

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Մտատեսք է 1947 թ.

ԽՐԹԱԿՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԿԻՈՒ

Կասյան Մ. Վ. (պատ. խմբագիր), Աղանց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ալվեսեանի
Վ. Վ., Անանյան Ա. Կ., Գոռոյան Տ. Ա., Զաղոյան Մ. Ա., Նուպուրյան Ա. Գ., Տեր-Ազատի Բ. Ա.,
Փինաչյան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ)

Պատասխանատու թարգմանիչ Առաքելյան Ա. Վ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Առաքելյան Ա. Վ. (պատ. խմբագիր) Աղանց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ) Ալվեսեանի Վ. Վ.,
Առաքելյան Ա. Վ., Գոռոյան Տ. Ա., Զաղոյան Մ. Ա., Նուպուրյան Ա. Գ., Տեր-Ազատի Բ. Ա. (պատ.
խմբագրի տեղակալ)

Ответственный секретарь Степанян Э. К.

Խմբագրության կենտրոնը: Երևան-19, Բարեկամության խոշ 24-րդ
Адрес редакции: Ереван-19, ул. Барекамутян, 24 г.

ЭНЕРГЕТИКА

Г. Т. АДОНИЦ, А. С. АВАКИМОВ, Р. А. ЕРМЕКОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ
 АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, БАЗИРУЮЩИХСЯ
 НА ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДАХ

В настоящее время в связи с разработкой ЛСУ и АСДУ энергосистем важное значение приобретают, наряду с созданием и усовершенствованием алгоритмов, исследование эффективности их использования для получения рекомендаций по практическому применению.

В настоящей статье излагаются результаты исследований по оценке эффективности четырех алгоритмов минимизации потерь активной мощности, использующих градиентные методы первого и второго порядков. Представлены также некоторые разработки по усовершенствованию алгоритмов, базирующихся на градиентном методе второго порядка. Все четыре алгоритма рассматриваются применительно к задаче минимизации потерь активной мощности в следующей постановке.

Принимаются в качестве заданных: а) активные P_m^0 и реактивные Q_m^0 мощности, модули U_m^0 и фазы φ_m^0 напряжений исходного установившегося режима системы (где m — индекс узлов многополюсника, 0 — верхний индекс исходного установившегося режима), б) активные g_{mk} и реактивные b_{mk} проводимости системы, в) пределы изменения модулей напряжения U_m^{\min} и U_m^{\max} реактивных мощностей генерирующих узлов Q_m^{\min} и Q_m^{\max} .

Требуется определить: а) параметры оптимального режима многополюсника, б) потери активной мощности π в искомом оптимальном режиме.

Математическая формулировка задачи. Выражение целевой функции имеет следующий вид:

$$\pi = F[U, \varphi(U)],$$

где U — вектор независимых регулируемых параметров режима; $\varphi(U) = x$ — вектор зависимых переменных, выраженных через независимые с помощью следующих уравнений баланса активных и реактивных мощностей [1]:

$$P_m - U_m \sum_{k=1}^n U_k [g_{mk} \cos(\varphi_m - \varphi_k) - b_{mk} \sin(\varphi_m - \varphi_k)] = 0;$$

$$Q_m - U_m \sum_{k=1}^n U_k [g_{mk} \sin(\psi_m - \psi_k) + \sigma_{mk} \cos(\psi_m - \psi_k)] = 0, \quad (2)$$

Ограничения в виде неравенства для простоты и гладкости поставлены лишь на регулируемые независимые параметры режима. В качестве последних были выбраны напряжения генераторных узлов многополюсника:

$$U_k^{\min} \leq U_k \leq U_k^{\max}.$$

Алгоритм 1 использует хорошо известный метод оптимального градиента. Последовательность приближений к искомому оптимальному режиму строится по следующей формуле:

$$\left[U_k \right]^i = \left[U_k \right]^{i-1} - \sigma^i \left[\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right]_{\bar{U} = \bar{U}^{i-1}}, \quad (3)$$

$$\text{где } \left[\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right]_{\bar{U} = \bar{U}^{i-1}} = \left[\left(\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right)' \right] - \left[\frac{\partial f}{\partial U_k} \right]^2 \cdot \left[\frac{\partial f}{\partial X} \right]^{T-1} \cdot \left[\left(\frac{\partial \pi}{\partial X} \right)' \right]$$

— градиент функции;

σ — коэффициент, определяющий величину шага, минимизирующего функцию π в заданном направлении;

k — индекс множества генераторных узлов;

i — верхний индекс номера шага итерации;

$[X]$ — вектор зависимых параметров режима;

$[f]$ — вектор-функция уравнений установившегося режима;

$[U_k]$ — вектор регулируемых параметров;

T — индекс транспонированной матрицы.

Для расчета коэффициента σ зависимость функции по параметру σ аппроксимируется полиномом второго порядка

$$a_2 \sigma^2 + a_1 \sigma + a_0 = \pi(\sigma), \quad (4)$$

при $\sigma=0$, $a_0 = \pi^{i-1}(U)$ — значение функции в i -ом шаге итерации,

$$a_1 = \left(\frac{\partial \pi}{\partial \sigma} \right)_{\sigma=0} = - \frac{\sum_k \left(\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right)^2}{U_k - U_k^{i-1}}.$$

Коэффициент a_2 определяется после пробного шага

$$a_2 = \frac{\pi_1(\sigma_1) - a_1 \sigma_1 - a_0}{\sigma_1^2},$$

где σ_1 — выбранное значение параметра для пробного шага;

$\pi_1(\sigma_1)$ — значение функции в конце пробного шага.

Оптимальное значение коэффициента σ определяется из формулы:

$$\varepsilon_k = -\frac{\partial f}{\partial a_k} \quad (5)$$

Алгоритм II. В этом алгоритме итерационный процесс строится по рекурсивной формуле:

$$\left[U_k \right]^i = \left[U_k \right]^{i-1} - \varepsilon^i \left[\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k \partial U_m} \right]_{\pi = \pi^{i-1}}^{-1} \left[\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right]_{\pi = \pi^{i-1}} \quad (6)$$

где $\left[\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k \partial U_m} \right]$ — матрица частных производных второго порядка (матрица Гесса), элементы которой представляют собой коэффициенты членов второго порядка в разложении нелинейной функции в ряд Тейлора по степеням регулируемых параметров $\{U_k\}$ и определяются по следующим формулам [2]:

а) для линейных элементов

$$\left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k^2} \right)^i = \frac{\partial}{\partial U_k} \left[\pi^i - \pi^{i-1} \cdot q_k^i \left(\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right) \right] \quad (7)$$

б) для нелинейных элементов

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k \partial U_m} \right)^i &= \frac{1}{(q_{km}^i)^2} \left[\pi^i - \pi^{i-1} \cdot q_{km}^i \left(\frac{\partial \pi}{\partial U} \right)_k \mp q_{km}^i \left(\frac{\partial \pi}{\partial U} \right)_m \right] - \\ &- \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_m^2} \right) \right] \end{aligned} \quad (8)$$

где π^i — значение функции π i -ым шагом при изменении соответствующего регулируемого параметра на величину ε .

В указанной работе делается вывод, что параллельность в результате расчета установившегося режима, что требовало большой затраты машинного времени. В предлагаемом алгоритме внесено усовершенствование в части определения функции π^i . Функция π^i определяется в результате прямого расчета по формуле (1). Значения независимых переменных задаются, а зависимые переменные определяются с помощью матрицы чувствительности $[S]$

$$[X]^i = [X]^{i-1} + [\Delta X]^i \quad (9)$$

где $[\Delta X]^i = [S] \cdot [\Delta U]^i$

$$[S] = - \left[\frac{\partial f}{\partial Y} \right]^{-1} \cdot \left[\frac{\partial f}{\partial U_k} \right] \quad (10)$$

Здесь $[\Delta X]$ — вектор приращений зависимых параметров,

$[\Delta U]$ — вектор приращений регулируемых параметров.

Надо отметить, что расчет элементов матрицы чувствительности не требует большого числа вычислительных операций и большой памяти ЦВМ. К моменту расчета π^i и взятии машины находится

транспонированная обращенная матрица $\left[\frac{\partial f}{\partial X} \right]^{T-1}$ и матрица $\left[\frac{\partial f}{\partial U_k} \right]$, используемые для вычисления градиента функции π . Для расчета $|S|$ достаточно матрицу $\left[\frac{\partial f}{\partial X} \right]^{T-1}$ транспонировать и умножить на $\left[\frac{\partial f}{\partial U_k} \right]$. В этом алгоритме, для определения величины оптимального шага ε , зависимость функции по параметру ε аппроксимируется полиномом второго порядка.

Алгоритм III представляет собой модификацию алгоритма II и образуется, если в матрице вторых частных производных не учитывать недиагональные элементы. Тогда формула (6) для построения итерационного процесса принимает следующий вид:

$$\left| U_k \right|^i = \left| U_k \right|^{i-1} - \varepsilon^i \left[\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k^2} \right]_{U=U^{i-1}}^{-1} \left[\frac{\partial \pi}{\partial U_k} \right]_{U=U^{i-1}} \quad (11)$$

где $\left[\frac{\partial^2 \pi}{\partial U_k^2} \right]$ — матрица вторых частных производных только с диагональными элементами.

Элементы этой матрицы в отличие от элементов диагональной матрицы, приведенной в работе [3] (алгоритм III), являются полными частными производными второго порядка и определяются с учетом ограничений в виде равенств.

В алгоритме IV (смешанный алгоритм) первые шаги (1 + 2) итерационного процесса производятся по методу оптимального градиента, а последующие шаги — градиентным методом второго порядка, использующим полную матрицу вторых частных производных.

Учет ограничений регулируемых переменных в процессе итерации осуществляется путем закрепления переменных, вышедших за пределы допустимых значений:

$$U_k^i = \begin{cases} U_k^{\max} & \text{если } U_k^{i-1} + \Delta U_k^i > U_k^{\max}, \\ U_k^{\min} & \text{если } U_k^{i-1} + \Delta U_k^i < U_k^{\min}, \\ U_k^{i-1} + \Delta U_k^i & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (12)$$

В конце каждого шага минимизации проверяется оптимальность полученного режима по следующим критериям:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial U_k} < \varepsilon & \text{ если } U_k^{\min} < U_k < U_k^{\max}; \\ -\frac{\partial \pi}{\partial U_k} > \varepsilon & \text{ если } U_k = U_k^{\min}; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial U_2} \geq \varepsilon \text{ если } U_2 = U_2^{\text{мин}},$$

где $\varepsilon = 0,01$.

Сравнение алгоритмов производилось по числу вычислительных операций и объему используемой памяти, необходимых для полного решения задачи минимизации потерь активной мощности конкретных энергосистем. Составлены формулы для расчета числа вычислительных операций для одного шага оптимизации и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид расчета	Алгоритмы		
	I	II	III
Расчет элементов матрицы Гесса			
а) диагональных		$N_{II} = \Gamma x^2 \cdot y(x+16b+8n+4)$	$N_{III} = \Gamma x^2 + y(x+16b+8n+4)$
б) недиагональных		$N_{II}^* = \Gamma x^2 + \frac{y(y-1)}{2} \times (2x+16b+8n+10)$	
Величина оптимального шага	$N_{III} = 2N_I + 16b + 8n + \Gamma x(1-x)$	$N_{III} = 2[2N_I + 16b + 8n + \Gamma x(1+x)]$	
Установившийся режим	$N_{III} = j \left[\frac{5b}{x} (26-1) + 286 - 12\Gamma + 40b + 18n \right] + 16b + 8n$		
Градиент функции		$\Delta = \frac{x}{2} (x^2 - 6x - 3\Gamma - 1) + 116b + 8n$	
Расчет новых значений регулируемых параметров	$N_{II} = y$	$N_{II} = \frac{y}{3} (y^2 - 6y + 2)$	$N_{III} = 3y$
Общее число вычислительных операций	$N_I = N_{III} + N_I + N_{III} + N_{III} + N_{III}$	$N_{II} = N_{III} + N_I + N_{III} + N_{III} + N_{III} + N_{III} + N_{III}$	$N_{III} = N_{III} + N_I + N_{III} + N_{III} + N_{III} + N_{III} + N_{III}$

Примечание. В формулах, приведенных в табл. 1, приняты следующие условные обозначения: n — число независимых узлов, Γ — число генераторных узлов, b — число ветвей, x — число зависимых переменных, b — балансирующий узел, y — число независимых переменных, N_I — число вычислительных операций одного шага установившегося режима, j — число итераций установившегося режима.

