следовательно, z_0 выбрана достаточно точно, то из (3.4) видно, что последовательность $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots$ должна быстро убывать.

Таким образом, для практически применимых задач можно будет ограничиться нулевым приближением

$$z = \frac{b}{A} \left(\frac{1}{\gamma} x_0 - y_0 - \frac{gt^2}{2} \right). \quad (3.5)$$

Момент времени t_m , при котором имеет место максимальный поворот бруса, находим из условия $z' = 0$. На основании (3.5) будем иметь:

$$\frac{1}{\gamma} \dot{x}_0(t_m) - \dot{y}_0(t_m) - gt_m = 0. \quad (3.6)$$

Определяя из (3.6) t_m и подставляя в (3.5), получим величину максимального значения $z = z_m$:

$$z_m = \frac{b}{A} \left[\frac{1}{\gamma} x_0(t_m) - y_0(t_m) - \frac{gt_m^2}{2} \right]. \quad (3.7)$$

После максимального отклонения брус начнет обратное движение и в момент t_1 , когда $z = 0$, произойдет удар по фундаменту. Далее, в зависимости от направления $x_0(t)$ он будет колебаться либо относительно точки О, либо относительно точки O_1 .

Нетрудно доказать, что если колебание совершается относительно точки O_1 , то в дифференциальном уравнении движения (1.1) меняется знак перед $x_0(t)$. Однако, если учесть и направления функции $x_0(t)$, то фактически получим то же самое уравнение, решение которого находим указанным методом.

Величину t_1 находим из (3.6) при $z = 0$

$$\frac{1}{\gamma} \dot{x}_0(t_1) - \dot{y}_0(t_1) - gt_1 = 0. \quad (3.8)$$

Скорость в этот момент равна

$$z'(t_1) = \frac{b}{A} \left[\frac{1}{\gamma} \dot{x}_0(t_1) - \dot{y}_0(t_1) - gt_1 \right]. \quad (3.9)$$

Преимуществом решения (3.5), помимо простоты, является то обстоятельство, что становится возможным использовать при расчете сейсмограммы землетрясений.

Известно, что расчет сооружений с помощью реальных записей землетрясений связан с определенными трудностями из-за отсутствия акселерограмм. Поэтому предлагаемый метод в некоторой мере восполняет этот пробел.

Отметим, что все полученные выше уравнения являются линейными с переменными коэффициентами. При решении таких уравнений возможно параметрическое возмущение (в частности параметрический резонанс), на которое до сих пор не обращалось должного внимания. Это обстоятельство при некоторых условиях может привести к снижению сейсмического эффекта.

В заключение автор приносит свою благодарность академику АН АрмССР А. Г. Назарову за ценные советы при выполнении этой работы.

Ս. Ս. ԿԱՐՐԻՆՅԱՆ

ՍԵՅՍԱՄԻԿ ՈՒԺԵՐԻ ԱՉԴԵՏՈՒԹՅԱՆԸ ԵՆԹԱՐԿՈՒՄ ԱՁԱՏ ՀԵՆՎԱԾ
ՊՐԻՋՄԱՅԱԶԵՎ ԶՈՂԻ ՏԱՏԱՆՈՒՄԻՆ ԼՐԱՍԻՆ

Ս. մ փ ո փ ո լ մ

Հոդվածում ուսումնասիրվում է ազատ կախված զուգահեռանիստի տատանումների խնդիրը՝ հորիզոնական և ուղղաձիգ ուղղություներով ալիքող սեյսմիկ ուժերի ազդեցությամբ դեպքում: Ձևայած, որ խնդրի նշված դրվածքի դեպքում հայտնի են դառնում մի շարք նոր երևույթներ, որոնք շատ կարեւոր են սեյսմակայունության հաշվարկի կատարելիս, մինչև այժմ դրանք չեն ուսումնասիրված: Հայտնի է (1), որ այդ խնդրի լուծումը բերվում է փոփոխական դործակիցներով երկրորդ կարգի սովորական դիֆերենցիալ (1) հավասարման ինտեգրմամբ:

Դիտվում են ազատ ու հարկադրական տատանումները և ցույց է տրվում, որ արտաքին ուժերի հարմոնիկ օրենքով փոփոխման դեպքում (1) հավասարումը բերվում է Լատայեի հայտնի հավասարմանը: Դիտվում է նաև շատ փոքր տեղափոխումների դեպքը, որի ժամանակ լուծումը հասցվում է մինչև վերջ:

Կատարված ուսումնասիրությունների ցույց են տալիս, որ կառուցվածքների սեյսմակայունության հաշվարկի կատարելիս, երկու ուղղությամբ ալիքող ուժերի հաշվի առնելը կարող է ի հայտ բերել ամրության նոր, քաջնված պաշարներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дарбинян С. С. Об одном дополнительном резерве сопротивляемости сооружений сейсмическим воздействиям. ЛАН АрмССР, т. XLII, № 4, 1966.
2. Housner G. W. The Behavior of inverted Pendulum Structures During Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, February, 1963.
3. Голицын Б. Б. Избранные труды, т. II, М., 1960.
4. Каннингхэм В. Введение в теорию нелинейных систем. Госэнергоиздат, 1962.
5. Мак-Лахлан Н. В. Теория и приложения функций Матле. М., 1953.
6. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. М., 1957.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Л. М. МЕЛКОНЯН

ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ И ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Принято считать, что коррозионное разрушение стальных строительных конструкций в атмосферных условиях носит равномерный характер. Более детальное изучение корродированных поверхностей показало, что равномерность нарушается в связи с неоднородностью металла, видом термической и механической обработки, чистоты поверхности изделий, видом напряженного состояния [1, 2]. Влияние таких поражений, как язвы и питтинги, аналогично действию концентраторов напряжений [3], что особенно неблагоприятно для сталей повышенной и высокой прочности, имеющих повышенную чувствительность к концентрации напряжений [4].

Перспектива применения сталей повышенной и высокой прочности в строительстве поставила перед исследователями задачу всестороннего изучения работы этих сталей в конструкциях. В настоящее время получены данные по ряду их свойств, однако наименее исследованной является коррозионная стойкость, в то время как это свойство является одним из основных, определяющих долговечность металлических конструкций. Это и является целью настоящего исследования, которое приводится в лаборатории коррозии кафедры металлических конструкций МНУ им. В. В. Куйбышева и лаборатории металлографии ЦНИИСКА им. В. А. Кучеренко.

В настоящей статье представлены данные по выявлению характера разрушений некоторых марок сталей повышенной и высокой прочности, рекомендуемых для строительства, в различных атмосферных условиях. Все марки сталей (табл. 1) исследовались в термоупрочненном состоянии (закалка — отпуск). Химический состав сталей приведен в табл. 2.

Таблица 1

Класс стали	C — 31	C — 60	C — 75
Марка стали	Ст 1	12Г2СМФ	11Х1С, 12ХГ2СМФ

Исследование носит сравнительный характер и в качестве эталона выбрана сталь марки МСт 3 сп. в горячекатаном состоянии.

Плоские образцы размером 80×50 мм подвергались коррозии в условиях: 1) городской промышленной атмосферы; 2) мартеновского

цеха металлургического комбината; 3) коррозионной камеры (ускоренные испытания). Режим коррозионной камеры подбирался таким образом, чтобы имитировать характерные для промышленной атмосферы условия и обеспечить протекание коррозионных процессов с максимальной для данных условий скоростью без изменения его механизма по методике, описанной в [3, 5]. Максимальная продолжительность ускоренных испытаний — 12 месяцев, натуральных — 18.

Таблица 2

Марка стали	Химический состав в %									
	C	Mn	Si	S	P	Cu	Ni	Cr	Mo	V
Ст 3сп	0,21	0,55	0,17	0,033	0,010	0,11	0,060	0,062	—	—
Ст Т (С—34)	0,16	0,45	0,16	0,30	0,014	—	0,03	0,03	—	—
12Х12СМФ (С—60)	0,12	1,48	0,53	0,020	0,009	0,19	0,13	0,090	0,16	0,16
12Х12СМФ (С—75)	0,12	1,46	0,50	0,024	0,010	0,16	0,15	0,78	0,18	0,18
14ХГС (С—75)	0,16 0,17	1,08 1,09	0,46 0,52	0,031 0,037	0,027	0,022 0,046	0,02	0,54	—	—

Изучение характера коррозии проводилось металлографическим методом. Поперечные шлифы прокорродированных образцов травились в 4% спиртовом растворе азотной кислоты, изучались и фотографировались на микроскопе МИМ-8.

Результаты металлографических исследований после 3 и 6 месяцев испытаний в коррозионной камере и 6 месяцев в натуральных условиях показали: для стали марки Ст 3сп. характерный язвенный тип коррозии при испытаниях в коррозионной камере и в городской промышленной атмосфере. В условиях мартеновского цеха разрушение носит равномерный характер.

У стали марки Ст. Т коррозия пятнами в коррозионной камере после 3 месяцев испытаний переходит в язвенную. Результаты 6-месячных испытаний показывают, что происходит локализация процесса, при этом скорость разрушения возрастает. Язвенный тип коррозии сохраняется и в условиях городской атмосферы. В мартеновском цехе разрушение поверхности металла равномерно.

Характерным для стали марки 14ХГС является язвенный тип коррозии в камере. Однако после 6 месяцев испытаний появилось большое число разрушений типа подповерхностных, которые берут начало от стенок коррозионных язв и проходят в направлении, параллельном поверхностной кромке. Наблюдалось подкорковое разрушение стали 14ХГС во влажной камере через 6 месяцев испытаний. Под широким коррозионным поражением была обнаружена трещинка, которая начиналась от стенки язвы, но проходила вначале по границе зерен — первая стадия развития коррозионного процесса; затем на-

блюдалось увеличение и утолщение продольной трещинки, что приводило к подповерхностным разрушениям. Аналогичен тип разрушений этой стали в городских условиях. Подповерхностные разрушения могут привести к отделению верхних поверхностных слоев металла (процесс отслоения), обнажая новые, и замедлить стабилизацию процесса коррозии. В условиях мартеновского цеха разрушения носят язвенный характер.

Для стали марки 12Г2СМФ, легированной небольшими добавками ванадия, характерным являются язвенный и питтинговый типы коррозии в исследуемых условиях. Питтинговые разрушения начинаются не только от поверхностной корки металла, но и со дна язвенных поражений. Питтинги, узкие у начала, по мере удаления от поверхности расширяются и заканчиваются концентрированными и ниде пустот разрушениями, от которых, в свою очередь, проходят протоки коррозионных поражений во все стороны, образуя рыхлую поверхностную корку.

Язвенный и подповерхностные типы поражений свойственны и для сложнoleгированной стали марки 12ХГ2СМФ в рассматриваемых условиях. Глубина язв достигает 1 мм после 6 месяцев коррозии в коррозионной камере, в то время как у стали Ст 3сп — 0,1 мм скорость коррозии этой марки стали на начальном этапе исследования (3 месяца) также превышала скорость коррозии стали марки Ст 3сп. Затем наблюдалось замедление процесса коррозии. Глубокие язвы ослабляют сечение и, являясь концентратором напряжений, в определенных условиях могут привести к хрупкому разрушению. Такого же типа поражения наблюдаются и в городских атмосферных условиях. От питтинга вглубь проходит коррозионная трещина. Слабое травление шлифов, при котором еще не видны границы зерен, но видны коррозионные поражения, показало, что процесс разрушения стали 12ХГ2СМФ, очевидно, начинается с грани зерен, затем разрушенные граничные прослойки утолщаются, захватывая зерна, и заканчиваются концентрированными разрушениями.

Таким образом, исследование коррозионных разрушений рассматриваемых марок сталей в различных атмосферных условиях показало, что коррозионные разрушения носят неравномерный характер: для сложнoleгированных сталей марок 12Г2СМФ и 12ХГ2СМФ разрушения носят язвенный и питтинговый характер; язвенные и подповерхностные разрушения свойственны стали 14ХГС; равномерный и язвенный типы коррозии характерны для стали марки СтТ; разрушения стали Ст. 3сп. носят равномерный и язвенный характеры; подповерхностные и питтинговые разрушения не характерны для стали Ст. 3сп. Подповерхностные разрушения стали 14ХГС могут вызывать отслаивание поверхностных слоев металла, что будет препятствовать процессу стабилизации и обеспечит протекание коррозионного процесса с первоначальной скоростью.