Как видно из формул, определяющих фактором числа вычислительных операций, наряду с количеством узлов и ветвей схемы, является число последовательных приближений к искомому оптимальному режиму и число итераций, необходимых для получения установившегося режима.

Объем используемой памяти ЦВМ алгоритмом I принимается в качестве единицы сравнения. Для алгоритмов II, III и IV наблюдается

незначительное увеличение памяти, связанное с хранением элементов матрицы Гесса. Ниже приводится число необходимых дополнительных ячеек памяти соответственно для алгоритмов:

$$\text{II, IV} - \frac{y(y+1)}{2};$$

$$\text{III} - y,$$

где y — число независимых переменных.

Конкретные расчеты минимизации потерь активной мощности производились для 3-, 8- и 18-узловых схем. Результаты расчетов использовались для оценки эффективности алгоритмов по числу вычислительных операций (табл. 2).

Таблица 2

n	Алгоритмы					
	I		II		III	
	N	l	N	l	N	l
3	57034	12	15942	3	37806	7
8	531492	6	139261	2	211332	3
18	2050268	10	748110	3	1245854	5

l — число шагов процесса минимизации

Одновременно произведены расчеты минимизации потерь активной мощности по алгоритмам I и III без оптимизации величины шага в выбранном направлении. При этом оказалось, что для градиентного метода первого порядка (алгоритм I) при использовании произвольного шага число итераций резко возрастает, и соответственно увеличивается общее время расчета. Применение алгоритма III с постоянным параметром, определяющим величину шага, дает незначительное увеличение числа итераций, а следовательно, и времени расчета, по сравнению с расчетом по тому же алгоритму, но с оптимизацией величины шага.

Надо иметь в виду, что определение оптимальной величины шага даст большое увеличение числа вычислительных операций, а следовательно, растет необходимое время для расчета одного шага процесса минимизации.

Составление указанных факторов приводит к заключению, что оптимизация величины шага минимизации необходима при использовании алгоритмом I и не обязательна в случае применения алгоритма III.

Исследование алгоритма IV нельзя считать достаточным, так как эффективность применения алгоритма IV зависит от пределов ограничений типа неравенств на независимые и зависимые переменные. Ввиду узости области возможного существования оптимального режима, применение алгоритма IV не всегда дает положительный эффект.

Анализ результатов расчета приводит к следующим выводам:

1. Использование матрицы вторых частных производных в алгоритмах минимизации потерь активной мощности значительно уменьшает общее время расчета.

2. Сравнение эффективности алгоритмов по числу вычислительных операций для рассчитанных конкретных небольших схем показывает целесообразность применения алгоритма II.

3. При пологом изменении функции потерь активной мощности приближенное определение оптимального шага минимизации при аппроксимации функции параболой дает большие погрешности, вследствие чего требуется уточнение величины шага.

АрмНИИЭ

Получено 26.V. 1975

Հ. Տ. ԱՇՈՆ, Ա. Ս. ԱՎԱԿԻՍՅԱՆ, Բ. Ա. ԵՐԵՄԵՅԵՎ

ԱՎՏԻՎ ԶԳՈՐԻՔՅԱՆ ԿՈՐՐԵՍՏՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԵԶՅՈՒՅՈՒՄՆԵՐԻ ԱՎԱՐԻՔՄԱՆԵՐԻ
ՀԻՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ, ԲՐՈՆՔ ԸՆՄՆԵՎԱՆ ԵՆ ԳՐԱԿԵՆՏՐԱԿԻՆ
ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա. մ. փ. ո. մ.

Հարվածում շարադրված են ակտիվ հզորության կորուսանների մինիմիզացիայի առաջին և երկրորդ կարգի պրադիկցիային մեթոդների վրա հիմնված շորս ալգորիթմների էֆեկտիվության գնահատման հետազոտության արդյունքները: Հետազոտության արդյունքները ցույց են տվել, որ երկրորդ մասնակի ածանցյալների մատրիցայի սղտագործումը ակտիվ հզորության կորուսանների մինիմիզացիայի ալգորիթմներում բավականին փոքրացնում է հաշվարկման ընդհանուր ժամանակը:

Ալգորիթմների էֆեկտիվության համեմատությունը, ըստ հաշվման պարժողությունների բանակի ցույց է տալիս 2-րդ ալգորիթմի իրատման նպատակահարմարությունը ոչ մեծ բանակայությամբ հանգուցներ ունեցող սխեմաների համար:

Հաշվման զորժողությունների բանակի ալգորիթմների որոշման համար բերված բանաժևերը ցույց են տալիս ալգորիթմների էֆեկտիվության հետազոտությունն տանել արիչ խնդիրների լուժման համար:

Ցույց է արված, որ ակտիվ հզորության կորուսանների ֆունկցիայի ափսի հարթ փոփոխության դեպքում, ֆունկցիան պարաբոլով մատարկելիս, մինիմիզացիայի սպտիմալ քայլի մտաափոր որոշումը տալիս է մեծ սխալներ, որի հետևանքով պահանջվում է քայլի մեժության նշումը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ашон Г. Т. Метод расчета установившегося режима электрических систем. «Электричество», № 5, 1972.
2. Sasson A. M., Vitoria E., Aboutes F. Optimal Load Flow Solutions Using the Hessian Matrix. "Power Apparatus and Systems", №1, 1973.
3. Ашон Г. Т., Авакимов А. С., Ермакова Р. А. К расчету минимума потерь активной мощности с использованием матрицы вторых частных производных от потерь. «Известия АН АрмССР (серия технических наук)», т. XXVII, № 5, 1974.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

М. А. ЗАДЖАН, Л. А. ЛЕВОЯН

ПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО
 СТЕРЖНЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ
 СОВМЕСТНОМ КРУЧЕНИИ И ИЗГИБЕ

Задача пластического состояния призматических стержней при совместном изгибе и кручении для идеально пластического материала рассматривалась Ханьянцманом [1], Хиллом [2], Пиехником и Жичковским [3, 4]. В работе Миллера и Мэлверна [5] дан численный анализ задачи для стержней квадратного сечения из специального вида упрочняющегося материала, подвергнутых кручению и изгибу в одной из плоскостей симметрии сечения. Задача совместного изгиба и кручения стержней в связи с вопросами установившейся ползучести рассмотрена в работах [6, 7].

В настоящей статье рассматривается напряженное состояние призматического стержня прямоугольного сечения из несжимаемого упрочняющегося материала, находящегося под совместным действием осевого усилия, крутящего и изгибающих моментов, приложенных на торцевых сечениях (рис. 1).

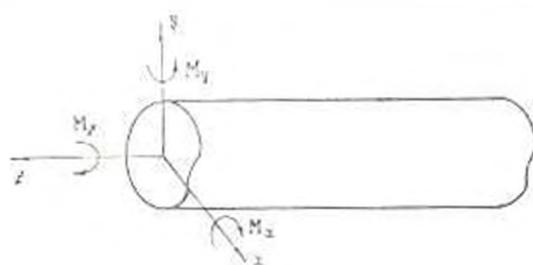


Рис. 1.

Интенсивности касательных напряжений и деформации сдвигов принимаем связанными соотношением $\tau_{ij} = \frac{3}{2} f(\varepsilon_i) \varepsilon_{ij}$, где функция f характеризует закон упрочнения материала стержня с некоторым физическим параметром λ . Полагая, что напряжения безразмерные (в долях $2G$, где G — модуль сдвига) и случай $\lambda = 0$ соответствует идеально упругому материалу $f|_{\lambda=0} = 1$. Принимаем, что между компонентами напряжений, деформации и перемещений имеют место зависимости:

$$\tau_{xy} = f(\varepsilon_i) \gamma_{xy}, \dots, \tau_{xz} = f(\varepsilon_i) \gamma_{xz}, \dots \quad (1)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial w}{\partial x}, \dots, 2\gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}, \dots \quad (2)$$

Полуобратным способом [7, 8], принимая, что тензор деформации не зависит от продольной координаты z , а σ_x , σ_y и τ_{xz} равны нулю по всему объему стержня, приходим для перемещений к выражениям:

$$\begin{aligned} u &= -\frac{A}{4}(x^2 - y^2 + 2z^2) - \frac{B}{2}xy - Dyz - \frac{C}{2}x; \\ v &= -\frac{B}{4}(y^2 - x^2 + 2z^2) - \frac{A}{2}xy - Dyz - \frac{C}{2}y; \\ \omega &= D\psi(x, y) + Axz + Byz + Cz, \end{aligned} \quad (3)$$

где A, B, C, D — постоянные, а $\psi(x, y)$ — неизвестная функция перемещения. Для компонентов напряжений имеем:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \frac{3}{2}f(\varepsilon_i)(Ax + By + C); \quad \tau_x = \tau_y = \tau_{xy} = 0; \\ \tau_{xz} &= Df(\varepsilon_i)\left(\frac{\partial\psi}{\partial x} - y\right); \quad \tau_{yz} = Df(\varepsilon_i)\left(\frac{\partial\psi}{\partial y} + x\right); \end{aligned} \quad (4)$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{\frac{3}{4}(Ax + By + C)^2 + D^2\left[\left(\frac{\partial\psi}{\partial x} - y\right)^2 + \left(\frac{\partial\psi}{\partial y} + x\right)^2\right]}.$$

Подставляя (4) в дифференциальные уравнения равновесия, приходим к уравнению:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[f(\varepsilon_i)\left(\frac{\partial\psi}{\partial x} - y\right)\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[f(\varepsilon_i)\left(\frac{\partial\psi}{\partial y} + x\right)\right] = 0. \quad (5)$$

Условием отсутствия нагрузки на боковой поверхности стержня будет:

$$\frac{\partial\psi}{\partial s}\bigg|_{\Gamma} = \frac{d}{ds}\left(\frac{x^2 + y^2}{2}\right), \quad (6)$$

где Γ — контур области с поперечным сечением Ω ; s — дуга контура; ν — направление внешней нормали контура. Таким образом, определение напряженного состояния стержня сводится к внутренней задаче Неймана для уравнения (5) при краевом условии (6).

2° Вводя обозначения: $\varepsilon_i = D\sqrt{\omega}$; $f(\varepsilon_i) = f_1(\omega)$;

$$\omega = (\alpha x + \beta y + \gamma)^2 + \left(\frac{\partial\psi}{\partial x} - y\right)^2 + \left(\frac{\partial\psi}{\partial y} + x\right)^2 \quad (7)$$

(где α, β, γ соответственно равны A, B, C , умноженные на $\sqrt{3/2}D$), уравнение (5) представим в виде

$$\nabla^2\psi + \left(\frac{\partial\psi}{\partial x} - y\right)\frac{\partial \ln f_1}{\partial x} + \left(\frac{\partial\psi}{\partial y} + x\right)\frac{\partial \ln f_1}{\partial y} = 0. \quad (8)$$

Решение уравнения (8) ищем в виде степенного ряда по параметру λ :

$$\varphi = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \varphi_k, \quad (9)$$

Далее, функции ω и $\ln f_1$ разлагаем в степенные ряды по λ :

$$\omega = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \omega_k; \quad \ln f_1 = -i \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k F_k, \quad (10)$$

где

$$\omega_0 = (z_0 x + \beta_0 y + \gamma_0)^2 + \left(\frac{\partial \varphi_0}{\partial x} - y \right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi_0}{\partial y} + x \right)^2;$$

$$\omega_n = \sum_{k=0}^{n-1} [(z_k x + \beta_k y + \gamma_k)(z_{n-k} x + \beta_{n-k} y + \gamma_{n-k}) + \text{grad } \varphi_k \text{ grad } \varphi_{n-k}]; \quad (11)$$

$$F_n = - \frac{1}{(n+1)!} \left. \frac{d^{n+1} \ln f_1}{d \lambda^{n+1}} \right|_{\lambda=0} = F_n^*(\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_n);$$

$$z_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{A_0}{D_0}; \quad \beta_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{B_0}{D_0}; \quad \gamma_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{C_0}{D_0}. \quad (12)$$

Здесь $z_k, \beta_k, \gamma_k, D_k$ коэффициенты разложения соответствующих параметров в ряд по λ , а A_0, B_0, C_0, D_0 являются постоянными соответствующей линейно-упругой задачи.

Подставляя (9) и (10) в (8), приходим к краевой задаче:

$$\nabla^2 \varphi_0 = 0; \quad \left. \frac{\partial \varphi_0}{\partial \nu} \right|_{\Gamma} = \frac{d}{ds} \left(\frac{x^2 + y^2}{2} \right), \quad (13)$$

дающее решение линейно-упругой задачи и систему рекуррентных задач Неймана:

$$\nabla^2 \varphi_{n+1} = Q_n; \quad \left. \frac{\partial \varphi_{n+1}}{\partial \nu} \right|_{\Gamma} = 0; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$Q_n = \left(\frac{\partial \varphi_n}{\partial x} - y \right) \frac{\partial F_n}{\partial x} + \left(\frac{\partial \varphi_n}{\partial y} + x \right) \frac{\partial F_n}{\partial y} + \sum_{k=1}^n \text{grad } \varphi_k \text{ grad } F_{n-k}, \quad (14)$$

определяющее пластическое состояние стержня.

В случае прямоугольного поперечного сечения имеем граничные условия

$$\left. \frac{\partial \varphi_0}{\partial x} \right|_{x = -\frac{a}{2}} = -y, \quad \left. \frac{\partial \varphi_0}{\partial y} \right|_{y = -\frac{b}{2}} = x, \quad \left. \frac{\partial \varphi_{n+1}}{\partial x} \right|_{x = -\frac{a}{2}} = \left. \frac{\partial \varphi_{n+1}}{\partial y} \right|_{y = -\frac{b}{2}} = 0. \quad (15)$$

Значение φ_0 , определяющее деформацию поперечного сечения при упругом кручении, известно:

$$\psi(x, y) = -xy + \frac{8b^2}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1}}{(2k-1)^3} \frac{\operatorname{sh} \frac{(2k-1)\pi x}{b}}{\operatorname{ch} \frac{(2k-1)\pi a}{b}} \cdot \operatorname{sh} \frac{(2k-1)\pi y}{b}, \quad (16)$$

3° Для определения ψ_{n+1} нужно показать выполнение необходимого условия разрешимости (14), т. е.

$$\iint Q_n d\Omega = 0. \quad (17)$$

Подставляя Q_n из (14) в (17), после некоторых преобразований и использования граничных условий (15) получим:

$$\int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} Q_n dx dy = \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \sum_{k=1}^{\infty} F_{n-k} \nabla^2 \psi_k dx dy. \quad (18)$$

Далее, почленно интегрируя уравнение (8) в рассматриваемой прямоугольной области и используя граничные условия (15), находим:

$$\int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \nabla^2 \psi \ln f_1 dx dy = 0. \quad (19)$$

Подставляя здесь разложения ψ и $\ln f_1$, будем иметь:

$$\int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \sum_{k=1}^{\infty} F_{n-k} \nabla^2 \psi_k dx dy = 0. \quad (20)$$

Сопоставляя (20) с (18), приходим к условию (17).

4° Решение краевой задачи (14) представится в виде

$$\psi_{n+1}(x, y) = \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} Q_n(\xi, \eta) G(\xi, \eta, x, y) dx dy, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (21)$$

$$G(\xi, \eta, x, y) = \begin{cases} \frac{x-\xi}{2} - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi m}{b} \left(\xi + \frac{a}{2} \right) \operatorname{ch} \frac{2\pi m}{b} \left(x - \frac{a}{2} \right) \cos \frac{2\pi m}{b} (y-\eta)}{\pi m \operatorname{sh} \frac{2\pi m}{b} a}, & \xi \leq x \\ \frac{x-\xi}{2} - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi m}{b} \left(\xi - \frac{a}{2} \right) \operatorname{ch} \frac{2\pi m}{b} \left(x + \frac{a}{2} \right) \cos \frac{2\pi m}{b} (y-\eta)}{\pi m \operatorname{sh} \frac{2\pi m}{b} a}, & \xi \geq x \end{cases} \quad (22)$$

Здесь G —функция Грина второго рода для данной задачи.

Решение задачи (14) можно получить также в форме двойных тригонометрических рядов Фурье:

$$\psi_{n+1}(x, y) = - \sum_{m=1, k=1}^{\infty} \frac{q_{mk}^{(n)}}{\pi^2 \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} \right)} \cos \frac{m\pi \left(x + \frac{a}{2} \right)}{a} \cos \frac{k\pi \left(y + \frac{b}{2} \right)}{b}, \quad (23)$$

$$(n=0, 1, 2, \dots)$$

$$\text{где } q_{mk}^{(n)} = \frac{4}{ab} \int_{a/2-b/2}^{a/2} \int_{a/2}^{b/2} Q_n(x, y) \cos \frac{m\pi \left(x + \frac{a}{2} \right)}{a} \cos \frac{k\pi \left(y + \frac{b}{2} \right)}{b} dx dy, \quad (24)$$

При степенном законе упрочнения ($f(\varepsilon_i) = \varepsilon_i^{-2}$) для выражения Q_n имеем:

$$Q_n(x, y) = \frac{1}{\omega_0} \left[\left(\frac{\partial \psi_0}{\partial x} - y \right) \frac{\partial \omega_n}{\partial x} + \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial y} + x \right) \frac{\partial \omega_n}{\partial y} \right] + \frac{1}{\omega_0} \sum_{k=1}^n \text{grad } \psi_k \text{ grad } \omega_{n-k} - \frac{1}{\omega_0} \sum_{k=1}^n Q_{n-k} \omega_k, \quad (25)$$

Пользуясь априорными оценками Шаудера, аналогично [8] легко показать абсолютную и равномерную сходимость ряда (9).

5 Компоненты напряжения, соответствующие второму приближению, будут:

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= (D_0 + \lambda D_1) \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial x} - y \right) + \lambda D_0 \left[\frac{\partial \psi_1}{\partial x} - \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial x} - y \right) \ln \mu \right]; \\ \tau_{yz} &= (D_0 + \lambda D_1) \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial y} + x \right) + \lambda D_0 \left[\frac{\partial \psi_1}{\partial y} - \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial y} + x \right) \ln \mu \right]; \end{aligned} \quad (26)$$

$$\tau_z = \frac{3}{2} \left[(A_0 + \lambda A_1)x + (B_0 + \lambda B_1)y + C_0 + \lambda C_1 - (A_0 x + B_0 y + C_0) \ln \mu \right],$$

где $\mu(x, y) = D_0^2 \omega_0$; $\psi_0(x, y)$ определяется по (16), а $\psi_1(x, y)$ — согласно (23), причем

$$Q_0(x, y) = \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial x} - y \right) \frac{\partial \ln \omega_0}{\partial x} + \left(\frac{\partial \psi_0}{\partial y} + x \right) \frac{\partial \ln \omega_0}{\partial y}. \quad (27)$$

Постоянные $A_0, B_0, C_0, D_0, A_1, B_1, C_1, D_1$ определяются из статических условий, которые, при отсутствии осевых сил, имеют вид:

$$\iint_{\Omega} y \tau_z d\Omega = \frac{M_x}{2G}; \quad \iint_{\Omega} x \tau_z d\Omega = \frac{M_y}{2G}; \quad (28)$$

$$\iint_{\Omega} \tau_z d\Omega = 0; \quad \iint_{\Omega} (x \tau_{yz} - y \tau_{xz}) d\Omega = \frac{M_z}{2G}.$$

Подставляя выражения (26) в (27), будем иметь:

$$A_0 = \frac{4M_y}{G\pi^2 b^2}; \quad B_0 = \frac{4M_x}{G\pi ab^2}; \quad C_0 = 0; \quad D_0 = \frac{M_z}{20K_1 ab^2}$$

$$A_1 = A_0 \frac{12}{a^2 b^2} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} x^2 \ln y \, dx \, dy + B_0 \frac{12}{a^2 b^2} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} xy \ln y \, dx \, dy;$$

(29)

$$B_1 = A_0 \frac{12}{ab^2} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} xy \ln y \, dx \, dy + B_0 \frac{12}{b^2} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} y^2 \ln y \, dx \, dy;$$

$$C_1 = \frac{A_0}{ab} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} x \ln y \, dx \, dy + \frac{B_0}{ab} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} y \ln y \, dx \, dy;$$

$$D_1 = \frac{D_0}{ab^2 K_1} \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \left\{ y \left| \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} - \left(\frac{\sigma_x}{ax} - y \right) \right| + x \left| \frac{\partial \sigma_x}{\partial y} - \left(\frac{\sigma_x}{ay} - x \right) \right| \right\} dx \, dy,$$

где

$$K_1 = \frac{1}{3} \left(1 - \frac{192}{\pi^2} \frac{b}{a} \sum_{k=1,3,5}^{\infty} \frac{1}{k^2} \operatorname{th} \frac{2ka}{b} \right).$$

Для численного примера, полагаем: $M_x = 0$; $M_y = 16 M_z$; $a/b = 2$; $\nu = 0,2$; $G = 0,77 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$; $M_z/b^3 = 35 \text{ кг/см}^2$. — из (29) нахо-

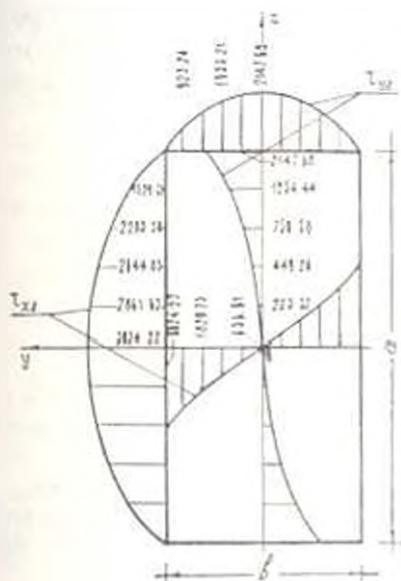


Рис. 2

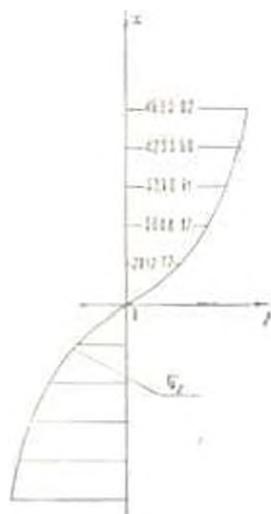


Рис. 3

$$\text{дйм: } B_0 = C_0 = B_1 = C_1 = 0;$$

$$D_0 = 5 \cdot 10^{-4} \frac{1}{b} [\text{см}^{-1}]; \quad A_0 = 36,6 \cdot 10^{-3} \frac{1}{b} [\text{см}^{-1}];$$

$$D_1 = 16,8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{b} [\text{см}^{-1}]; \quad A_1 = -44,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{b} [\text{см}^{-1}].$$

Картина напряженного состояния, соответствующая приведенным числовым данным, представлена на рисунках 2 и 3 (в кг/см^2).