Глубокие язвенные и питтинговые поражения у сталей марок 12Г2СМФ и 12ХГ2СМФ могут служить резкими концентраторами напряжений и при низких температурах способствовать хрупкому разрушению.

МИСН им. В. Куйбышева

Поступило 21.VI.1967

Լ. Մ. ՄԱՔՈՆՅԱՆ

ԲԱՐՁՐԱՄԻՐ ԵՎ ԲԱՐՁՐԱՑՎԱԾ ԱՐՐՈՒԹՅԱՆ ՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ԲԱՅԲԱՅՐԱՆ
ԲՆՈՒՅԹԸ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ԿՐԱՌՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողիածում բերված եկ տարրեր միևուրտային պայմաններում ՇՏ, 14X
ԴՏ, 12XГ2СМФ տեսակների պողպատների քայքայման քննարկի հետազոտու-
թյան արդյունքները։ Ցույց է արված, որ շինարարական պողպատների համա-
շափ քայքայումը, որը միևուրտային պայմաններում հիմնական է համարվում,
միշտ չէ, որ տեղի ունի։ Այդ համաշափությունը հարաբերական է և հատուկ
է բարձրամուր և բարձրացված ամրության չեղման պողպատներին։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Акимов Г. В. Структура и коррозия. Изв. АН СССР, ОХН, № 5, 1961.
2. Стрелецкий И. С. Работа стали в строительных конструкциях, 1956.
3. Вольберг Ю. Л. Исследование влияния атмосферной коррозии на характер разрушения строительной стали. Юбилейный сборник МИСН, Металлические конструкции, 1966.
4. Гладштейн Л. И., Литвиненко Л. А., Левинсон Х. Ш. Строительная сталь 12Г2СМФ и 12ХГ2СМФ для сварных конструкций, журн. «Сталь», № 4, 1967.
5. Кошкин И. И. Экспериментальное изучение влияния конструктивной формы элементов стальных конструкций на стойкость против атмосферной коррозии. Со. тр. МИСН, № 10, 1956.

Э. С. ПОГОСБЕКОВ

МНОГОЛЕТНЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

В [2] автором рассматривался вопрос определения полного потребного объема аккумулялирования газа применительно к тепловым электростанциям, использующим в качестве топлива газ, ведущим вынужденное сезонно-многолетнее компенсированное регулирование в энергосистеме. Способ определения объема опирается на метод статистических испытаний [3, 4], по которому моделируется искусственный энергетический ряд большой длительности и балансовым способом вычисляется потребный объем многолетнего аккумулялирования [2].

Чем длиннее искусственный ряд, по которому вычисляется аккумулялирующий объем W , тем надежнее значение потребного объема и тем меньше вероятность его полного использования. Вероятность полного использования этого объема обратно пропорциональна числу членов ряда N . Ясно, что эта вероятность уже при $N > 100$ будет весьма малой величиной и практическое осуществление объема со столь малой вероятностью его полного использования не может быть целесообразным.

Повышение этой вероятности до практически целесообразной величины может быть достигнуто за счет уменьшения объема аккумулялирования (против потребной величины W), при котором полностью заполненное и опорожненное состояния емкости за рассматриваемый срок N будут наблюдаться большее число раз. В их числе будут случаи и недостаточности объема, когда-либо по причине заполненности емкости не удастся принять весь поступающий по газопроводу газ, либо по причине полного опорожнения ощущается потребность в дополнительном приеме газа по магистральному газопроводу.

Введем количественную оценку регулирующей способности аккумулялирующей емкости через долю лет (из всех рассмотренных лет N), в которые обеспечивается многолетнее регулирование, т. е. когда аккумулялирующий объем не переполняется и не оказывается опорожненным и дефицитным по газу годы. В качестве такого показателя может служить понятие обеспеченности p , применяемое в народнохозяйственных расчетах. Если через m' мы обозначим число лет, в которые обеспечивается многолетнее регулирование, то обеспеченность объема многолетнего аккумулялирования можно выразить через

$$p_1 = \frac{\pi}{1+N} 100.$$

Определение обеспеченности p_1 объема многолетнего аккумулярования базируется на ранее приведенной принципиальной схеме расчета [2] при ограничивающем условии — заданной величине объема аккумулярования ω_p и исходит из предпосылки, что аккумулярующая емкость ω_p уже перед началом эксплуатации наполовину заполнена газом. Последнее отпранное положение является единственно целесообразным для работы газохранилища в режиме многолетнего регулятора полной сбалансированности (без сброса газа), ибо невозможно предсказать будет ли первым циклом работы газохранилища наполнение объема или опорожнение, так как оба эти события равновероятны. Емкость, предварительно наполовину заполненная газом, дает возможность завершать режимные циклы как полным заполнением, так и полным опорожнением объема с одинаковой степенью вероятности.

В работе системы газопровод-газохранилище с заданными параметрами — пропускной способностью газопровода Δ и аккумулярующей емкостью ω_p рассмотрим три состояния, характеризующих газопередачу в каждом году.

Первое состояние — когда газохранилище имеет промежуточное наполнение при полном удовлетворении потребителей газом. Этому состоянию удовлетворяет формальное условие — $\omega_p/2 < \Delta \leq +\omega_p/2$.

Второму состоянию отвечают годы, когда газохранилище полностью опорожнено при повышенном (против газоподачи Δ) газопотреблении ($1 - \Delta > \omega_p/2$ или $\Delta < -\omega_p/2$). В этом случае потребитель ощущает недостаток в газе на величину $\Delta - \omega_p/2 = \Delta\theta$.

И третий случай, когда газохранилище полностью заполнено при пониженном газопотреблении против подачи Δ ($1 - \Delta > \omega_p/2$ или $\Delta > +\omega_p/2$); в эти годы ощущается излишек в газе и требуется снизить добычу газа на величину $1 - \Delta - \omega_p/2 = +\Delta\theta$ или $\Delta - \omega_p/2 = \Delta\theta$.

Оба последних случая будем квалифицировать как годы не-обеспеченные регулированием из-за недостаточной регулирующей способности газохранилища активной емкостью ω_p .

Согласно изложенному, расчет регулирования газопотребления по балансовому уравнению (1) должен вестись так, чтобы соблюдались условия непереполнения и "непереопорожнения" аккумулярующей емкости, т. е. чтобы $1 - \Delta \leq \omega_p/2$ или $-\omega_p/2 \leq \Delta \leq \omega_p/2$.

В таком случае в годы, когда численные значения наполнений $1 + \Delta\theta$ и опорожнений $1 - \Delta\theta$ (балансовых разностей) по абсолютной величине оказываются выше заданной предельной величины $\omega_p/2$, в расчет должна включаться для исчисления последующего года величина $\omega_p/2$ с соответствующим балансовой разности знаком.

Для последующего же учета встречающихся дефицитов $-\Delta\bar{\mathcal{E}} = -|-\delta\bar{\mathcal{E}}| - \bar{w}_p/2$ и излишков $+\Delta\bar{\mathcal{E}} = |+\delta\bar{\mathcal{E}}| - \bar{w}_p/2$ газа последние дополнительно фиксируются в процессе вычислений.

Формализуя изложенные условия, получим следующий алгоритм расчета по балансовому уравнению (1):

$$\delta\bar{\mathcal{E}}_i = \begin{cases} (\delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i) & \text{при } -\frac{\bar{w}_p}{2} < (\delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i) < \frac{\bar{w}_p}{2} \\ \frac{\bar{w}_p}{2} & \text{при } (\delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i) > \frac{\bar{w}_p}{2} \\ -\frac{\bar{w}_p}{2} & \text{при } (\delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i) < -\frac{\bar{w}_p}{2} \end{cases}$$

$$\Delta\bar{\mathcal{E}}_i = \begin{cases} 0 & \text{при } -\frac{\bar{w}_p}{2} \leq \delta\bar{\mathcal{E}}_i \leq \frac{\bar{w}_p}{2} \\ +\left(|\delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i| - \left|\frac{\bar{w}_p}{2}\right|\right) & \text{при } \delta\bar{\mathcal{E}}_i > \frac{\bar{w}_p}{2} \\ -\left(|\delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}} - \mathcal{E}_i| - \left|\frac{\bar{w}_p}{2}\right|\right) & \text{при } \delta\bar{\mathcal{E}}_i < -\frac{\bar{w}_p}{2} \end{cases}$$

Если через m_n обозначить число лет, в которые заданный объем аккумулярования $\bar{w}_p$ не обеспечивает полного регулирования, т. е. когда газохранилище заполнено при наличии излишков газа ($\delta\bar{\mathcal{E}} > \bar{w}_p/2$) и опорожнено при дефиците в нем ($\delta\bar{\mathcal{E}} < -\bar{w}_p/2$), то обеспеченность объема аккумулярования выразится так

$$p_n = \frac{N - m_n}{N + 1} 100.$$

С другой стороны, если систему газопровод-газохранилище рассматривать по отношению к потребителю, когда перебойными годами для него являются только годы дефицитные по газу, обеспеченность работы системы с точки зрения бесперебойного снабжения потребителя газом будет количественно оцениваться через число m_d дефицитных лет

$$p_d = \frac{N - m_d}{N + 1} 100.$$

Ввиду того, что нами рассматриваются нормально распределенные процессы, число дефицитных m_d и избыточных m_n лет, как подтверждают расчеты, практически оказывается одинаковым $m_d = m_n$ и в сумме они дают число лет m_n необеспеченных регулированием $m_d + m_n = m_n$.

В таком случае можно записать, что

$$p_c = \frac{N - \frac{m_n}{2}}{N + 1} 100.$$

Анализ расчетов по регулированию на смоделированных длинных рядах показывает, что многолетнее регулирование газопотребления при ежегодной подаче газа к газохранилищу на уровне $\bar{\mathcal{E}}$ приводит к неоправданно большим значениям объемов аккумулярования W .

Причиной этому является следующее обстоятельство.

Нами принято, что в многолетнем разрезе выработка электроэнергии и соответственно газопотребление ТЭС протекают как стационарный случайный процесс, выраженный нами одной реализацией большой длительности, в виде смоделированного искусственного ряда годовых объемов энергии (газопотребления) нормальной распределенности [1, 2].

Естественно, что основной параметр этого ряда $\bar{\mathcal{E}}$ — средне-многолетняя величина годового объема газопотребления численно не будет равна средним значениям $\bar{\mathcal{E}}_i$ на отдельных участках этого ряда, в силу циклических свойств, присущих стационарным случайным процессам.

Раз это так, то необходимо приспособить подачу газа к этим средним значениям на отдельных участках, чтобы выдерживать некоторый баланс между подачей и потреблением газа. В противном случае эта разница будет приводить к чрезмерному возрастанию потребных объемов аккумулярования.

Приспособление подачи газа к колеблющимся значениям средне-многолетнего уровня потребления целесообразно осуществлять соответствующими периодическими многолетними изменениями газоподачи. Такие компенсирующие изменения газоподачи от средне-многолетнего значения $\bar{\mathcal{E}}$ на величину $\Delta\bar{\mathcal{E}}$ могут производиться по признаку наблюдаемой тенденции роста балансовых разностей $\delta\bar{\mathcal{E}}_i$. Скажем, если балансовая разность за прошедший $(i-1)$ год была положительной, т. е. газохранилище к началу i -го года заполнено более чем на половину своего активного объема, то подачу газа в i -ом году следует снизить против $\bar{\mathcal{E}}$ на установленную величину $\Delta\bar{\mathcal{E}}$, т. е. осуществить ее на уровне $(\bar{\mathcal{E}} - \Delta\bar{\mathcal{E}})_i$. Если же балансовая разность в $(i-1)$ году была отрицательной, т. е. газохранилище к началу i -го года заполнено менее чем на половину своего объема, то подачу газа в i -ом году следует осуществить на уровне $\bar{\mathcal{E}} + \Delta\bar{\mathcal{E}}$.