Ереванский политехнический институт им. К. Маркса
Институт механики АН АрмССР

Поступило 29.VII. 1975.

Մ. Բ. ԺՐԵՎԱՆԻ, Լ. Հ. ԼԵՈՒՅԱՆ

ՈՒՎՈՐԱՆՆՈՒՄ ԵՎ ՍՏՐՈՆՆԵՐ ՊԵՐՉՄԱՏԻԿ ԶՈՂԻ ՊԼԱՍՏԻԿԱՆԻՆ ՎԻՃԱԿԻ
ՉՈՒՐԱՏԵՂ ՍԻՐՄԱՆ ԵՎ ՅԵՄՄԱՆ ԴԵՊՐՈՒՄ

Ո Ւ Վ Ո Ր Ո Ւ Մ

Ուսումնասիրվում է պրիզմատիկ ձողի լարվածա-գեֆորմացիոն վիճակը համասեղ պրիզման և ծանր գեղարձակ ամրացնողով ունեցող անսղմեղի նյութի համար: Տեղափոխումները ֆունկցիայի պարամետրեր խնդիրը հանդիսանում է մեկ ոչ-զմային էլիպտիկ դիֆերենցիալ հավասարման ինտեգրման: Ատտիճանային շարքերի օգնությամբ այն բերվում է նեյմանի եզրային խնդիրների սեկտրենտ սրտանով, որոնցից առաջինը Լուայսոսի հավասարման համար, իսկ մյուսները՝ Փուասսոնի Ադաչուզոված է այդ խնդիրների լուծելիությունը և ստացված են լուծումները ուղղանկյուն համավորի համար: Բերված են իվային օրինակի արդյունքները առախանային ամրացնողով ունեցող նյութի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Hantelman G. H. „Quart. J. Appl. Math.“, 1, 1944.
2. Хилл Р. Математическая теория пластичности. МЭ, М., 1956.
3. Pischnik S. „Arch. Mech. stosow.“, т. 12, № 1, 1961.
4. Pischnik S. Zyczkowski M. „Arch. Mech. stosow.“, т. 13, № 3, 1961.
5. Миллер I. M., Миллер J. E. Численный анализ компрессионного изгиба и кручения упругоупластического квадратного бруса. Прикладная механика. Труды Америк. общества прикладной механики, № 1, 1967.
6. Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкции. Изд. «Наука», М., 1966.
7. Задоян М. А. Задача установившейся ползучести призматического стержня при совместном растяжении, изгибе и кручении. Известия АН АрмССР, серия Механика, т. 21, № 3, 1968.
8. Задоян М. А. Пластическое состояние толстостенной цилиндрической трубы при совместном кручении и изгибе. ДАН АрмССР, т. 56, № 4, 1973.

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

А. М. САРГСЯН, К. С. ЧОБАНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОУПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ
СОСТАВНОЙ ПЛАСТИНКИ, ПО ПРЯМОЛИНЕЙНОМУ
КОНТАКТУ КОТОРОЙ ДВИЖЕТСЯ
ИСТОЧНИК ТЕПЛА

Определение температурных полей и вызываемых ими температурных напряжений в тонких пластинках, нагреваемых подвижными источниками тепла, имеет важное значение для проектирования оптимальных процессов сварки. Температурные поля и термоупругие напряжения в изотропных и анизотропных однородных пластинках, обусловленные движущимися источниками, широко освещены в работах [1-7]. В работе [8] определено температурное поле при сварке встык тонких разнородных пластин с теплоизолированными поверхностями.

В настоящей работе определяются квазистационарное температурное поле с учетом теплоотдачи и температурные напряжения в тонкой составной пластинке, нагреваемой линейным источником тепла.

Задача рассматривается в следующей постановке. Две полубесконечные пластинки из различных материалов соединены между собой встык вдоль прямолинейной границы без остаточных напряжений при некоторой постоянной температуре T_0 . Линейный источник тепла постоянной мощности q движется вдоль прямолинейного контакта (ось x) со скоростью v . Через поверхности пластинки осуществляется теплообмен с внешней средой постоянной температуры T_0 . Предполагается, что на бесконечности разность температуры пластинок и среды, а также напряжения исчезают. Эта схема в первом приближении описывает распределение температуры и термоупругих напряжений при выполнении сварного шва и при строгании составной пластинки.

При изменении температуры окружающей среды от T_0 до T_1 к решению данной задачи следует добавить решение, соответствующее разности температур $T_1 - T_0$ и конкретным условиям на бесконечности.

Так как пластинка тонкая, величина $\varepsilon = h^2/\delta$ (h — единичный коэффициент теплоотдачи с поверхностями пластинки, δ — толщина пластинки) мала по сравнению с единицей, градиент температуры по толщине пластинки незначителен, и поставленная задача сводится к двумерной температурной задаче теории упругости [3].

1. Для определения температурного поля в составной пластинке должна быть решена система дифференциальных уравнений [3]:



$$\frac{\partial^2 T_j}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_j}{\partial y^2} - m_j^2 T_j + \frac{\nu}{a_j} \frac{\partial T_j}{\partial x} = 0 \quad (1.1)$$

$$|x| < \infty, y > 0, j=1; |x| < \infty, y < 0, j=2,$$

при следующих контактных условиях:

$$T_1 = T_2; \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} - \frac{q}{2-\alpha} \delta(x); y=0. \quad (1.2)$$

Здесь T_j — разность температуры точки пластинки и среды; λ_j, a_j — коэффициенты теплопроводности и температуропроводности материалов, составляющих пластинок; $\delta(x)$ — функция Дирака; $m_j^2 = 2\beta_j/\mu_j \delta = 2\alpha_j/\delta^2$, где β_j — коэффициенты теплоотдачи.

Для решения системы (1.1) при условиях (1.2) применяется интегральное преобразование Фурье [9]:

$$T_j(u, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} T_j(x, y) e^{iux} dx; T_j(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} T_j(u, y) e^{-iux} du. \quad (1.3)$$

Вместо (1.1) и (1.2) получим:

$$\frac{d^2 T_j}{dy^2} - (u^2 + m_j^2 + i\nu p_j) T_j = 0; \quad (1.4)$$

$$T_1 = T_2; \lambda_1 \frac{dT_1}{dy} = \lambda_2 \frac{dT_2}{dy} - \frac{q}{2-\alpha}; y=0. \quad (1.5)$$

Решение (1.4) при условии (1.5) имеет вид

$$\bar{T}_j(u, y) = D e^{-|y|k_j}; \operatorname{Re} k_j > 0,$$

где

$$k_j = \sqrt{u^2 + m_j^2 + i\nu p_j}; p_j = \nu a_j;$$

$$D = \frac{q}{2-\alpha} \cdot \frac{1}{\lambda_1 k_2 + \lambda_2 k_1}.$$

2. Двумерная температурная задача теории упругости приводится к интегрированию уравнений равновесия

$$\frac{\partial \sigma_{xj}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xyj}}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \sigma_{xyj}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yj}}{\partial y} = 0 \quad (2.1)$$

и условий совместности деформаций

$$\Delta(\sigma_{xj} + \sigma_{yj}) + \alpha_j E_j \Delta T_j = 0 \quad (2.2)$$

с условиями непрерывности напряжений и перемещений на линии контакта ($y=0$):

$$\begin{aligned} \sigma_{y1} &= \sigma_{y2}; \quad \sigma_{xy1} = \sigma_{xy2}; \\ \sigma_{x1} - \nu_1 \sigma_{y1} &= \mu (\sigma_{x2} - \nu_2 \sigma_{y2}) + E_1 (a_2 - a_1) T_1; \\ 2(1 + \nu_1) \frac{\partial \sigma_{xy1}}{\partial x} - \left(\frac{\partial \sigma_{x1}}{\partial y} - \nu_1 \frac{\partial \sigma_{y1}}{\partial y} \right) &= 2\mu (1 + \nu_2) \frac{\partial \sigma_{x2}}{\partial x} - \\ - \mu \left(\frac{\partial \sigma_{x2}}{\partial y} - \nu_2 \frac{\partial \sigma_{y2}}{\partial y} \right) - E_1 \left(a_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} - a_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} \right), \end{aligned} \quad (2.3)$$

где непрерывность перемещений u_j, v_j на линии контакта соответственно заменена условиями непрерывности $\partial u_j / \partial x$ и $\partial^2 v_j / \partial x^2$ [10, 11].

Здесь ν_j, E_j, α_j — коэффициенты Пуассона, модули упругости и коэффициенты линейного расширения материалов, $\mu = E_1/E_2$.

С помощью преобразования Фурье, решая уравнения (2.1) — (2.2) с условиями (2.3), для преобразований напряжений получим следующие выражения [12]:

$$\begin{aligned} \sigma_{xj} &= -(-1)^j \left[\frac{2 - |y||u|}{|u|} B_j + (-1)^j A_j \right] e^{-|y||u|} - \\ &\quad - D b_j F_j k_j^2 e^{-|y|k_j}; \\ \sigma_{yj} &= [A_j - (-1)^j |y| B_j] e^{-|y||u|} - D b_j F_j u^2 e^{-|y|k_j}; \\ \sigma_{xyj} &= -i \left[\frac{1 - |y||u|}{u} B_j + (-1)^j \frac{|u|}{u} A_j \right] e^{-|y||u|} - i(-1)^j D b_j F_j k_j u e^{-|y|k_j}, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} d_1 &= 1 + \nu_1 + \mu(3 - \nu_2), \quad d_2 = 3 - \nu_1 + \mu(1 + \nu_2); \\ b_j &= \alpha_j E_j, \quad F_j = 1/(m_j^2 + i\mu p_j); \\ B_i &= \frac{D}{d_1} \left[(4 - d_2) b_j F_j |u| - (4 - d_2) b_j F_j k_j \right] u^2; \\ A_1 &= \frac{D}{d_1 d_2} \left[\left[d_1(2 - d_2) b_1 F_1 - 2\mu d_2 b_2 F_2 \right] u^2 - \left[2d_1 b_1 F_1 k_1 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + 2\mu d_2 b_2 F_2 k_2 \right] |u| \right]; \\ A_2 &= A_1 - D(b_2 F_2 - b_1 F_1) u^2. \end{aligned}$$