Схема расчета многолетнего регулирования газопотребления с учетом компенсирующего режима подачи газа может быть формализована так

$$\delta\bar{\mathcal{E}}_i = \begin{cases} \delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}}_i - \bar{\mathcal{E}}_i & \text{при } -\frac{w_p}{2} \leq \delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}}_i - \bar{\mathcal{E}}_i \leq \frac{w_p}{2} \\ +\frac{w_p}{2} & \text{при } \delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}}_i - \bar{\mathcal{E}}_i > \frac{w_p}{2} \\ -\frac{w_p}{2} & \text{при } \delta\bar{\mathcal{E}}_{i-1} + \bar{\mathcal{E}}_i - \bar{\mathcal{E}}_i < -\frac{w_p}{2} \end{cases}$$

где

$$\bar{\mathcal{E}}_i = \begin{cases} \mathcal{E} & \text{при } \Delta \mathcal{E}_{i-1} = 0 \\ \mathcal{E} + \Delta \mathcal{E} & \text{при } \Delta \mathcal{E}_{i-1} < 0 \\ \mathcal{E} - \Delta \mathcal{E} & \text{при } \Delta \mathcal{E}_{i-1} > 0. \end{cases}$$

Путем последовательных просчетов по заданному многолетнему ряду газопотребления на разные величины объемов аккумулярования ω_p при заданном значении среднеемноголетней подачи газа можно составить зависимость $\omega_p = f(p_i)$.

В качестве примера на рис. 1 приведена такая кривая по вырав-

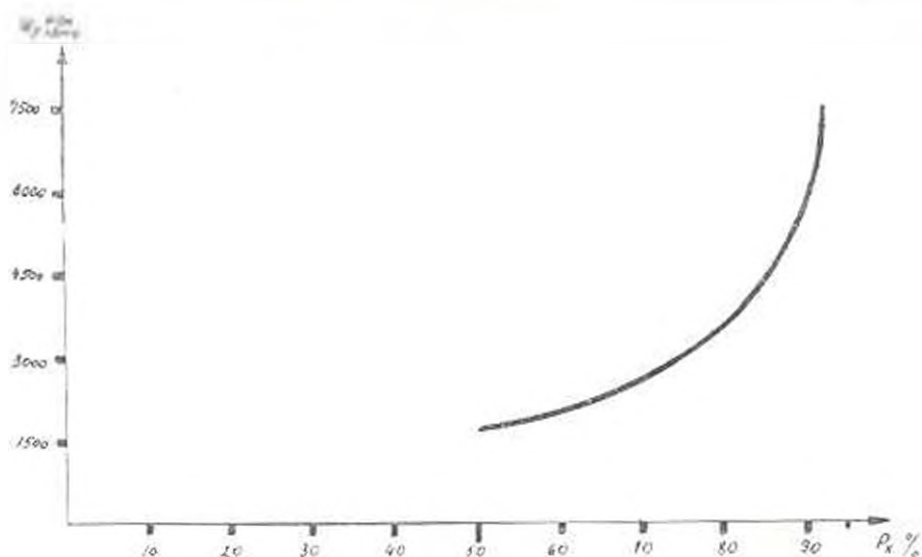


Рис. 1.

нивающей энергии со стандартом отклонения многолетних колебаний $\sigma = 880$ млн. квтч. Эта зависимость позволяет подобрать к заданной среднеемноголетней газоподаче $\mathcal{E}$ потребный объем аккумулярования ω_p , обеспечивающий многолетнее регулирование на заданную величину обеспеченности p_i или p_c .

АрмНИИЭ

Поступило 26.XI.1966

Է. Ս. ՊՈԳՈՍԵՔՈՎ

ԳԱԶԱՊՈՏՐԵԼՈՒՄԻՆ ԲԱԶՄԱՅՈՑԱ ԿԱՐԳԱՎՈՐՈՒՄԸ ԷՆԵՐԳԱՍԻՍՏԵՄՈՒՄ

Ու մ փ ո փ ո ռ մ

Հոգիածում շարադրված է գազամատակարարման կարգավորման հաշվա-
րին սխեման՝ կառուցված հաշվեկշռային մեթոդի հիման վրա: Սխեման մշակ-
ված է լինակագրական փորձարկումների մեթոդով՝ ջերմային էլեկտրակայանի
գազասպառման մոդելացված արհեստական բաղմամբ շարքի համար:

Կարգավորման էությունը կայանում է նրանում, որ գազասպառման բաղ-
մամբ շարքի հիման վրա, զադի բաղմամբ մատակարարման և կուտակման

տրված միջին ծախսի դեպքում, կատարվում է կուտակիչ տարողության պար-
բերական լցնում ու դատարկում՝ կախված գազասպասման տարեկան շափե-
րից: Քնդհանուրով տարիների թանակի հիման վրա, երբ կուտակիչ տարողու-
թյունն ի վիճակի չի ընդունել գազի ավելցուկի նոր քանակ և սպառողին տալ
գազի պակասող ծախսները, որոշվում է տվյալ գազամբարի կարգավորող
ընդունակության ապահովվածությունը: Մի թանի նաշվարկների միջոցով տար-
բեր ծախսների համար կարող են կառուցվել կուտակիչ տարողություն և ծա-
խսի ապահովվածության կախման կորերը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Осипян А. М., Абдуллаева Ф. С. Экономика газохранилища в энергосистеме А., 1961.
2. Погосбеков Э. С. Определение объема многолетнего аккумуляирования газа для тепловых электростанций энергосистемы. Известия АН АрмССР, т. XX, № 1, 1967.
3. Сафаров Е. Д. Основы водородистейственных и энергоэкономических расчетов гидро-
электрических станций. Ереван, 1965.
4. Свинидз Г. Г. Основы расчета регулирования речного стока методом Монте-Кар-
ло. Тбилиси, 1964.

ГИДРОТЕХНИКА

А. М. МХИТАРЯН, Г. Г. ПАХЧАНЫАН, С. М. ШИШМАНЫАН

ВОДНЫЙ И ТЕПЛОВОЙ БАЛАНСЫ СУШИ БАССЕЙНА
 ОЗЕРА СЕВАН

Элементы теплового баланса суши бассейна оз. Севан до настоящего времени изучены недостаточно, в то время как элементы водного баланса суши и водного-теплового баланса озера подробно исследованы [1]. Последнее обстоятельство облегчает расчеты по определению составляющих теплового баланса суши бассейна озера. Результаты исследования могут быть применены для определения элементов водного баланса сельскохозяйственных полей и установления норм водопотребления сельскохозяйственных культур на территории суши Севанского бассейна.

§ 1. Элементы водного баланса суши бассейна озера

Осадки, выпавшие на поверхность суши, расходуются на сток, испарение и инфильтрацию.

Для территории, очерченной водораздельной линией, уравнение водного баланса в общем случае можно представить в виде

$$r = E - q_p - q_g \pm v_b = v_n. \quad (1.1)$$

Здесь q_p — речной сток; q_g — глубинная инфильтрация; v_b — влагообмен с соседними бассейнами; v_n — изменение влагозапасов в пределах речных бассейнов; E — испарение.

Уравнение (1.1) является уравнением водного баланса речных бассейнов и для больших промежутков времени и бессточных территорий может быть представлено в виде

$$r = E + q_i + v_n. \quad (1.2)$$

Или в еще более простом виде

$$r = q_i + E. \quad (1.3)$$

Следовательно, для оценки нормы испарения достаточно иметь многолетние данные об атмосферных осадках и стоке.

Методика определения стока и испарения в гидрологическом отношении малонизученных территорий изложена в [1, 2]. Ниже изла-

гаются результаты определения составляющих водного баланса суши бассейна оз. Севан.

Осадки. Для воднобалансовых расчетов необходимо располагать сравнительно точными данными об осадках, фактически выпадающих на подстилающую поверхность исследуемой территории. Однако вычисление этой составляющей водного баланса связано с трудностями, обусловленными как недостатками существующей методики измерения осадков, так и условиями сложного горного рельефа.

По материалам экспериментальных наблюдений в [3] предложена формула зависимости испарения от скорости ветра, которая рекомендована автором для расчета потерь на испарение. В [3] отмечается, что потери на испарение из дождемера ГГН-3000 значительно меньше, чем из осадкомера Третьякова, принимаая поверхность которого расположена на уровне поверхности земли и так как потери на смачивание для обоих одинаковы, расхождения в показываемых осадкомером Третьякова, установленного на высоте 2 м над землей и дождемером ГГН-3000 могут быть обусловлены влиянием ветра на улавливаемость осадков и испарение их из осадкомеров.

На современном уровне составления водного баланса авторы считают целесообразным ввести в практику поправку на смачивание и использовать данные сетевых наблюдений по дождемеру ГГН-3000 для установления величины недоучета, обусловленной влиянием ветра. Для вычисления величины ошибок на смачивание выбраны некоторые характерные пункты Севанского бассейна: Севан—ГМО, Шоржа, Мазра, Мартунин, Яник. Отдельно для каждой станции определены месячные и годовые величины недоучета за период с 1952 по 1961 гг. Проведенный анализ дает основание данные наблюдений пересчитать, увеличивая количество измеренных осадков на 5—12%.

Оценка недоучета твердых осадков гораздо сложнее и сравнительно мало исследована. Уточнение величины осадков достигается сравнением данных измерений твердых осадков осадкомером Третьякова с данными снегосъемок. Некоторые попытки уточнения твердых осадков на Арагацском массиве [2] показали, что недоучет твердых осадков, измеренных осадкомерами Третьякова, имеет порядок испарения со снежного покрова за период его существования.

При составлении карты осадков, представленной на рис. 1, были использованы все существующие и усовершенствованные методы составления карт. На карте изогеты проведены через 50 мм. В результате планиметрирования карты среднее количество годовой суммы атмосферных осадков по Севанскому бассейну получилось равным 590 мм, что на 7% больше, чем было получено Л. А. Александряном [1].

В силу сложности рельефа бассейна озера здесь имеются резко отличающиеся друг от друга микроклиматические районы со значительным различием годовых сумм атмосферных осадков.

Как известно, количество осадков в зависимости от высоты местности увеличится. Однако в горных условиях часто выделяются и котловинные участки территории, где выпадает сравнительно мало осадков. К ним относится и бассейн оз. Севан, для которого, наряду с котловинностью рельефа, имеет место и другой фактор, который также уменьшает количество осадков. Им является водная поверхность, температура которой сильно отличается от температуры поверхности суши. В теплый период года, когда над сушей преобладают конвективные осадки, сравнительно низкая температура водной



Рис. 1. Карта распределения осадков в мм/год.

поверхности препятствует развитию восходящих токов в центральной части бассейна. В зимний период, наоборот, преобладают адвективные осадки, но наличие положительной температурной аномалии воздуха над водной поверхностью создает неблагоприятные условия для образования осадков.

Как видно из рис. 1, уменьшение осадков происходит по направлению к озеру. По данным метеорологических станций уменьшение осадков наблюдается в Севан-острове по сравнению с Севаном, в Цоваке по сравнению с Зодом и т. д. Из просмотра карты и результатов наблюдений прибрежных станций можно заключить, что северная и северо-западная части бассейна озера Севан характеризуются значительно большим количеством осадков, чем все осталь-

ные районы. Это объясняется тем, что северная и, особенно, северо-западная части бассейна наиболее доступны внешним потокам воздушных масс.

Сток. Речной сток в общем стоке, стекающем в озеро Севан, составляет наибольшую часть. В гидрологическом отношении изучено 70% общей территории [1] суши бассейна озера. На основании изучения речного стока, подсчитанного по данным измерений на гидрологических постах за период 1927—1959 гг. Э. А. Атаян [1], построены графики связи модулей речного стока изученных рек со средней взвешенной высотой местности. Благодаря этому стало возможным подсчитать сток с неизученных территорий.

Объем стока с территорий Севанского бассейна в среднемгодовом разрезе составляет 850 млн м³/год, причем 730—750 млн м³/год стекает в озеро. Водозабор на орошение составляет около 90 млн м³.

§ 2. Испарение с поверхности суши и водный баланс бассейна озера

Существующие методы определения испарения с суши дают удовлетворительные результаты в равнинных условиях, так как расчетные значения испаряемости хорошо согласуются со значениями атмосферных осадков и стока. В [2] было показано, что применение этих методов для определения испарения с суши в горных условиях нецелесообразно по причине недостаточности разработки последних.

Принятая нами схема основывается на совместном рассмотрении уравнений водного и теплового балансов суши. Входящие в эту схему параметры определяются экспериментальным путем и, как показывают результаты экспериментальных исследований, значения их в различных физико-географических условиях меняются незначительно. Это обстоятельство позволяет в приближенных расчетах принять параметры постоянными.

Для расчета испарения и элементов водного баланса суши весь бассейн разбит на определенные участки (сенокосы и пастбища, орошаемые и неорошаемые поля и, наконец, неиспользуемые земли), для которых рассчитаны величины атмосферных осадков, поверхностного стока, испарения и глубинной инфильтрации.

Поверхностный сток, как составляющий речного стока, определялся по данным гидрографа, причем он с орошаемых и неорошаемых полей в первом приближении принят равным нулю, ввиду его малости.

Рассчитанный слой осадков на орошаемых участках Севанского бассейна равен 450 мм и на неорошаемых — 525 мм в год.

Водозабор на орошение в бассейне озера в среднем составляет около 90 млн м³/год.

В табл. 1 приведены средние величины элементов водного баланса суши, рассчитанных за многолетний период в млн м³/год.

Таблица 1

Водный баланс суши Севанского бассейна

Участки	Площадь, к.м ²	Осадки		Испарение		Сток	
		млн $\frac{м^3}{год}$	мм $\frac{мм}{год}$	млн $\frac{м^3}{год}$	мм $\frac{мм}{год}$	млн $\frac{м^3}{год}$	мм $\frac{мм}{год}$
Сенокосы и пастбища	1300	770	592	576	443	194	149
Орошаемые с.х поля	400	180	150	214	610	36	90
Неорошаемые с.х поля	400	210	525	180	450	30	75
Неиспользуемые земли	1565	1040	665	450	288	590	377
Забор на орошение	—	—	—	—	—	-100	-27
Итого	3665	2200	600	1450	386	750	304

§ 3. Тепловой баланс поверхности суши бассейна озера

Уравнение теплового баланса без учета затрат тепла на биофизические процессы, которые, как правило, не превышают 1—2% от основного составляющего уравнения теплового баланса, может быть представлено в виде

$$R = LE + P + B, \quad (3.1)$$

Здесь R — радиационный баланс; LE — затраты тепла на испарение; P — турбулентный теплообмен с атмосферой; B — поток тепла в почву.

Систематическое изучение радиационного баланса и его составляющих в бассейне оз. Севан были начаты в 1956—1957 гг. на полуострове Севан и Мартуни. Материалы измерений составляющих радиационного баланса до 1961 г. обобщены и использованы для определения радиационного баланса оз. Севан [1]. Здесь же приводятся данные по определению составляющих радиационного баланса суши бассейна оз. Севан. Радиационный баланс определяется по формуле

$$R = S_n(1 - \alpha) - J_n, \quad (3.2)$$

где S_n — суммарная коротковолновая радиация в действительных условиях; α — альбедо; J_n — эффективное излучение.

В климатологических расчетах радиационного баланса его величина, обычно, определяется в соответствии с формулой (3.2) как разность поглощенной радиации и эффективного излучения. В исследованиях ГГО по климатологии теплового баланса для расчетов суммарной радиации использовалось уравнение [4]

$$S_n = S [1 - (1 - K_n) n_0], \quad (3.3)$$

где S — суммарная радиация при отсутствии облачности; K_n — коэффициент, определяющий, какую часть суммарной радиации при безоблачном небе составляет действительная суммарная радиация при полной облачности; n_0 — облачность в долях единицы. Используя имеющиеся материалы наблюдений по облачности, возможной сум-

марной и действительной солнечной радиации, произведенных на метеорологических станциях Севан и Мартуни, были определены среднемесячные значения K_n и S .

Эффективное излучение определялось по формуле

$$J_n = J_0 (1 - \text{Сл}_0^m) - 4\sigma f T_n^3 (T_n - T_c) \quad (3.4)$$

Здесь: σ — постоянная Стефана-Больцмана; f — коэффициент излучения; T_n — температура излучающей поверхности; T_c — температура воздуха.

По Онгстрему величина S , при $m = 1$, в среднем равна 0.75. Предварительные расчеты показали, что в условиях бассейна оз. Севан величину S можно принять равной 0.75.

Исходные данные и расчетные величины суммарной, поглощенной радиации, эффективного излучения и радиационного баланса и

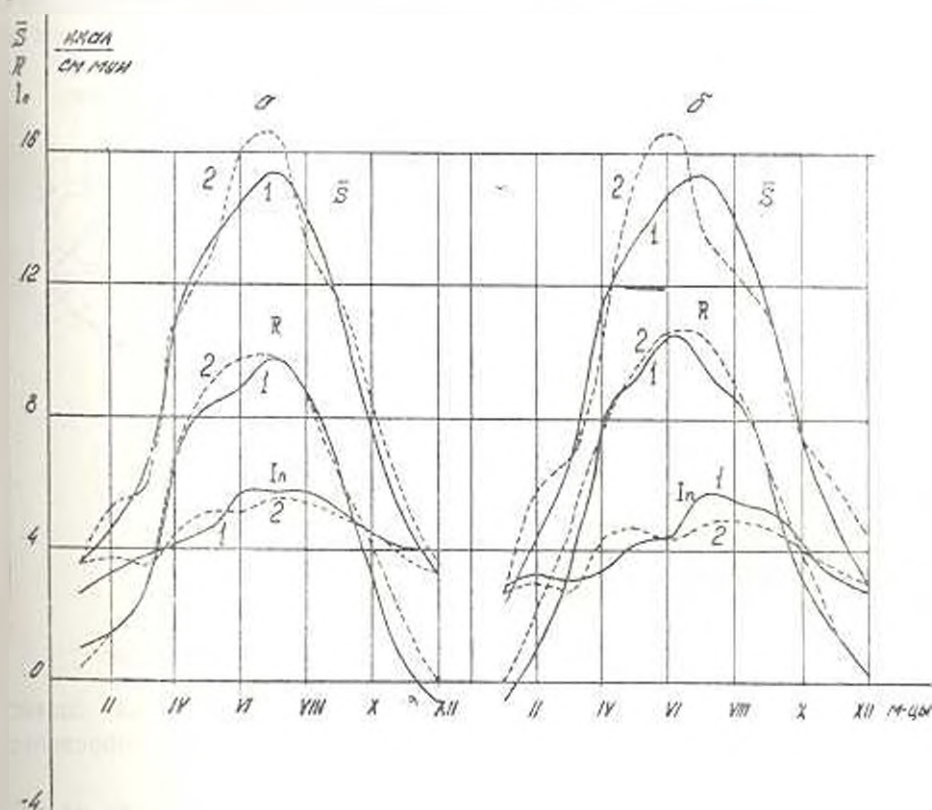


Рис. 2. Годовой ход поглощенной радиации, радиационного баланса и эффективного излучения. а—Севан ГМО; б—Мартуни 1 и 3—вычисленные; 2 и 4—измеренные.

пунктах Мартуни, Севан, Яных, Ератубер были авторами табулированы и здесь не приводятся из-за недостатка места.

Сопоставление измеренных и вычисленных значений составляющих радиационного баланса в пунктах Мартуни и Севан представлено на рис. 2.

Несмотря на то, что конфигурация рельефа Севанского бассейна отличается от Арагацского массива, увеличение высоты местности на 1 км приводит к уменьшению радиационного баланса, в обоих случаях на $10 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$. Полученные данные позволяют построить карты годовых величин поглощенной радиации и радиационного баланса. На рис. 3 представлена карта распределения радиационного баланса в $\text{ккал/см}^2 \text{ год}$.

Проведенные исследования дали возможность выявить ряд закономерностей тепло- и влагообмена в горных районах. Погодные условия в горных местностях благоприятствуют получению огромного ра-

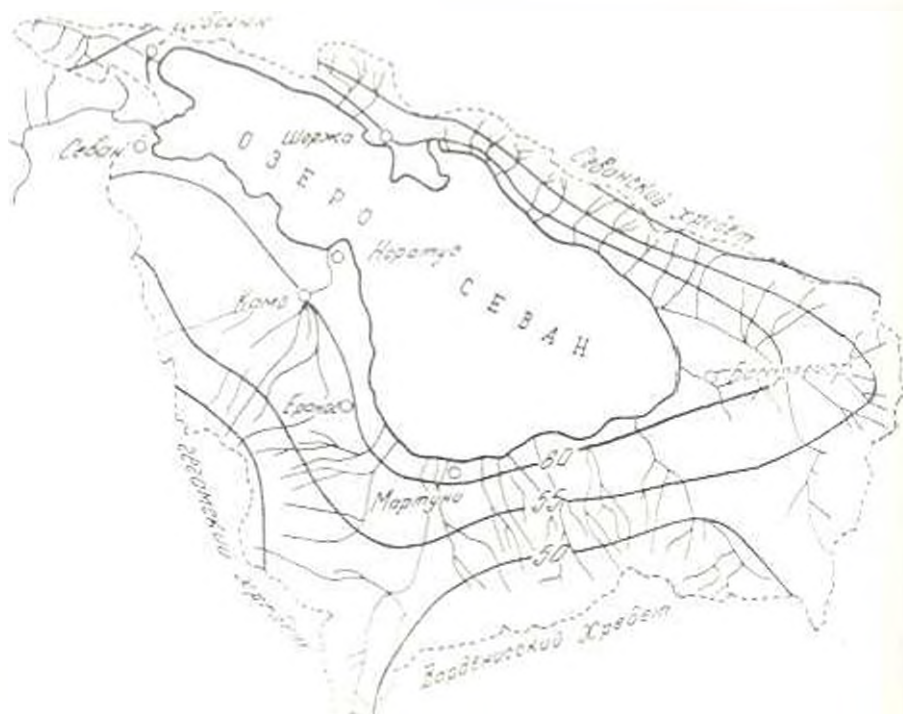


Рис. 3. Карта распределения радиационного баланса в $\text{ккал/см}^2 \text{ год}$.

диационного тепла. Достаточно отметить, что радиационный баланс оз. Севан составляет $71 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$, в то же время прибрежные районы суши озера получают $65 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$.

Бассейн озера Севан находится на 40° с. ш., расположен на высоте более 2000 м над уровнем моря и получает такое радиационное тепло, которое присуще районам $20-30^\circ$ с. ш.

Большой приход радиационного тепла, с одной стороны, и низкая температура вместе с незначительным значением дефицита влажности воздуха, с другой, приводят к тому, что лишь 70% радиационного баланса может быть израсходовано на возможное максимальное испарение.

Радиационный баланс суши бассейна оз. Севан в среднем составляет около $55 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$, 60% которого расходуется на турбулентный теплообмен суши с атмосферой, а остальные 40% — на испарение.

Важнейшим показателем географической зональности является коэффициент сухости (R/Lr), который по данным [4] для лесной зоны меняется от 0,3 до 1,0, а для степной и полупустынной зоны соответственно от 1,0 до 2,0 и от 2,0 до 3.

По нашим данным на прибрежном участке района измеренный радиационный баланс, осредненный за 8 лет, составляет около $65 \text{ ккал/см}^2 \text{ год}$. Следовательно, коэффициент сухости для этого района больше 2,0. Согласно [4] этот участок должен находиться в полупустынной зоне, между тем как этот участок находится в степной зоне. Поэтому можно прийти к выводу, что коэффициент сухости без соответствующих уточнений нельзя использовать в качестве показателя географической поясности в горных условиях.