Возвращаясь к оригиналу, получим:

$$\begin{aligned} \sigma_{xj} &= -M_j \int_0^{\infty} \{ [E(1 + u^2 a_j) - F u^3 s_j] \cos U_j - [E u^3 s_j + F(1 + \\ &\quad + u^2 a_j)] \sin U_j \} e^{-|y|u} du - (-1)^j N_j \int_0^{\infty} \{ (E \cos ux - F \sin ux) [(2 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - |y|u)Q_j + (-1)^j P_j | - (E \sin ux + F \cos ux) [(2 - |y|u)S_j + \\
& \quad + (-1)^j R_j] | e^{-|y|u} du; \\
\sigma_{yj} = & M_j \int_0^{\bar{u}} [(E a_j - F u s_j) \cos U_j - (F u s_j - E a_j) \sin U_j] u^2 e^{-|y|u} du + \\
& + N \int_0^{\bar{u}} [(E \cos ux - F \sin ux) (P_j - (-1)^j Q_j) - (E \sin ux + \\
& \quad + F \cos ux) (R_j - (-1)^j |y|u S_j)] e^{-|y|u} du; \\
\sigma_{xj} = & -M_j \int_0^{\bar{u}} [(E u f_j - F e_j) \cos U_j - (F e_j - E u f_j) \sin U_j] u e^{-|y|u} du - \\
& - N \int_0^{\bar{u}} [(E \cos ux - F \sin ux) [(1 - |y|u)S_j - (-1)^j R_j] + (E \sin ux + \\
& \quad + F \cos ux) [(1 - |y|u)Q_j - (-1)^j P_j] | e^{-|y|u} du,
\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
N = & q_j / (d_1 d_2); \quad M_j = q b_j / \varepsilon_j; \quad u_j = \sqrt{0,5 (1 + \sqrt{(u^2 + m_j^2) + u^2 p_j^2 + \varepsilon_j^2 + m_j^2})^{1/2}}; \\
a_j = & \frac{m_j^2}{m_j^2 + u^2 p_j^2}; \quad \varepsilon_j = \frac{p_j}{m_j^2 + u^2 p_j^2}; \quad f_j = \frac{a_j p_j}{2u_j} - s_j u_j; \quad e_j = \frac{u^2 p_j s_j}{2n_j} + a_j n_j; \\
P_1 = & |d_1(2 - d_2)b_1 a_1 + 2u d_2 b_2 a_2| u^2 - |2d_1 b_1 \varepsilon_1 - 2s_1 d_2 b_2 \varepsilon_2| u; \\
R_1 = & |d_1(2 - d_2)b_1 s_1 + 2u d_2 b_2 s_2| u^2 + |2d_1 b_1 f_1 + 2u d_2 b_2 f_2| u^2; \\
P_2 = & P_1 + d_1 d_2 (b_1 a_1 - b_2 a_2) u^2; \quad R_2 = R_1 + d_1 d_2 (b_1 s_1 - b_2 s_2) u^2; \\
Q_j = & d_j [(4 - d_2)b_j a_j u - (4 - d_1)b_j \varepsilon_j] u; \quad S_j = d_j [(4 - d_2)b_j s_j u + \\
& \quad + (4 - d_1)b_j f_j] u^2;
\end{aligned}$$

$$E = \frac{i_1 n_1 + i_2 n_2}{(i_1 n_1 + i_2 n_2)^2 + u^2 \left(\frac{i_1 p_1}{2n_1} + \frac{i_2 p_2}{2n_2} \right)^2}$$

$$F = \frac{u \left(\frac{i_1 p_1}{2n_1} + \frac{i_2 p_2}{2n_2} \right)}{(i_1 n_1 + i_2 n_2)^2 + u^2 \left(\frac{i_1 p_1}{2n_1} + \frac{i_2 p_2}{2n_2} \right)^2}$$

Очевидно, что это решение может быть использовано как фундаментальное для любого другого распределения $q(x)$.

На рис. 1 приведены кривые распределения напряжений в составной пластинке из стали (индекс 1) и алюминия (индекс 2). Теплофизические и упругие постоянные заимствованы из работы [13], m_1^2 и m_2^2 —

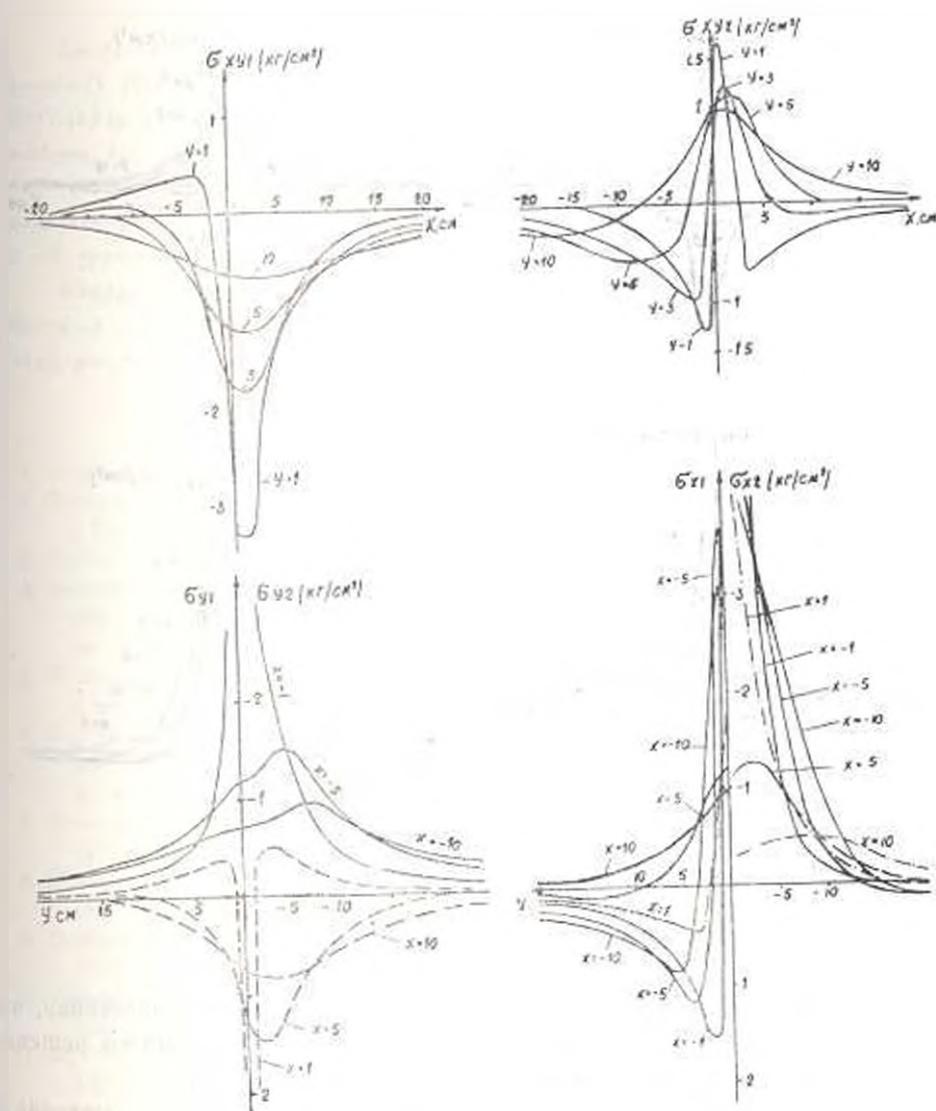


Рис. 1

в соответствии с рекомендациями работы [14], а для остальных параметров приняты следующие значения: $v = 0,5$ см/сек, $q/2 = 1$ кал/см. сек.

С целью выяснения влияния скорости перемещения источника тепла на температурные напряжения, рассмотрим также случай $v = 2$ см/сек. Из графиков, приведенных на рис. 2, видно, что с увеличением скорости движения источника напряжения уменьшаются, что физически легко интерпретируется (масштабы на рис. 2 и 1 одинаковые).

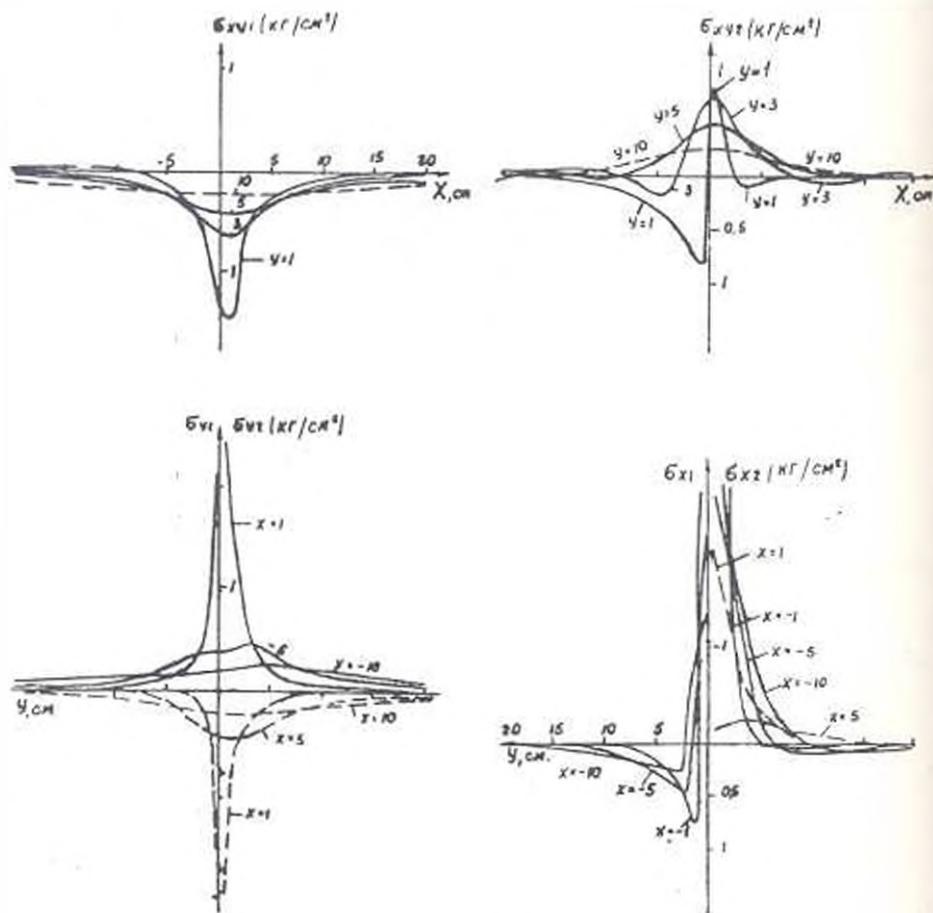


Рис. 2

В случае $v = 0$ получим решение для неподвижного источника, что было получено в работе [15]. Легко получаются из данного решения другие частные случаи для однородной пластинки [5, 7].

Графики напряжений показывают, что разнородность материала пластинки обуславливает заметное изменение напряжений в окрестности прямолинейного стыка составной пластинки как в сторону их увеличения, так и уменьшения.

ՈՒՐ ԱՍՐԳՄԱՆ Կ ՈՒ ՉՈՐԱՆՅԱՆ

ԿԱԶՄՈՎԻ ԹԻՔԵԼՆԻՎԻ ԶԵՐՓՈԱԽԱԳՆՆԱԿԱՆ ԼԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՇԵՏԱԶՈՏՈՒ-
ԹՅՈՒՆԸ ԵՐՐ ԶԵՐՄՈՒԹՅԱՆ ԱՂՔՅՈՒՐԸ ՇԱՐԺՎՈՒՄ Է ՆՐԱ
ՈՒՂԱՔԻՄ ԿՈՆՏԱԿՏՈՎ

Ա. մ փ ո փ ու մ

Հուլիսում զիտված է ըվագիտացիոնար շերմային դաշտում դանկող կազմովի թիթեղնիկի ընդհանրացված հարթ լարվածային վիճակը: Կազմովի թիթեղնիկը բաղկացած է տարրեր չիրմային և առածական հատկություններ սենցող երկու կիսասնովերջ թիթեղնիկներից: Զերմոթյան աղբյուրը շարժվում է թիթեղնիկի սփողազիծ կոնտակտի երկարությամբ՝ հաստատուն արագությունով: Թիթեղնիկի մակերևույթներից տեղի ունի շերմափոխանակություն շրջապատի հետ ըստ նյութանի օրենքի:

Խնդիրը լուծված է Ֆուրյեի ինակարալ ձևափոխության օգնությամբ: Արդյված է շերմային դաշտի շարժման արագության աղբյուրությունը լարումների բաշխման վրա:

Ճ Ի Դ Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. Рыкалин Н. Н. Расчет тепловых процессов при сварке. М., Машигиз, 1951.
2. Корнеев В. Г. Некоторые задачи теории упругости и теплопроводности, решаемые в Бесселевых функциях. М., Физматгиз, 1960.
3. Паркус Г. Неустановившиеся температурные напряжения. М., Физматгиз, 1963.
4. Колесниченко В. А., Коляно Ю. М. Температурные напряжения в анизотропной пластинке, нагреваемой движущимся источником тепла. «Физика и химия обработки материалов», №5, 1971.
5. Подстригач Я. С., Коляно Ю. М. О нагреве источниками тепла тонких пластинок с теплообменом. «Инженерно-физический журнал», № 2, 1964.
6. Подстригач Я. С., Коляно Ю. М. Двумерная температурная задача теории упругости для бесконечной пластинки, по краю которой движется источник тепла. «Прикладная механика», т. X, вып. 2, 1964.
7. Винокурова В. А. Некоторые закономерности образования напряжений при сварке. «Известия вузов. Машиностроение», № 4, 1966.
8. Махненко В. И. Расчет тепловых процессов при сварке встык разнородных пластин. «Физика и химия обработки материалов», № 6 1967.
9. Снеддон Н. Преобразование Фурье. М., Издательство иностранной литературы, 1955.
10. Чобанян К. С. О функции напряжений для плоской задачи теории упругости составных тел. «Доклады АН АрмССР», т. XXXII, № 2, 1961.
11. Лу Цин-хуа. Плоская задача теории упругости неоднородной изотропной среды. Проблемы механики сплошной среды. К семидесятилетию академика П. И. Мусхелишвили. Изд. АН СССР, М., 1961.
12. Уфлянд Я. С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. Изд. АН СССР, М., 1963.
13. Петров Г. П., Гумарев А. С. Теория сварочных процессов. М., Изд. «Высшая школа», 1967.
14. Казимирова А. А., Невосека А. Я. Расчет температурных полей в пластинках при электросварке плавлением. Киев, «Наукова Думка», 1968.
15. Саргсян А. М. Термоупругие напряжения составной пластинки в условиях теплоотдачи. «Известия АН АрмССР, механика», № 3, 1974.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Э. А. ДАСТАКЯН, А. Г. СИМОНЯН

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИИ

Для оценки звукоизоляции ограждающих конструкций служат показатели звукоизоляции от воздушного звука (E_n) и от ударного звука ($E_{уд}$) [1, 2]. Показатели звукоизоляции от воздушного звука проектируемых однослойных и раздельных конструкций определяются путем сравнения кривой рассчитанной характеристики звукоизоляции ограждения с нормативными кривыми. Расчет звукоизоляции от воздушного звука проектируемой конструкции производится в нормируемом диапазоне частот 100—3200 гц в частотных интервалах шириной 1/3 октавы. Полученные данные рассчитанной частотной характеристики сравниваются с соответствующими данными нормативной кривой и учитывается среднее неблагоприятное отклонение. При этом, разностная характеристика в сторону неблагоприятных отклонений принимается равной 1/15 суммы этих отклонений. Разностная характеристика в сторону улучшения (выше нормативной кривой) не учитывается, а отклонения на частотах 100 и 3200 гц берутся в половинном размере.

Если вычисленное среднее значение неблагоприятных отклонений равно или возможно близко, но не более 2 дб, то показатель звукоизоляции конструкции равен 0.

Если вычисленное среднее значение неблагоприятных отклонений более 2 дб, то нормативную кривую смещают вертикально вниз на целое число децибел до тех пор, пока среднее неблагоприятное отклонение разностной частотной характеристики не будет равно или возможно близко, но не более 2 дб. При этом показатель звукоизоляции равен целому числу децибел, на которое смещена нормативная кривая.

Графо-аналитический метод расчета по определению показателей звукоизоляции ограждающих конструкций на воздушный и ударный звуки осуществляется вручную. Нами предлагается метод расчета показателя звукоизоляции, позволяющий автоматизировать этот процесс.

Целью данной работы является составление алгоритма определения показателя звукоизоляции, реализуемого вычислительной техникой.

Для каждой принятой i -й расчетной частотной характеристики R_i среднее неблагоприятное отклонение будет:

$$R_p^i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (a_j^i - b_j^i) + \tau_i,$$

где a_j^i — измеренная i -я точка j -й частотной характеристики в камере высокого уровня (КВУ);

b_j^i — измеренная i -я точка j -й частотной характеристики в камере низкого уровня (КНУ);

τ_i — приведенный уровень проникающего шума с учетом времени реверберации в i -й полосе частот.

При этом τ_i имеет следующий вид [3]:

$$\tau_i = 10 \lg \frac{S}{A},$$

где S — площадь испытуемого ограждения, m^2 ; A — измеренное звукопоглощение в КНУ, m^2 .

Звукоизолирующая способность междуэтажных перекрытий от ударного звука характеризуется показателем звукоизоляции от ударного звука $E_{уд}$.

Расчет звукоизоляции от ударного звука проектируемой конструкции производится в нормируемом диапазоне частот 100—3200 $гц$ в частотных интервалах $1/3$ октавы. Полученные данные рассчитанной частотной характеристики сравниваются с соответствующими данными кривой приведенного уровня ударного шума и учитывается среднее значение неблагоприятных отклонений.

Если вычисленное среднее значение неблагоприятных отклонений равно или возможно близко, но не более 2 $дб$, то показатель звукоизоляции конструкции равен 0.

Если вычисленное среднее значение неблагоприятных отклонений более 2 $дб$, то кривую приведенного уровня ударного звука смещают вертикально вверх на целое число децибел до тех пор, пока среднее значение неблагоприятных отклонений разностной частотной характеристики не будет равно или возможно близко (но не более) 2 $дб$. Показатель звукоизоляции равен целому числу децибел, на которое смещена кривая приведенного уровня ударного звука.

Для каждой принятой i -й расчетной частотной характеристики R_p^i среднее неблагоприятное отклонение будет:

$$R_p^i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_j^i + \tau_i + c,$$

где b_j^i — измеренная i -я точка j -й частотной характеристики в камере низкого уровня (КНУ);

τ_i — приведенный уровень проникающего шума с учетом времени реверберации в i -й полосе частот.

При этом τ_i имеет следующий вид [3]:

$$\tau_i = 10 \lg \frac{A_0}{A},$$

где A — измеренное звукопоглощение в КНУ, m^2 ; A_0 — стандартное значение звукопоглощения в КНУ, равное $10m^2$.

При этом c имеет следующий вид [3]:

$$c = 10 \lg n,$$

где $\frac{1}{n}$ — октавный фильтр (например, фильтр с полосой пропускания 1/3 октавы).

Тогда показатель звукоизоляции E , или $E_{1/3}$, будет:

$$\begin{aligned} \bar{E} = & \frac{1}{m-1} \left[\frac{1}{2} \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m (a_j^2 - b_j^2) + \tau_2 + c - R_{m1} \right] + \right. \\ & + \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m (a_j^{16} - b_j^{16}) + \tau_{16} + c - R_{m16} \right] + \\ & \left. + \sum_{i=2}^{m-2} \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m (a_j^i - b_j^i) + \tau_i + c - R_{mi} \right] \right], \end{aligned}$$

где \bar{E} — среднее значение показателя звукоизоляции;

m — средняя частота третьоктавных полос в диапазоне $100 \div 3200$ Гц ($m = 1, 2, 3, \dots, 16$);

R_{mi} — нормативная i -я частотная характеристика.

Вычисление среднего значения показателя звукоизоляции \bar{E} путем смещения нормативной кривой продолжается до тех пор, пока не будет удовлетворено условие $\bar{E} \leq 2$.



Рис. 1

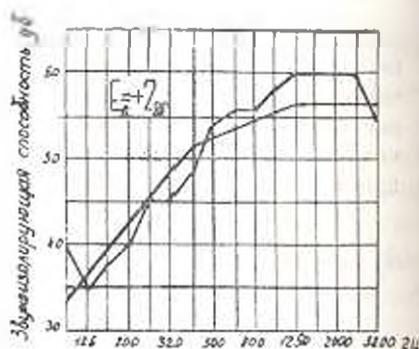


Рис. 2

На ЭВМ «Минск-22М» была определена звукоизолирующая способность междуэтажных перекрытий и межквартирных перегородок жилого дома хорového общества в г. Ереване [4]. По результатам расчетов построены графики зависимостей показателей звукоизоляции, приведенные на рисунках 1 и 2.

Таким образом, по предлагаемому методу представляется возможным рассчитать на ЭВМ звукоизолирующую способность ограждающих конструкций как на воздушный, так и на ударный звуки.

АрхИИИ строительства и архитектуры

Поступило 26.11.1971

Է. Ս. ՊԱՍՏԵՊՅԱՆ, Ա. Գ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՊԱՏՈՂ ԿՈՆՍՏՐՈՒԾԻԱՆՆԵՐԻ ՉԱՅՆԱՄԵԿՈՒՍԱՑՄԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՅԻ ՇՈՒՐՋՐ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հողվածում առաջարկվում է միջհարկային ծածկերը օդային ու հարվածային աղմուկներից և միջբնակարանային միջնորմների օդային աղմուկներից ձայնամեկուսացման ցուցանիշների ու համախառն ընդհանուր հաշվման ալգորիթմի մշակման մեթոդիկա: Ցույց է արված, որ առաջարկվող մեթոդը հնարավորության է ընձևենում կատարել պատող կոնստրուկցիաների ձայնամեկուսացման հաշվարկ էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Лопашев Д. Э. Заглушенные и реверберационные камеры. В книге «Борьба с шумом», под редакцией Юдина Е. Я. М., 1964.
2. Звукоизоляция. Методы измерения. Показатель звукоизоляции. ГОСТ 15116. М., 1971.
3. Заборов В. И. Звукоизоляция ограждающих конструкций от воздушного и ударного шумов. В книге «Борьба с шумом», под редакцией Юдина Е. Я. М., 1964.
4. Дастакян Э. А., Симолян А. Г. Расчет на ЭВМ «Минск-22М» показателей звукоизоляции междуэтажных перекрытий и межквартирных перегородок. Доклад на объединенной сессии закавказских ИИИ по строительству Тбилиси, 1973.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Գ. Դ. ԽԱՇԱԿՅԱՆ

ОБ УПОРЯДОЧЕНИИ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ

Информационный язык или классификатор представляет собой некоторую систему именованных (СИ) элементов некоторого множества X [1]. Задачей СИ является упрощение (облегчение) выбора группировок (подмножеств) элементов в некоторых целях, обычно для решения определенной совокупности задач. В задаче в имени (коде) элемента, рассматриваемом как некоторая знаковая конструкция, определенные фрагменты знаковой конструкции свидетельствуют о принадлежности элемента к определенным подмножествам.

Задача является разрешимой в данной СИ, если переменные этой задачи могут быть сопоставлены с группировками элементов, выделяемых в СИ, и рассмотрены как агрегация этих переменных.

Обычно, при построении СИ, совокупность задач, которые должны быть разрешимы в СИ, задается структурой данных, которую можно интерпретировать как совокупность фраз вида

$$\Gamma_i = \Gamma_{i1} \cup \Gamma_{i2} \cup \dots \cup \Gamma_{in_i} \quad (1)$$

В действительности Γ_i и Γ_j представляются собственными множествами y_i и y_j множеств в некотором первичном языке:

$$y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in_i}\} \quad (2)$$

Отношения (1) или (2) порождают граф входимости

$$\{(y_i, y_j) \in \dots\} \quad (3)$$

Именуемое (классифицируемое) множество X каждым своим элементом $x \in X$ и входит в (3). Структура данных может быть преобразована в каноническую вид следующим образом.

Согласно (3) каждая группировка y_i может быть представлена перенумерованное ее элементов

$$y_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in_i}\} \quad (4)$$

Группировки y_i и y_j , для которых

$$\Gamma_i = \Gamma_j,$$

согласно (4) сопоставляются в графе входимости заменяются одним

элементом; так получают каноническая структура данных и канонический граф входимости. Канонический граф входимости есть граф порядка [2]. Расположим вершины этого графа порядка по уровням: миноранты графа входят в первый уровень; те группировки, которые входят в миноранты и не входят в другие группировки, входят во второй уровень и т. д., элементы x — в некоторой l -й уровень.