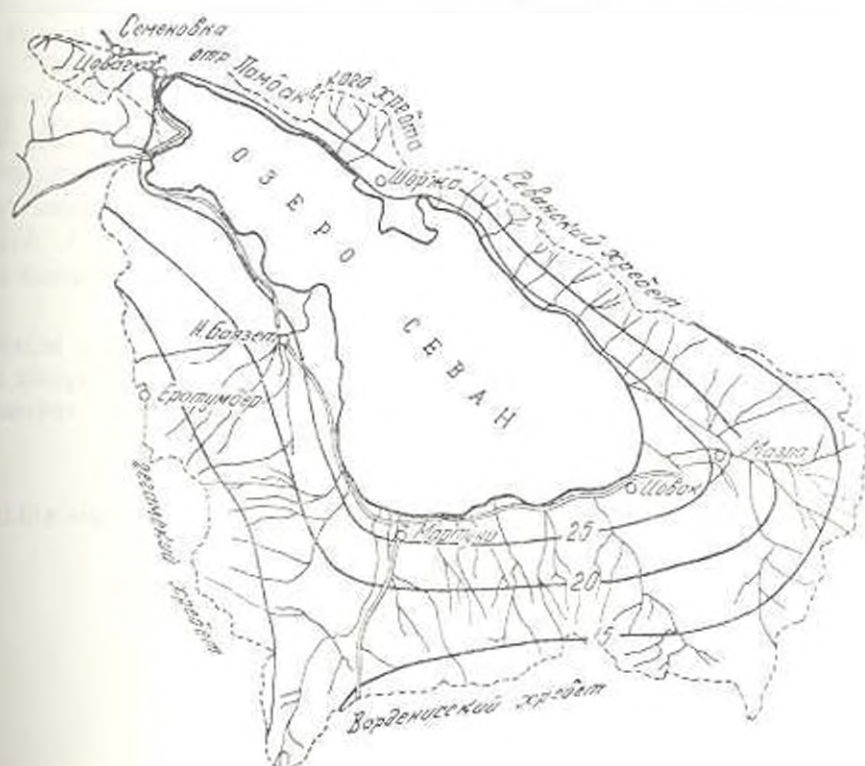


Рис. 4. Карта распределения затрат тепла на испарение в $\text{ккал/см}^2 \text{ год}$.

Приведенная градация географической зональности в работе [4] будет сохранять свою силу применимости в горных условиях, если радиационный баланс, входящий в соотношение R/Lr , заменить затратой тепла на возможно максимальное испарение LE_0 . При этом коэффициент сухости E_0/r окажется меньше 2,0, которому будет соответствовать степная зона, согласно градации [4].

Приведенные расчеты позволили определить величину радиационного баланса и затрат тепла на испарение, на основании которых составлены карты (рис. 3 и 4).

Ниже, в табл. 2, приведены результаты расчета составляющих теплового баланса. Турбулентный теплообмен с атмосферой определялся как разность радиационного баланса и затрат тепла на испарение.

Таблица 2
Тепловой баланс поверхности суши бассейна оз. Севан
в ккал/см² год

Элементы	У ч а с т и и			
	сенокосы и пастбища	орошаемые с/х поля	неорошае- мые с/х поля	неисполь- зуемые земли
LE	24	32	29	16
P	31	33	31	36
R	55	65	60	50

Величину стока можно определить как разность величины атмосферных осадков на территории суши бассейна озера и испарения с этой же территории. Величину стока можно определить также гидрологическими методами, использованными, например, Э. А. Атаян [1]. Результаты расчетов, приведенных в [1], с нашими данными хорошо согласуются.

Отметим, что результаты расчета испарения по методам водного и теплового балансов хорошо между собой согласуются и, кроме того, оба баланса замыкаются, что говорит о достаточной точности указанных результатов.

Институт водных проблем и гидротехники
ММВХ АрмССР

Поступило 8.III.1965

Ս. Մ. ՅԻՐԹԱՐՅԱՆ, Ն. Ն. ՓԻՆՉԱՆՅԱՆ, Ս. Մ. ՇԻՇԼԱՆՅԱՆ

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ԱՎԱԶԱՆԻ ՑԱՄԱԲԵ ԶՐԱՅԻՆ ՈՒ
ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՀԱՇՎԵԿՆԻՌՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում բերվում է Սևանա լճի ափագանի ցամաքի ջրային ու ջերմային հաշվեկշիռների և նրանց բաղադրիչների հաշվարկները: Զրային հաշվեկշիռի հալոաստրումը՝ զրված (1, 2) տեսքով, ցույց է առնում, որ անհրաժեշտ է հաշվել մթնոլորտային տեղումները, մակերեսային ռսարը և փոքր շրջանում: Բերված է տեղումների բարսեղը (զծ. 1): Զրային հաշվեկշիռի հաշվարկի արդյունքները արված են աղյուսակ 1-ում: Ջերմային հաշվեկշիռը ներկայացվում է

(3. 1) հաշվառումով. Առանձին որոշված են նրա բոլոր բաղադրիչները: Դձ. 2-ով ցույց է տրված կլանված ճառագայթային էներգիայի, ռադիացիոն հաշվեկշիռի և արդյունավետ ճառագայթման տարեկան ընթացքը: Բերված են ռադիացիոն հաշվեկշիռի և զոլորչիացման վրա ծախսվող ջերմության քարտեզները (զժ. 3 և 4): Հաշվարկների արդյունքների համեմատական քննությունը ցույց է տալիս, որ նրկու մեթոդներով հաշված զոլորչիացման մեծությունները զործնականում համընկնում են: Հաշվածի վերջում համառոտակի շարադրված են Սևանա լճի ամբողջ ավազանի լճի հետ միասին ջրային հաշվեկշիռի հաշվարկների արդյունքները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Мхитарян А. М., Алексанович Г. А., Атамян Э. А. Водный баланс оз. Севан. Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме, т. I, Ереван, 1961.
2. Пахчанян Г. Г. Методика определения испарения в горных условиях и ее применение к расчету водного и теплового балансов Арагацкого массива. Автореферат диссертации, Л., 1964.
3. Голубев В. С. О точности учета антропогенных излучений в теплом периоде года. Труды Всесоюзного научного метеорологического совещания, т. IV, Л., 1962.
4. Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. Гидрометеоиздат, Л., 1956 и сб. Тепловой и водный режим земной поверхности. Гидрометеоиздат, Л., 1960.

К. Х. ОВСЕЯН, Р. М. КАРАПЕТЯН

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОНОМОЛЕКУЛЯРНОЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМА

Институт водных проблем и гидротехники МВХ АрмССР проводит исследования по нанесению химиката на поверхность водоема для создания мономолекулярной пленки с целью уменьшения испарения. В натурных условиях проводятся опыты по определению режима подачи химиката и условия его распространения. Одновременно исследуется работа автоматов, сконструированных для подачи химиката.

Для изучения поведения пленки и его распространения с позволения, с высоты 180 м и 157 м над водоемом производилась кино съемка и фотографирование участка озера с ковром химиката через определенные интервалы времени. Регистрация ковров пленки возможна благодаря тому, что при его наличии волны ряби гасят отражательная способность поверхности воды резко меняется и кадрах четко видны границы ковра пленки и чистой воды.

Для обработки опытных данных разработаны аналитический графический методы, которые позволяют по известным параметрам местности, фото- и киноаппарата построить масштабные сетки. Наложением этих сеток на фотокадр можно определить геометрические размеры ковра пленки в различные моменты и его удаление от берега.

Масштабная сетка, с помощью которой обрабатываются кадры фотосъемки строится следующим образом.

В масштабе строится поперечный разрез местности и его план (рис. 1). Наносится точка А расположения фотоаппарата, высота расстояния l до уреза воды, ширина залива L и ширина фронта у танковки автоматов M .

Угол γ на рис. 1 соответствует углу, под которым был сфотографирован участок водной поверхности между берегами. Опуская точки a_1 перпендикуляр к оптической оси фотообъектива (на рис. оптическая ось отмечена штрих пунктиром), получим точки b_1, b_2 . Линия с точками b_1, b_2, b_3 является шкалой продольного масштаба по которой можно определить размеры ковра пленки и его удаление от берега. Например, участку $a_1 a_2$ на поверхности воды на кадре будет соответствовать отрезок $b_1 b_2$, участку $a_2 a_3$ — отрезок $b_2 b_3$ и т. д.

Снимок водоема с пленкой химиката на поверхности может иметь различные размеры в зависимости от того, во сколько раз будет увеличен негатив. Поэтому шкалу продольного масштаба надо

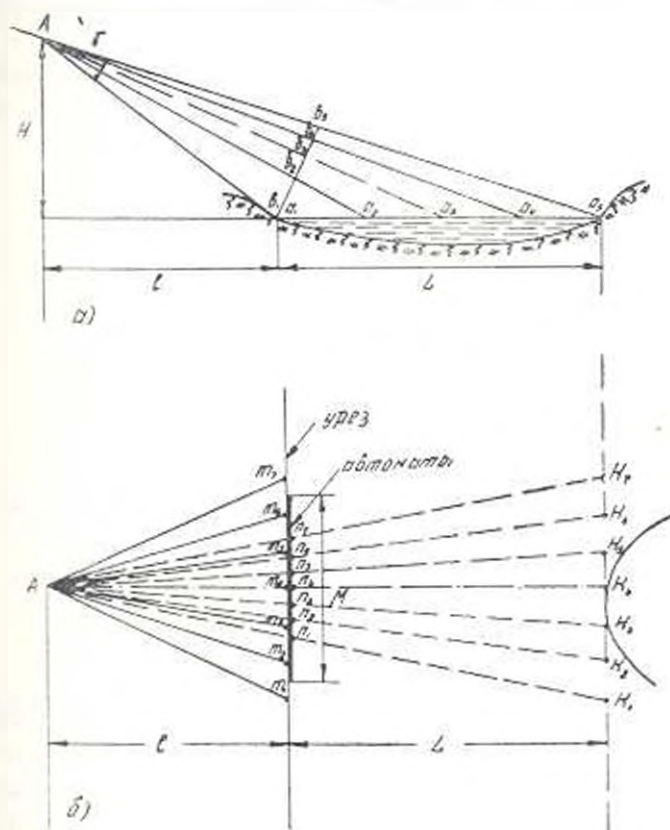


Рис. 1. Схема для построения масштабной сетки.

привести в соответствие с размерами готовой фотографии кадра. Для этого шкалу $b_1, b_2, b_3 \dots$ пропорционально уменьшаем или увеличиваем таким образом, чтобы $b_1 - b_n$ стало равно соответствующему расстоянию $a_1 - a_n$ на фото. По этим данным наносятся горизонтальные линии продольного масштаба (рис. 2).

На плане местности по урезу воды отмечаются участки известной длины $m_1, m_2, m_3, m_4 \dots$ (рис. 1), например, по 100 м, которые пропорционально переносятся на масштабную сетку по линии уреза водоема (рис. 2). На противоположном берегу (рис. 1) отмечаются отрезки $k_1, k_2, k_3 \dots$, равные $m_1, m_2, m_3, m_4 \dots$.

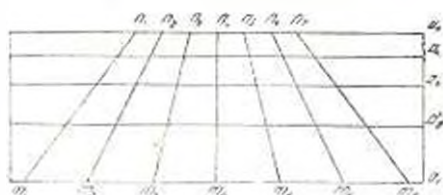


Рис. 2. Масштабная сетка.

С помощью построения, показанного на рис. 16, получаются точки $n_1, n_2, n_3, \dots$. Эти точки также переносятся на масштабную сетку (рис. 2). С помощью масштабной сетки и фотоместности определяются действительные размеры распространения пленки по поверхности подосама.

Размеры и распространение мономолекулярной пленки можно определить аналитическим методом. Если оптическая ось фотоаппарата направлена горизонтально, согласно рис. 3, получим

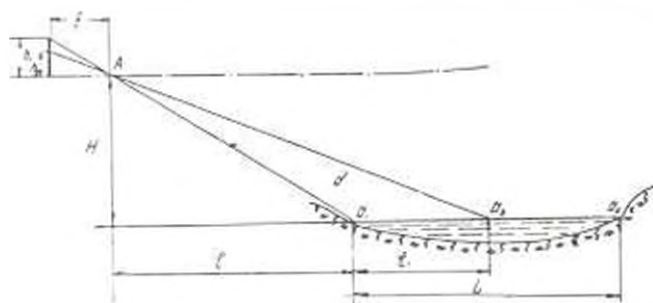


Рис. 3. К аналитическому определению скорости дрейфа пленки.

$$\frac{H}{l} = \frac{h_1}{f}, \quad (1)$$

где

f — фокусное расстояние объектива.

Для любого другого положения этой точки a_2 через время t будем иметь (рис. 3)

$$\frac{H}{l+l_1} = \frac{h_2}{f}, \quad (2)$$

где $l_1 = ct$ — перемещение точки a за время t ;

c — скорость перемещения точки a .

На основании (1) и (2) получим следующую формулу для определения средней скорости распространения пленки химиката по двум фотокадрам, снятым с интервалом времени t

$$c = \frac{Hf}{t} \left(\frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_1} \right). \quad (3)$$

Здесь h_1 и h_2 — определяются по фотоснимкам, с учетом масштаба увеличения.

По мере перемещения мономолекулярной пленки масштаб изменяется по закону

$$m = \frac{d}{f},$$

где d — удаление фронта пленки от точки съемки.

При размерах фотокадра 13×18 см и определения размеров пленки на кадре по масштабной сетке с точностью $\pm 0,5$ мм ошибки в определении натуральных размеров пленки не превосходит 3%.

С этой точностью были определены размеры и скорость перемещения пленки при удалении его фронта на расстояние до 3 км.

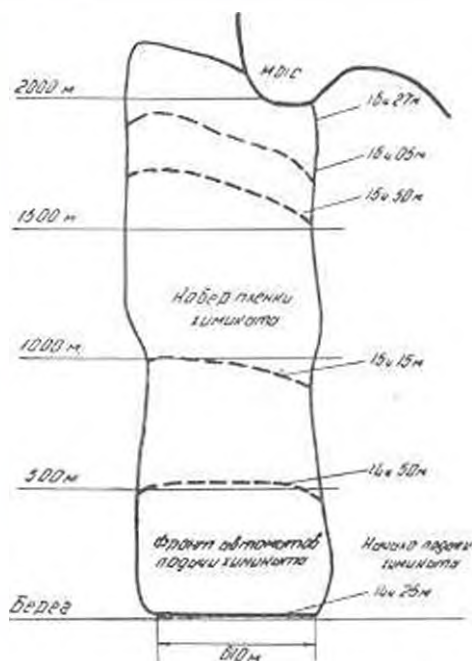


Рис. 4. План распространения ковра пленки после обработки фотокадров опыта № 7.

На рис. 4 показаны результаты обработки одного опыта, проведенного по описанной методике.

По данным проведенных полевых исследований можно отметить, что фотограмметрический метод является эффективным для исследования распространения мономолекулярной пленки на поверхности водоема.

Институт водных проблем и гидро техники
ММиВХ АрмССР

Поступило 10.11.1967

Կ. Խ. ՇՈՎԻՑՅԱՆ, Ռ. Մ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՋՐԱՄԵԱՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՎՐԱ ՄՈՆԻՏՈՐԻՆԳՈՒՄԱՐ
ԹԱՂԱՆԻՑԻ ՏԱՐԱԾՄԱՆ ՀԵՏԱԳՈՏՄԱՆ ՀՈՏՈՒՐԱՄՈՒԾՏՐՈՒ ԵՂԱՆԱԿԸ

Ա Վ Փ Ա Փ Ո Ւ Մ

Ջրամբարներից ջրի հոլորշիացումը պակասեցնելու նպատակով օդոտագործվում են հատուկ քիմիանյութեր, որոնք թաղանթի ձևով տարածվում են լրի մակերևույթի վրա:

Հոգվածում շարադրված է ջրի մակերևույթի վրա բնական պայմաններում այդ քիմիանյութի թողարկման և մոնիտորինգային թաղանթի տարածման ու
3, ԿԻ, № 5

տարածման օրինաչափությունները հետազոտելու եղանակը: Այդ նպատակով մշակվել են դրաֆիկական և անալիտիկ եղանակներ, որոնց օգնությամբ համապատասխան լուսանկարներից հնարավոր է արձանագրել և մշակել թափանցիկ զոլություն և տարածման բոլոր փուլերը: Նկարահանումները կատարվել են մոտակա բարձունքի վրայից, որտեղից հնարավոր էր ընդգրկել ջրի ամբողջ մակերևույթը, որը ծածկված էր թաղանթով: Տեղանքի և օպտիկական սարքի հայտնի պարամետրերի օգնությամբ հնարավոր է դառնում որոշել թաղանթի երկրաչափական չափերը և տարածման արագությունը նրա զոլություն տարբեր փուլերում, ինչպես նաև՝ հետազոտել ջրի և օդի ճիւղման փոփոխությունների, քամու և ակնկոծության ազդեցությունը թաղանթի տարածման և դոլություն վրա:

Այսպիսով, ավելից կատարված նկարահանումների և առաջարկված եղանակով ստացված լուսանկարների մշակման հիման վրա (առանց մասշտաբի աղավաղման) կարելի է բախարար ճշտությամբ (3%) որոշել թաղանթի հիմնական պարամետրերը նրա տարածման առարքեր փուլերում:

М. Г. БАРСЕГЯН

О ФОРМУЛЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ

Известно, что для установившегося режима движения энергия затраченная на единицу веса жидкости, равна

$$h_w = \frac{\tau_0 l}{\gamma R} \quad (1)$$

где τ_0 — касательное напряжение на стенке трубопровода; γ — объемный вес жидкости; R — гидравлический радиус; l — длина исследуемого участка трубопровода.

Известно также, что при установившемся движении касательное напряжение τ_0 зависит от динамической вязкости μ , от плотности жидкости ρ , от диаметра трубы d и от скорости движения жидкости v , т. е.

$$\tau_0 = \tau_0(\mu, \rho, d, v).$$

Так как при неустановившемся движении кинематические величины меняются во времени, то касательное напряжение τ_0 также будет меняться во времени и определится следующими параметрами:

$$\tau_0 = \tau_0(\mu, \rho, d, v, t). \quad (2)$$

Пользуясь теорией размерностей, можем записать

$$\tau_0 = k \mu^x \rho^y d^z v^m t^n, \quad (3)$$

где k — коэффициент пропорциональности; x, y, z, m, n — показатели, подлежащие определению. Записывая размерности величин, входящих в уравнение (3) после группировки показателей, получим

$$ML^{-1}T^{-2} = M^x L^{1-x-3y-z} T^{-x+y+n} T^{-n}$$

Из условия равенства показателей в левой и правой частях уравнения имеем:

$$\begin{aligned} x + y &= -1; \\ -x - 3y + z + m &= -1; \\ -x + n - z &= -2. \end{aligned}$$

Если выразить показатели x, y и m через z и n , уравнение (3) примет вид:

$$\tau_0 = k \mu^{1-z-n} \rho^{z-2-n} v^2 d^{2-2n-z} t^n. \quad (4)$$

Группируя величины с одинаковыми показателями, одновременно умножая и деля уравнение на $\frac{\rho^2}{\gamma d^2}$, получим

$$\tau_0 = k \left(\frac{\rho}{\gamma d} \right)^n \left(\frac{\rho v d}{\mu} \right)^2 \left(\frac{v t}{d} \right)^n \frac{\mu^2}{\rho d^2}.$$

Так как число Рейнольдса $Re = \frac{\rho v d}{\mu}$, а $St = \frac{v t}{d}$ (число Струхала), уравнение примет вид

$$\tau_0 = k Re^{2-n} St^n \frac{\mu^2}{\rho d^2}. \quad (5)$$

Если допустить, что формула (1) для некоторого момента времени справедлива и при неустановившемся движении жидкости, на основании (1) и (5) при значении гидравлического радиуса для труб круглого сечения $R = \frac{d}{4}$, получим

$$h_w = \frac{4l}{\gamma d} k Re^{2-n} St^n \frac{\mu^2}{\rho d^2}. \quad (6)$$

Обозначив $\mu = \gamma \nu$ и $\gamma = \frac{\rho^2 d^2}{Re^2}$, $\nu^2 = \frac{\mu^2}{\rho^2 d^2}$ из выражения (6), получим величину потерь энергии при неустановившемся движении

$$h_w = \lambda_{wy} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}. \quad (7)$$

Здесь $\lambda_{wy} = 8k Re^{2-n} St^n \dots$ (8) — коэффициент сопротивления трения при неустановившемся движении.

Формула (7) по внешнему виду полностью совпадает с известной формулой Дарси-Вейсбаха, откуда следует, что структура формул для определения потерь энергии при неустановившемся и установившемся движении одинакова, отличается лишь значением коэффициента сопротивления λ , который при неустановившемся движении, кроме числа Рейнольдса, зависит также от числа Струхала, т. е. от фактора времени.

Значение коэффициента сопротивления λ при установившемся движении является частным случаем уравнения (8). При $n=0$ λ_{wy} равняется коэффициенту сопротивления установившегося движения, т. е.

$$\lambda_v = 8k Re^{2-n}.$$

В силу изложенного можно отметить, что при неустановившемся движении жидкости появляется новый критерий нестационарности в виде числа Струхала, влияние которого на потери энергии пока не установлено.

К. Х. КАЗАРЯН

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ПРИ СВОБОДНОМ РЕЗАНИИ

Состояние предрезцовой зоны, предопределяющее характер и величину усилий, воспринимаемых режущим инструментом, зависит от величины температуры, возникающей в ней при воздействии реза, ее распределения, величины и степени неравномерности напряжений и деформаций в этой же зоне. Таким образом, усредненный показатель состояния этой зоны можно представить в виде:

$$U = f(\theta, u, z, c).$$

С другой стороны температура предрезцово́й зоны, возникающая в зоне деформации, является в основном функцией используемых элементов режимного поля ($\bar{v}, a$) и параметров режущего инструмента (γ, λ, r) при обработке одного и того же вязкого металла. Существенным является соотношение между скоростью резания $\bar{v}$ и скоростью распространения пластической деформации $\bar{v}_\epsilon$.

Величина скорости распространения пластической деформации может быть определена из общезвестного выражения

$$\bar{\sigma}_c = \sqrt{\frac{M}{P}},$$

где M — модуль пластической деформации; ρ — плотность материала

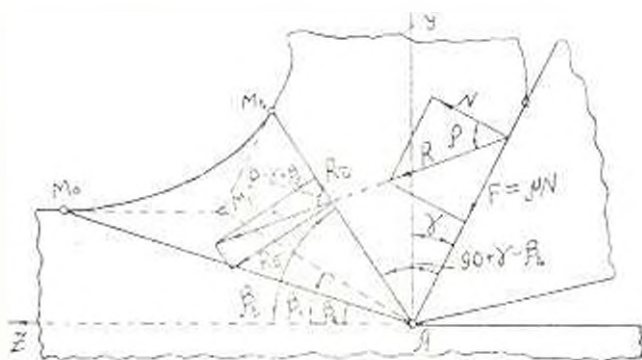


Рис. 1.

В этих условиях предрезцовый объем в динамике может быть рассмотрен как состоящий из трех зон (рис. 1). Первая зона влево от линии $A-M_0$ характеризуется как структурно-нечувствительная, поскольку плотность, теплопроводность, модуль упругости, температура плавления и др. остаются строго определенными в процессе резания.

Вторая зона, заключенная в условном объеме AM_0M_1 , характеризуется как структурно-чувствительная, поскольку ее свойства зависят не только от состава и структуры, а также от несовершенства кристаллов (накавали, дислокации) и, следовательно, от измененного сопротивления деформированию, пластичности, вязкости и др.

Третья зона, лежащая вправо от линии AM_1 , может быть названа зоной минимальных структурно-чувствительных и максимальных структурно-нечувствительных свойств, поскольку металл, переходя в эту зону, расходует располагаемый запас структурно-чувствительных свойств. Степень израсходования этого запаса является функцией периода прохождения средней зоны и отношения v/v_0 .