Простейшая СИ заключается в следующем: пронумеруем вершины первого уровня от 1 до n . Если n — k -значное число, будем именовать группировки первого уровня k -значными числами вида

$$\begin{array}{l} (k) \quad \dots (01) \\ \quad \quad k \text{ цифр} \\ (k) \quad \dots (02) \\ \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots n \end{array} \quad (5)$$

Группировкам второго уровня припишем тот следующий образ. Если u_i входит в несколько множеств, запишем коды этих множеств подряд, начиная с меньшего кода, кончая большим. Пусть полученный код m -значный. Если $m > k$, припишем к каждому коду столько нулей, сколько необходимо, чтоб превратить его в m -значный. Если для разных множеств образовались равные коды, пронумеруем также множества с равными кодами, и номера в каноническом виде [т. е. с одинаковой, как и в (5), значностью] припишем к ранее полученным кодам группировок. Выравняем значность кодов всех группировок, приписав к каждой недостающее число нулей.

Продолжая этот процесс до элементов множества группировок l -го уровня), получим как простейшую СИ, так и коды всех группировок и элементов x .

Зафиксировав значность кодов группировок каждого уровня, получаем очевидный алгоритм распознавания: какому группировкам принадлежит каждый элемент x или его группировка u_i ? Очевидно, если исходный канонический граф входимости — n -дерево [2], мы имеем обычную позиционную систему классификации множества [1].

Согласно вышесказанному, предлагаемая формализованная методика построения классификатора сводится к следующему:

— В первую очередь строится картотека структуры данных в виде перечисления группировок, входящих в данную группировку. Построение такой структуры данных, как было сказано выше, тождественно формированию некоторого графа входимости группировок одна в другую, а также элементов в группировки.

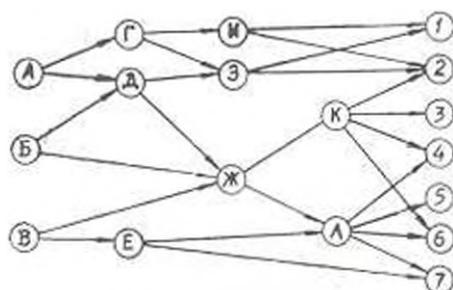
Пример.

1. Построение картотеки структуры данных и формирование графа входимости.

1.1. Построение картотеки структуры данных

А: Г, Д	Г: И, З	Е: 1, 7	К: 2, 3, 4, 6
Б: Д, Ж	Д: З, Ж	З: 1, 2, К	Л: 4, 5, 6, 7
В: Ж, Е	Ж: К, Л	И: 1, 2	

1.2. Формирование графа входимости:



— Вторым этапом является канонизация структуры данных или, что то же самое, канонизация графа входимости. На этом этапе обнаруживается: какие группировки в общей структуре данных являются тождественными, какие вершины в графе входимости могут быть без ущерба для разрешимости совокупности задач изъяты. В результате получается некоторый канонизированный граф входимости, в котором устраняется дублирование группировок. Соответственно этому канонизированному графу входимости составляется уже канонизированная картошка структур данных.

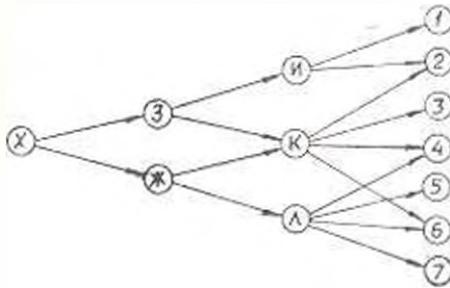
Пример

2. Канонизация структур данных и графа входимости.

2.1. Канонизация структуры данных:

	1	2	3	4	5	6	7	
Х	+	+	+	+	+	+	+	= Д, А, Б
И	+	+						И
К		+	+	+				К
Л				+	+	+	+	Л = Е
З	+	+	+	+				З = Г
Ж			+	+	+	+	+	Ж = В
Е				+	+	+	+	
Г	+	+	+	+				
Д	+	+	+	+	+	+	+	
А	+	+	+	+	+	+	+	
Б	+	+	+	+	+	+	+	
В		+	+	+	+	+	+	

2.2. Построение канонизированного графа входимости:



2.3. Построение канонизированной картотеки структур данных:

З: И, К И: 1, 2

Л: 4, 5, 6, 7

Ж: К, Л К: 2, 3, 4, 6

—Третьим, заключительным, этапом разработки системы классификации и кодирования является построение по канонизированной картотеке структур данных и канонизированному графу входимости уже собственно системы классификации и кодирования элементов множества и его группировок. Канонизированный граф входимости представляется как некоторый граф порядка, и при этом вершины упорядочиваются по уровням. Вершины первого уровня—группировки самого высокого ранга—выделяются и нумеруются. Эти номера можно рассматривать как коды классификационных группировок высшего ранга.

Классификационные группировки следующего уровня, входящие в данные классифицированные группировки, имеют код, первые элементы каждого представляют собой перечисление кодов классификационных группировок—тех, в которые входит данная группировка. Длина кода такого рода группировок будет различаться длине кода с максимальным числом входимости группировки нижнего уровня в группировки более высокого ранга. В остальные группировки добавляются соответствующее число нулей.

Группировки, в которых начальный код, соответствующий перечислению тех вершин, в которые они входят, тождественны, различаются через нумерацию этих группировок. Номера соответствующих группировок добавляются к коду группировки. В конечном итоге, исходя из такого принципа, каждый элемент получает свой собственный код. В этом коде содержатся все коды группировок, в которые входит данный элемент классификационного множества.

В иерархических классификациях, где каждая группировка более высокого уровня, более высокой степени потребности входит только в одну группировку нижнего уровня, код классификационной группировки содержит только один номер группировки, в которую входит данная группировка.

Пример

3. Классификация и кодирование.

3.1. Классификация:

3 : 1
 Ж : 2
 11 : 10
 К : 12
 21 : 20
 1 : 10 00 0
 2 : 10 12 0
 3 : 12 00 0
 4 : 12 20 1
 5 : 20 00 1
 6 : 12 20 2
 7 : 20 00 2

классификатор $\times \times \times \times$

3.2. Кодирование:

1
 2
 10
 12
 20
 10000
 10120
 12000
 12201
 20001
 12202
 20002

Классификатор или система классификации представляет собой способ, посредством которого по данному коду можно распознать и какие группировки входят элемент классифицируемого множества.

Поступило 26.1.1975.

Ճ. Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԲԱՐԵ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԻ ԿԱՐԿԱՎՈՐՄԱՆ ՇՈՒՐՁԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հոգիտմամբ գիտված է տվյալների բարդ կառուցվածքի կարգավորման ֆորմալիզացված մեխոլոգ որոշակի դասի խնդիրների լուծման ժամանակ:

Շարադրված է տվյալների կառուցվածքը կանոնական տեսքի վերափոխելու և դրա հիման վրա դասակարգման ու ծածկադրման սխեմների կառուցմանը րնթացքը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Михалтов А. И. и др. Основы информатики. М., изд. «Наука», 1968.
2. Берж К. Теория графов и ее применения. М., Изд. ИЛ, 1962.

ГИДРАВЛИКА

Р. М. РАФАЭЛЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ НАСОС-ТРУБОПРОВОД

Рассматривается переходный процесс в системе насос-трубопровод, вызванный остановкой насоса вследствие отключения электроэнергии. При отсутствии обратного клапана на линии переходный процесс в системе в большинстве случаев последовательно протекает в трех режимах: насосном, тормозном и турбинном. С работой насоса в этих режимах тесно связаны явления гидравлического удара в водоводе.

Существующие методы расчета гидравлического удара относятся к определению изменений давления и расхода в трубопроводе, а также определению изменения числа оборотов и момента на валу колеса [1-3].

Обычно указанные величины определяются либо путем использования уравнений «упругого» гидравлического удара, либо уравнения «жесткого» гидравлического удара. Исследования показывают [2], что в случае коротких водоводов результаты расчетов по этим методам оказываются близкими друг к другу.

Для этих водоводов преимуществом расчета по уравнению «жесткого» гидравлического удара является значительная простота программы, составленной для ЭВМ.

В основу расчета нами положено совместное интегрирование уравнения движения несжимаемой жидкости и уравнения вращения колеса насоса. Замыкают систему соотношения, связывающие изменение момента и напора с числом оборотов и расходом Q насоса.

Уравнения, описывающие процесс, следующие:

уравнение движения несжимаемой жидкости в трубопроводе

$$\frac{dQ}{dt} + \lambda \frac{Q|Q|}{2Sd} = \frac{P_0 - P_{2T} - P_{ст}}{\rho l} S, \quad (1)$$

уравнение вращения колеса насоса

$$I \frac{d\omega}{dt} = M_1 - M_2, \quad (2)$$

и соотношения, аппроксимирующие статические четырехквadrантные

характеристики насоса, которые принимаются справедливыми для переходного процесса [2, 4]:

$$\begin{aligned} \frac{H}{n^2} &= f\left(\frac{Q}{n}\right); \quad \frac{M_c}{n^2} = \psi\left(\frac{Q}{n}\right); \\ \frac{H}{n^2} &= A\left(\frac{Q}{n}\right)^2 + B\frac{Q}{n} + C; \\ \frac{M_c}{n^2} &= A_1\left(\frac{Q}{n}\right)^2 + B_1\frac{Q}{n} + C_1. \end{aligned} \quad (3)$$

В приведенных уравнениях

Q — расход, H — напор колеса, равный

$$H = \left(\frac{p_n}{\gamma} + \frac{z_n^2}{2g} + z_n \right) - \left(\frac{p_{ac}}{\gamma} + \frac{z_{ac}^2}{2g} + z_{ac} \right), \quad (4)$$

p_n , p_{cr} , p_{at} — давления (у насоса, статическое и атмосферное), ρ — плотность воды, λ — коэффициент сопротивления, d , L — диаметр и длина трубопровода, S — площадь поперечного сечения трубопровода, ω — угловая скорость вращения, I — момент инерции.

Пусть при установившемся режиме работы насосной станции происходит аварийное отключение электропитания к двигателю насоса. Это означает, что движущий момент M_c на валу насоса падает от номинального значения до нуля. Для тихоходных колес это изменение совершается за короткий промежуток времени. Полагая в уравнении (2) $M_c = 0$, для исследуемых режимов (насосный, тормозной и турбинный) уравнения (1)–(4) сводятся к системе динамических уравнений вида

$$\frac{dQ}{dt} = a_i Q^2 + b_i Q \omega + c_i \omega^2 + K_i, \quad (5)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = a_{i+1} Q^2 + b_{i+1} Q \omega + c_{i+1} \omega^2, \quad (i = 0, 2, 4)$$

Для каждого режима коэффициенты a_i , b_i , c_i и a_{i+1} , b_{i+1} , c_{i+1} определяются через параметры гидромеханической системы. Для насосного режима:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\gamma AS}{\rho L} - \frac{\lambda}{2Sd}; \quad a_1 = -\frac{A_1}{I}; \quad K_0 = \frac{p_{ac} - p_{at} - p_{cr}}{\rho L} S; \\ b_0 &= \frac{30\gamma SB}{\pi \rho L}; \quad b_1 = -\frac{30B_1}{\pi I}; \quad c_0 = \frac{900\gamma SC}{\pi^2 \rho L}; \quad c_1 = -\frac{900C_1}{\pi^2 I}. \end{aligned}$$

Система (5) решена на ЭВМ и определены изменения: расхода $Q(t)$, угловой скорости $\omega(t)$, давления $p_n(t)$ и момента на валу насоса в

насосном, тормозном и турбинном режимах. Результаты расчетов и сопоставление с экспериментом по отключению центробежного насоса 4К-12 от сети приведены на рисунках 1 и 2.