Рассматривая процесс резания, как процесс пластического сдвига, можно предположить, что величина касательных напряжений на поверхности AM_0 составляет

$$\tau = G \cdot \gamma \quad (1)$$

и показателем структурно-нечувствительных свойств является модуль сдвига G . Однако, поскольку эта поверхность является граничной, то естественно, что касательные напряжения на поверхности сдвига со стороны передней грани реза отличаются от приведенной величины. Если предположить, что в зоне прилегающей к этой поверхности имеем идеально-вязко-пластичный металл, пользуясь уравнением Бингама, можем написать

$$\tau = \tau_f + \mu \dot{\epsilon} \quad (2)$$

где τ_f — предел текучести неупрочненного металла; μ — коэффициент вязкости; $\frac{d\epsilon}{dt} = \dot{\epsilon}$ — скорость пластической деформации.

Здесь показателем структурно-чувствительных свойств является коэффициент вязкости μ .

Однако, в реальных металлах в обычных условиях резания, скорость деформации не остается постоянной; и кроме того, сказываются влияния упрочнения и отдыха. Эти изменения происходят в структурно-чувствительной зоне с плавным изменением от AM_0 до AM_1 . В этом случае

$$\tau = \tau_f + f(\epsilon) + \mu \dot{\epsilon} \quad (3)$$

Для первого приближения принять

$$f(\epsilon) = A \cdot \epsilon^m; \quad \dot{\epsilon} = K_\epsilon \left(\frac{A}{B} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \epsilon^{\frac{m}{n_1}}, \quad (4)$$

где коэффициенты A и B характеризуют, соответственно, предел текучести металла при относительном сдвиге и скорости деформации, равной единице.

Коэффициенты m и n , отражают чувствительность металла, со-

ответственно, к упрочнению и скорости деформации. K_g — коэффициент динамичности процесса определяется из соотношения

$$K_g = \frac{\tau_2}{\tau_1}$$

Здесь τ_1 и τ_2 являются, соответственно, сопротивление пластическому сдвигу при данной степени деформации и скорости деформации. Таким образом, касательные напряжения без учета отдыха

$$\tau = \tau_1 + \tau^m \left[A + n K_g^n \left(\frac{A}{B} \right)^n \varepsilon^n \right] \quad (5)$$

где $n = \frac{1}{n_1}$.

Проектируя на оси Z и Y (рис. 1), с учетом величин элементов среза и геометрии процесса, получим составляющие силы резания при $\lambda=0$ и $r=0$ без учета краевых эффектов

$$P_Z = \frac{\tau_1 + \varepsilon^m \left[A + n K_g^n \left(\frac{A}{B} \right)^n \varepsilon^n \right]}{\cos(\gamma - \beta_s) \cos(\varphi - \gamma + \beta_s)} ab \varepsilon \cos(\varphi - \gamma), \quad (6)$$

$$P_Y = \frac{\tau_1 + \varepsilon^m \left[A + n K_g^n \left(\frac{A}{B} \right)^n \varepsilon^n \right]}{\cos(\gamma - \beta_s) \cos(\varphi - \gamma + \beta_s)} ab \varepsilon \sin(\varphi - \gamma), \quad (7)$$

где ε — коэффициент усадки стружки.

По предлагаемому методу, следуя [1], можно разработать физически обоснованную классификацию стружкообразования.

Высказывается предположение, что материал предрезцово́й зоны находится в вязко-пластическом состоянии, обладающим упрочнением. Это дает возможность установить зависимость между усилием резания и скоростью деформации.

Имеется возможность использовать богатые экспериментальные данные [2] для определения коэффициента динамичности при резании металла.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 2.V.1967

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Чалмерс Б. Физическое металловедение. М., МИЛ, 1963.
2. Волошенко-Климовицкий Ю. Я. Динамический предел текучести. М., 1965.

С. В. ХАЧИЯН

ГРАДУИРОВАНИЕ ШКАЛЫ ИЗМЕРИТЕЛЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА МЕТОДОМ КОСВЕННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ

Косвенные измерения величины крутящего момента можно производить торсионметрами различных типов; многие торсионметры точны в измерении, удобны в изготовлении и эксплуатации, но по своей конструкции не позволяют градуировать шкалу измерителя в единицах крутящего момента на работающей установке. С этой целью выгодно отличается фотоэлектрический растровый датчик, который может быть установлен как торсионметр, так и градуирующее устройство для торсионметров других типов. Недостаток предлагаемого метода заключается в том, что измерительному устройству требуется свободный участок вала неизменного диаметра, который служит измерительной базой.

Устройство (рис. 1) состоит из трубки 2 длиной L (измерительная база); один конец трубки крепится на валу, а на второй конец монтируется растровая шайба 3. Строго подобная зубчатая шайба 4 (изготовленная совместно с первой) крепится на валу так, чтобы против впадин шайбы 3 находились ее зубья. От газосветной лампы 5 световой поток падает на шайбу 3 через окно диафрагмы. При отсутствии крутящего момента измеритель 7 показывает нуль; фотоэлемент 6 заперт зубчатыми шайбами. С увеличением угла закручивания вала вентильный фотоэлемент генерирует световую энергию в электрическую пропорционально крутящему моменту.

Градуирование шкалы измерителя проводилось следующим способом. Измеряемая величина крутящего момента $M_{кр}$ заменяется углом закручивания φ , а последний освещенной площадью S на фотоэлементе, а S в свою очередь фототоком I_{ϕ} .

Изменяя величину фототока смещением одной шайбы относительно другой на неработающей установке, получают те же показания на приборе, что и при наличии закручивания вала. При ука-

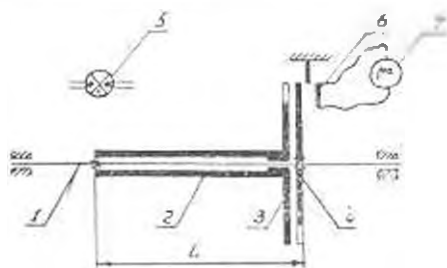


Рис. 1.

занных условиях градуирования, очевидно, получим $M_{кр} = c I_{\phi}$.

Аналитически сущность градуирования заключается в том, что выражение

$$M_{кр} = \frac{GI_p \pi}{L \cdot 180} \varphi \quad (1)$$

умножается и делится на фототок I_{ϕ} , тогда

$$M_{кр} = \frac{GI_p \pi}{L \cdot 180} \varphi \frac{I_{\phi}}{I_{\phi}}$$

Заменим I_ϕ , стоящее в знаменателе, через его значение из эксперимента:

$$M_{кр} = \frac{I_\phi I_{\text{л}} P G}{\frac{1}{2} Z \gamma (R^2 - r^2) L l c b} \quad (2)$$

где Z — число пар зубьев и впадин вместе, которые могли быть вписаны в световое окно диафрагмы (окно имеет форму кольцевого сектора по высоте впадины или зуба);

γ — интегральная чувствительность вентильного фотоэлемента $\left(\frac{\text{мкА}}{\text{лм}}\right)$;

$I_{\text{л}}$ — сила света люминесцентной лампы (св);

ϕ — угол закручивания (градус);

R — радиус окружности выступов шайбы (см);

r — радиус окружности впадин шайбы (см);

G — модуль поперечной упругости материала вала $\left(\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}\right)$;

$I_p = \frac{\pi d^4}{32}$ — полярный момент инерции вала (см)⁴;

d — диаметр вала (см).

Обозначим:

$$K_1 = \frac{1}{2} Z (R^2 - r^2) \frac{\pi}{180}; \quad K_2 = \frac{L 180}{G I_p \pi}; \quad K_3 = l c b \frac{\gamma}{l^2} = E \gamma,$$

где $E = C_1 U$ — освещенность поверхности фотоэлемента (люкс);

U — напряжение питающей лампы (в).

$\varphi = b \frac{180}{\pi R}$, где b — длина дуги кольцевого сектора одной щели на шайбе радиуса R .

Освещенная площадь фотоэлемента

$$S = K_1 \varphi = \frac{1}{2} Z (R^2 - r^2) \frac{\pi}{180} \varphi \text{ (см}^2\text{)},$$

где $I_\phi = E \gamma S$; $l c b = l^2 E$; l — расстояние от лампы до фотоэлемента (см).

С целью вычисления относительной погрешности измерения запишем

$$\frac{\Delta I_p}{I_p} = \pm 4 \frac{\Delta d}{d};$$

$$\frac{\Delta l c b}{l c b} = \pm \left(\frac{\Delta E}{E} + \frac{2 \Delta l}{l} \right);$$

$$\frac{\Delta \varphi}{\varphi} = \pm \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta R}{R} \right);$$

$$\frac{\Delta I_{\Phi}}{I_{\Phi}} = \pm \left(\frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta S}{S} \right);$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \pm \frac{\Delta U}{U};$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \left| \frac{\Delta \varphi}{\varphi} + \frac{\Delta (R^2 - r^2)}{R^2 - r^2} \right|$$

В силу формул (1) и (2) получим:

$$\beta = \frac{\Delta M_{кр}}{M_{кр}} 100\% = \pm \left(\frac{\Delta I_{\Phi}}{I_{\Phi}} + \frac{\Delta \varphi}{\varphi} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta G}{G} \right) 100\% \quad (3)$$

$$\beta_2 = \pm \left| \frac{\Delta I_{\Phi}}{I_{\Phi}} + \frac{\Delta I_{\Phi}}{I_{\Phi}} + \frac{\Delta G}{G} + \frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta (R^2 - r^2)}{R^2 - r^2} + \frac{\Delta L}{L} \right| 100\% \quad (4)$$

Из формулы (3) вытекает, что

$$\beta = \pm \left| \pm \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta G}{G} \right| 100\% \quad (5)$$

Из формулы (4)

$$\beta_2 = \pm \left| \frac{\Delta b}{b} + \pm \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta G}{G} + \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta U}{U} + 2 \frac{\Delta (R^2 - r^2)}{R^2 - r^2} \right| 100\% \quad (6)$$

Тогда погрешность градуирования будет равна

$$\Delta \beta = \beta_2 - \beta = \pm 2 \left| \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta (R^2 - r^2)}{R^2 - r^2} \right| 100\% \quad (7)$$

По эксперименту погрешность $\Delta \beta$ оказалась равной $\pm 0,04\%$.

Экспериментальная зависимость I_{Φ} от $M_{кр}(\varphi)$ приводится в табл. 1.

Таблица 1

φ град	$S = S_1 \cdot n$ см ²	I_{Φ} мка	$\varphi = \frac{I_{\Phi}}{I}$ мм	$\mu = \frac{I_{\Phi} \cdot 10^4}{S}$ аутокс	$M_{кр}$ кг.м	$\frac{\Delta M_{кр}}{M_{кр}} 100\%$
5'	0,121	1,1	0,0022	176,917	9,415	
10'	0,218	2,2	0,0044	176,917	18,830	2,73
15'	0,372	3,3	0,0066	176,917	28,245	2,03
20'	0,496	4,4	0,0088	176,917	37,660	1,48
25'	0,620	5,5	0,0110	176,917	47,076	1,23
30'	0,744	6,6	0,0132	176,917	56,491	1,06
35'	0,868	7,7	0,0154	176,917	65,906	0,94
40'	0,992	8,8	0,0176	176,917	75,321	0,85
45'	0,111	9,9	0,0198	176,917	84,736	0,78
50'	0,121	11,0	0,0220	176,917	94,152	0,73
55'	0,136	12,1	0,0242	176,917	103,567	0,68
1'	0,148	13,2	0,0264	176,917	112,982	0,61

Примечание: $L = 330$ мм. $l = 500$ мм. $U = 125$ в. $d = 40$ мм, d — диаметр вала между двигателем и генератором. Данные сняты на дизельгенераторной установке. (Танковый дизель „Лейланд“ на 150 л.с. и шунтовой генератор на 45 квт)

В. Д. МАРУХЯН

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ
ВЛОЖЕНИЙ В КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время в кабельной промышленности эффективность того или иного варианта вложений оценивают по показателю минимума расчетных затрат $U - EK = \min$, что не может явиться мерилом эффективности, так как улучшение качества продукции требует повышенных затрат, следовательно, расчетные затраты не будут удовлетворять условию минимума, хотя и при реализации этой продукции будет получен максимум чистого дохода.

Вероятно, будет правильно, если анализ и измерение эффективности в кабельном производстве производить на основе показателя прибыли чистого дохода. Исходным пунктом анализа является установление функциональной зависимости между доходом и затратами, в результате которой был получен этот доход. Соотношение между доходом и затратами обычно представляется в виде функции

$$D_m = D_m(Z_{mg}, Z_{mh}), \quad (m = 1, 2, \dots, n)$$

где D_m — доход, получаемый в результате внедрения проекта;
 Z_{mg} — затраты, предусмотренные проектом; Z_{mh} — добавочные затраты.

Максимум увеличения дохода можно определить по формуле:

$$\pi = \sum_{m=1}^n D_m(Z_{mg}, Z_{mh}) - \sum_{m=1}^n Z_{mg} - \sum_{m=1}^n Z_{mh} - \gamma \sum_{m=1}^n Z_{mg}.$$

После дифференцирования по Z_{mg} и Z_{mh} получим

$$\frac{\partial D_m}{\partial Z_{mg}} = 1 + \gamma; \quad \frac{\partial D_m}{\partial Z_{mh}} = 1.$$

Остается неучтенным фактор времени при образовании дохода и затрат. Это может быть учтено следующим образом: для каждого проекта вложений K определяют функцию доходности

$$D_k = D_k(X_k),$$

где X_k — измеряет масштаб проекта. Полные затраты представляются следующими стоимостными функциями

$$U_{kg} = U_{kg}(X_k); \quad U_{kh} = U_{kh}(X_k); \quad K_{kg} = K_{kg}(X_k); \quad K_{kh} = K_{kh}(X_k),$$

где X_k — эксплуатационные затраты для проекта K в период T ; U_{kg} — сопряженные эксплуатационные затраты; K_{kg} — капитальные вложения; K_{kh} — сопряженные капитальные вложения. С целью упрощения задачи предполагается, что все капитальные затраты производятся в первый период. Тогда максимальное увеличение чистого дохода будет

$$\Delta\pi = \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^{T_k} \frac{D_k(X_k)}{(1+r)^t} - \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^{T_k} \frac{U_{kg}(X_k)}{(1+r)^t} - \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^{T_k} \frac{U_{kh}(X_k)}{(1+r)^t} -$$

$$-\sum_{k=1}^n R_{k,r}(X_k) - \sum_{k=1}^n K_{k,h}(X_k),$$

где r — норма прибыли, которую принимаем равной коэффициенту эффективности. В кабельной промышленности можно принять $r=0.25$, T_k — экономический срок службы проекта. Составив функцию Лагранжа, получим

$$\Phi = \Delta B - \gamma \left[\sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^{T_k} \frac{U_{kgt}(X_k)}{(1+r)^t} + \sum_{k=1}^n K_{k,h}(X_k) \right].$$

Экстремум этой функции находим из условия

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^{T_k} \frac{dU_{kgt}}{dX_k} \cdot \frac{1}{(1+r)^t} - (1+\gamma) \left[\sum_{t=1}^{T_k} \frac{dU_{kgt}}{dX_k} \cdot \frac{1}{(1+r)^t} + \frac{dK_{k,h}}{dX_k} \right] - \\ - \sum_{t=1}^{T_k} \frac{dU_{kgt}}{dX_k} \cdot \frac{1}{(1+r)^t} - \frac{dK_{k,h}}{dX_k} = 0. \end{aligned}$$

Откуда условие эффективности капиталовложений можно выразить в следующем виде:

$$\frac{\sum_{t=1}^{T_k} [(dU_{kgt}/dX_k)(1+r)^{-t}] - \sum_{t=1}^{T_k} [(dU_{kgt}/dX_k)(1+r)^{-t}] - dK_{k,h}}{\sum_{t=1}^{T_k} [(dU_{kgt}/dX_k)(1+r)^{-t}] + dK_{k,h}} = 1 + \gamma.$$

Этот критерий предлагается для анализа и оценки эффективности капитальных вложений в кабельной промышленности.

Он позволит ориентировать кабельные заводы на выпуск высококачественных изделий, что приведет к повышению рентабельности предприятия.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 22.V.1967

УДК 699.84

О колебании свободно стоящего призматического бруса под сейсмическим воздействием. Дарбинян С. С. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XX, № 5, 1967, 3—9.

Исследуются свободные и вынужденные колебания абсолютно твердого параллелепипеда под действием горизонтальных и вертикальных сейсмических сил. Отмечается, что полученные уравнения в частном случае приводят к известным уравнениям Матвея и Хилла. Далее изучается случай весьма малых перемещений и дается асимптотический метод решения. При очень малых отношениях бруса можно ограничиться первым приближением, которое для практических целей может дать достаточно точные результаты. Автор приходит к выводу, что одновременный учет вертикальных и горизонтальных сейсмических сил позволяет выявить дополнительный резерв прочности сооружений. Библиографий 6. Иллюстрация 1.

УДК 624.0167

Характер разрушения сталей повышенной и высокой прочности для строительства. Мелкнян Л. М. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XX, № 5, 1967, 10—13.

Излагаются результаты исследований разрушений сталей марок Ст Т, 14ХГС, 12Г2СМФ, 12ХГ2СМФ в различных атмосферных условиях. Показано, что равномерное разрушение строительных сталей, которое считается основным в атмосферных условиях, имеет место не всегда. Равномерность эта относительна и термически упрочненным сталям повышенной и высокой прочности не свойственна. Таблицы 2. Библиографий 5.

УДК 66.076

Многолетнее регулирование газопотребления в энергетической системе. Погосбеков Э. С. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XX, № 5, 1967, 14—19.

Излагается расчетная схема многолетнего регулирования газопередачи посредством газохранилища. При многолетнем потреблении газа ТЭС при заданном объеме аккумуляирования и равномерной подаче газа осуществляется поочередное наполнение и опорожнение аккумулярующей емкости. По количеству перебойных лет устанавливается обеспеченность регулирующей способности газохранилища. Построена кривая обеспеченности регулирования по заданному многолетнему ряду и разному объему аккумуляирования газа. Библиографий 4. Иллюстрация 1.

Водный и тепловой балансы суши бассейна озера Севан. Мхитарян А. М., Пахчанян Г. Г., Шишманиян С. М. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», г. XX, № 5, 1967, 20—29.

Рассматриваются водный и тепловой балансы суши бассейна оз. Севан: атмосферные осадки, испарение, сток, суммарная и поглощенная радиация, радиационный баланс, затраты тепла на турбулентный теплообмен с атмосферой и на суммарное испарение с поверхности суши и растительного покрова. Годовые значения некоторых из этих величин картированы. Таблицы 2. Библиографий 1. Иллюстраций 4.

Фотограмметрический метод исследования распространения мономолекулярной пленки на поверхности водоема. Овсепян К. Х., аКралетян Р. М. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», г. XX, № 5, 1967, 30—34.

Институтом водных проблем и гидротехники ММиВХ Арм. ССР проводятся исследования по нанесению химиката на поверхность водоемов для создания мономолекулярной пленки с целью уменьшения испарения. Для изучения поведения пленки в природных условиях был применен фотограмметрический метод.

Разработаны графический и аналитический метод, которые позволяют по известным параметрам местности и оптического прибора, с достаточной точностью определить скорость распространения пленки и его площадь покрытия, и по этим данным исследовать влияние температуры воды и воздуха, ветра и волнения на распространение и сохранение пленки. Иллюстраций 1.

О формуле гидравлических потерь при неустановившемся движении жидкости. Барсегян М. Г. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», г. XX, № 5, 1967, 35—36.

На основании теорий размерности выведена формула коэффициента сопротивления трения λ при неустановившемся движении жидкости. В рассматриваемом случае коэффициент сопротивления λ , кроме числа Рейнольдса, зависит также от числа Струхала, т. е. от фактора времени.

Приводится общая формула потерь энергии при неустановившемся движении жидкости, которая по структуре совпадает с формулой Дарси-Вейсбаха, но отличается значением коэффициента сопротивления.

УДК 621.91

К вопросу определения сил при свободном резании. Қазарян К. Х. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XX, № 5, 1967, 37—39.

Рассматриваются вопросы классификации зон стружкообразования и соответствии с существующей классификацией свойств металлов, а также влияния скорости деформации на усилие резания на основе реологических уравнений. Предлагаются формулы для определения усилий резания с учетом. Таблица 1. Иллюстрация 1.

УДК 531.23

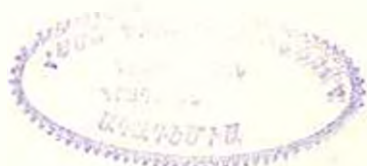
Градирование шкалы измерителя крутящего момента методом косвенного замещения. Хачинян С. В. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XX, № 3, 1967, 40—42.

Рассматривается вопрос калибровки величин крутящих моментов фотоэлектрическим расточным датчиком, сконструированным автором. Приводится оценка погрешности косвенного градуирования фотоэлектрического моментомера динамики. Библиографий 2. Иллюстрация 1.

УДК 338.94 : 621.315 (479.25)

К вопросу оценки эффективности капитальных вложений кабельной промышленности. Марухян В. Д. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XX, № 5, 1967, 43—44.

Существующие критерии оценки эффективности капитальных вложений в кабельной промышленности не стимулируют повышение качества продукции. Предлагаются в качестве критерия эффективности принимать максимум отношения чистого дохода ко всем одновременным затратам. Для отыскания максимума используются функции Лагранжа.



Ր Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ, ՄԻՆԵՐԱԿԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐԱԿՏԻՈՆՆԵՐ

Ա. Ի. Գարրիէյան. Սենյակի ուժերի ազդեցութեանը ենթարկված սզատ ճանաչման պրիզմայական ձողի տատանման մասին	3
Է. Մ. Մելիքեյան. Բարձրամուր և բութրաջված ամրութեան պողպատների ընդլայնման ընդունելի շինարարության մեջ կիրառելիս	10

ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

Է. Ա. Պոզոսթելով. Գազատարանային բազմամյա կարգափոխումը կենթդդառնականում	74
--	----

ՀԻԴՐԱՏՆԵՒԿԱ

Ա. Մ. Մխիթարյան, Հ. Հ. Փետիաշանյան, Ա. Մ. Շիրիշանյան. Սևանա լճի տիպական ցամաքի ջրային ու յերմային հաշվենկշիռները	20
Վ. Խ. Հովսեփյան, Ս. Մ. Կարապետյան, Ջրամբարի մակերեսի վրա մոնոմոնիթորային թաղանթի տարածման հետազոտման ֆոտոպրամամետրիկ եղանակը	30

ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՈՒՅԵՐ

Մ. Հ. Բաբսեյան. Հիպոպլիկական կորուստների բանաձևի մասին՝ հեղուկի շկայունացած շարժման ղեկարգում	22
Կ. Խ. Ղազարյան. Ազատ կտրման ղեկարգում ուժերի ռոտացիայի արգի շուրջը	32
Ա. Վ. Խաչիյան. Սևուղիակի տեղակայման մեթոդով լիարժեք սանդղակի առափնեանցումը	40
Վ. Դ. Մաքոկյան. Կարենի արդյունարեքության մեջ կապիտալ ներդրումների արդյունավետության զնահատման հարցի շուրջը	43

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Строительная механика и строительные конструкции

- С. С. Дарбинян.* О колебании свободно стоящего призматического бруса под сейсмическим воздействием 3
- Д. М. Мелконян.* Характер разрушения сталей повышенной и высокой прочности для строительства 10

Энергетика

- Э. С. Погосбеков.* Многолетнее регулирование газопотребления в энергетической системе 14

Гидротехника

- А. М. Мхитарян, Г. Г. Пахчанян, С. М. Шишманян.* Водный и тепловой балансы суши бассейна озера Севан 20
- К. Х. Овсепян, Р. М. Карапетян.* Фотограмметрический метод исследования распространения ковра мономолекулярной пленки на поверхности водоема 30

Научные заметки

- М. Г. Парсегян.* О формуле гидравлических потерь при неустановившемся движении жидкости 35
- К. Х. Казарян.* К вопросу определения сил при свободном резании 37
- С. В. Ачян.* Градуирование шкалы измерителя крутящего момента методом косвенного замещения 40
- В. Д. Марухян.* К вопросу оценки эффективности капиталовых вложений в кабельной промышленности 43