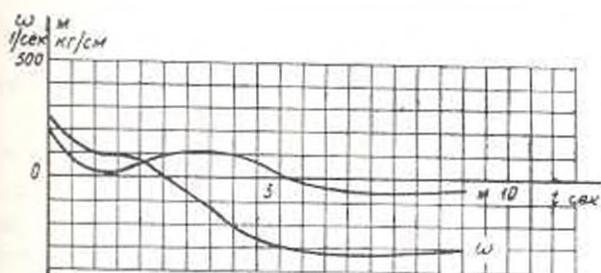


Рис. 1. Изменение угловой скорости и крутящего момента

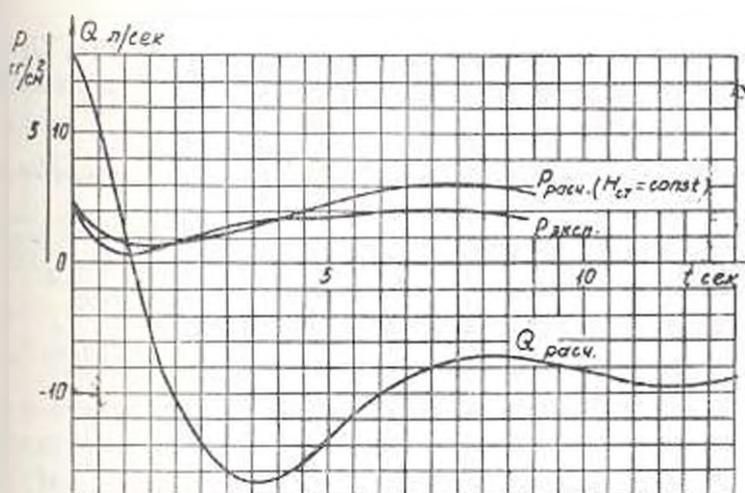


Рис. 2. Изменение расхода и давления в трубопроводе

Определенный интерес представляют аналитические решения систем уравнений (5). Как известно, решения системы (5) не всегда находятся в квадратурах. Задача существования интегральных кривых уравнения вида

$$\frac{d\omega}{dQ} = \frac{a_{1+1}Q^2 + b_{1+1}Q\omega + c_{1+1}\omega^2}{a_1Q^2 + b_1Q\omega + c_1\omega^2 + K_1} = \frac{P(Q, \omega)}{R(Q, \omega)} \quad (6)$$

рассмотрена в [5]. К такому виду могут быть приведены уравнения системы (5). Применяя лемму, доказанную в [5], можно найти решения уравнения (6). Например, частным решением является линейная функция

$$Q = \frac{A_2}{B_1}\omega + M_2 \quad (7)$$

При этом коэффициенты уравнения (7) должны удовлетворять условиям:

$$\begin{aligned} \left(\frac{A_2}{B_2}\right)^2 a_1 + (b_1 - a_0) \left(\frac{A_2}{B_2}\right)^2 + (c_1 - b_0) \frac{A_2}{B_2} - c_0 &= 0; \\ 2a_2 \left(\frac{A_2}{B_2}\right)^2 + (b_1 - 2a_0) \frac{A_2}{B_2} - b_0 &= 0; \\ a_1 M_1^2 \frac{A_2}{B_2} - a_0 M_1^2 - K_0 &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

В случае совместности системы (8) легко можно определить неизвестные коэффициенты A_2 , B_2 , и M_2 . При этом, если состояние системы в плоскости ω, Q удовлетворяет соотношению (7), то, используя систему (5), квадратурой определяется изменение расхода $Q(t)$ и угловой скорости $\omega(t)$.

Если интегральные кривые выражаются в виде $F(\omega, Q) = \omega^2 + A_3 \omega Q - B_3 Q^2 + E_3 = 0$, то коэффициенты A_3 , B_3 и E_3 должны удовлетворять условиям:

$$\begin{aligned} A_3^2 c_0 + A_3 a_0 - 3A_3 B_3 c_0 - A_3 b_1 + 2B_3 b_0 - 2B_3 c_1 + A_3^2 c_1 - A_3^2 b_0 + 2a_1 &= 0; \\ A_3 K_0 - 2E_3 C_1 - A_3 E_3 c_0 &= 0; \\ 2B_3 K_0 - E_3 b_1 + E_3 A_3 c_1 - E_3 A_3 b_0 - 2E_3 c_0 B_3 + E_3 A_3^2 c_0 &= 0; \\ A_3 a_1 + 2B_3 a_0 - 2B_3 b_1 + A_3 B_3 c_1 - A_3 B_3 b_0 - 2c_0 B_3 + A_3^2 c_0 B_3 &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Для наглядного представления явления, протекающего в системе насос-трубопровод после отключения привода, проведем качественный анализ дифференциальных уравнений (5) методом «двух изоклин» [6]. Суть метода заключается в исследовании проведения изоклин в тех или иных квадрантах плоскости (Q, ω) и в определении знаков правых частей уравнений (5) между изоклинами. Наклон интегральных кривых между изоклинами в плоскости Q, ω определяется знаком $\frac{d\omega}{dQ}$. Например, в насосном режиме между изоклинами нуля

$P(Q, \omega) = 0$ и бесконечности $R(Q, \omega) = 0$ имеем $(--)$, тогда $\frac{d\omega}{dQ} > 0$,

а между изоклиной ∞ и осью ω имеем $(-+)$, т. е. $\frac{d\omega}{dQ} < 0$. В

скобках слева указан знак правой части уравнения $\frac{d\omega}{dt} = f(\omega, Q)$,

справа — правой части уравнения $\frac{dQ}{dt} = \varphi(\omega, Q)$. Таким образом, в на-

сосном режиме интегральные кривые при пересечении с изоклиной ∞ меняют отрицательный наклон на положительный.

Направления вдоль интегральных кривых при $t \rightarrow \infty$ для каждого режима определяются из рассмотрения уравнений (5) с учетом знаков их правых частей. Например, в области, заключенной между осью ω и изоклиной ∞ , $\frac{d\omega}{dt} < 0$, а $\frac{dQ}{dt} > 0$. Тогда при возрастании t в этой области угловая скорость уменьшается, а расход Q увеличивается.

Аналогичным образом для всех режимов определены направления вдоль интегральных кривых; результаты приведены на рис. 3. Картина поведения кривых позволяет судить о всевозможных режи-

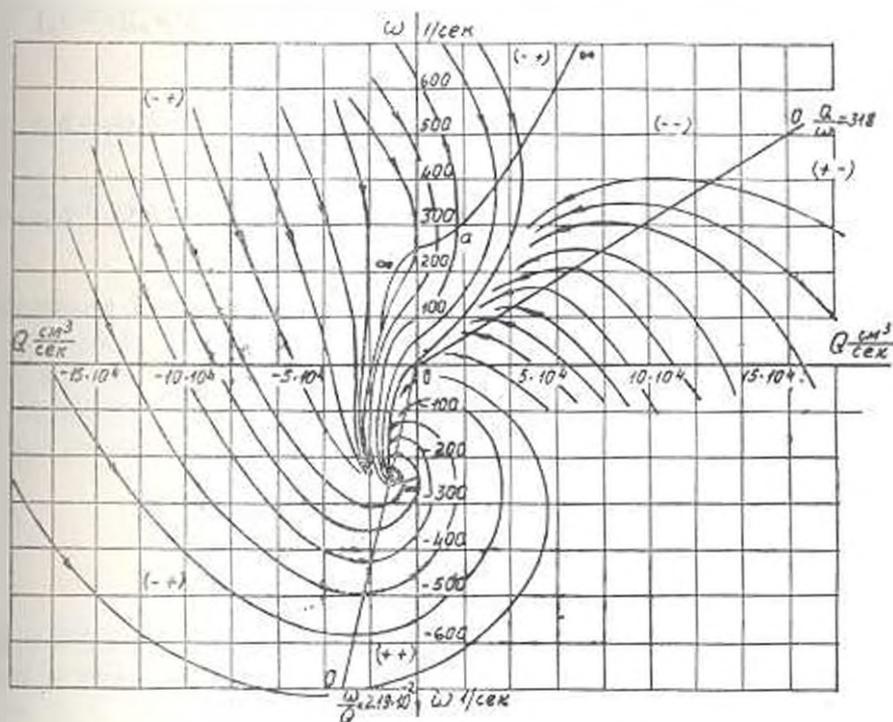


Рис. 3. Интегральные кривые в плоскости ω, Q .

мах работы системы насос—трубопровод и выяснить характер поведения этой системы после аварийного отключения электронитания.

Если отключению привода предшествовал насосный режим ($\omega_0 > 0, Q_0 > 0$) (точка a на рис. 3), то после этого система последовательно проходит насосный, тормозной и турбинный режимы и достигает состояния равновесия в точке d .

Если аварийному отключению предшествовал режим ($\omega_0 > 0, Q_0 < 0$) или ($\omega_0 < 0, Q_0 < 0$), то система также достигает состояния равновесия в точке d .

Таким образом, независимо от начальных условий (ω_0, Q_0) система насос—трубопровод стремится к равновесию в турбинном режи-

ме в определенной точке. Указанная точка является особой точкой типа устойчивого фокуса. В ее окрестности можно получить аналитические решения. Пусть Q_* , ω_* — координаты особой точки. Введем вместо переменных Q , ω новые переменные η и ξ , рассматривая их как смещения относительно положения равновесия, тогда

$$Q = Q_* + \eta; \quad \omega = \omega_* + \xi. \quad (10)$$

Разложив в ряд функции $R(Q, \omega)$ и $P(Q, \omega)$ в окрестности точки Q_* , ω_* и ограничиваясь линейными членами разложения, получим:

$$R(Q, \omega) = (2a_1 Q_* + b_1 \omega_*) (Q - Q_*) + (b_1 Q_* + 2c_1 \omega_*) (\omega - \omega_*);$$

$$P(Q, \omega) = (2a_2 Q_* + b_2 \omega_*) (Q - Q_*) + (b_2 Q_* + 2c_2 \omega_*) (\omega - \omega_*),$$

где

$$\left(\frac{\partial R}{\partial Q} \right)_{Q_*, \omega_*} = 2a_1 Q_* + b_1 \omega_* = a_0; \quad \left(\frac{\partial R}{\partial \omega} \right)_{Q_*, \omega_*} = b_1 Q_* + 2c_1 \omega_* = b_0;$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial Q} \right)_{Q_*, \omega_*} = 2a_2 Q_* + b_2 \omega_* = c_0; \quad \left(\frac{\partial P}{\partial \omega} \right)_{Q_*, \omega_*} = b_2 Q_* + 2c_2 \omega_* = d_0.$$

Переходя от переменных Q , ω к переменным η , ξ в линеаризованных уравнениях, получим:

$$\frac{d\eta}{d\xi} = \frac{a_0 \eta + b_0 \xi}{c_0 \eta + d_0 \xi}. \quad (11)$$

А. М. Ляпунов показал, что если оба корня уравнения

$$\begin{vmatrix} a_0 - i & b_0 \\ c_0 & d_0 - i \end{vmatrix} = 0$$

имеют отличные от нуля действительные части, то исследование уравнений первого приближения (11) всегда дает правильный ответ на вопрос об устойчивости состояния равновесия в системе [7].

После введения переменной $u = \eta/\xi$ уравнение (11) сводится к уравнению

$$\xi \frac{du}{d\xi} = \frac{b_0 + (a_0 - d_0)u - c_0 u^2}{c_0 u + d_0}, \quad (12)$$

общим решением которого будет:

$$\left(\frac{-2c_0 u - (a_0 - d_0) - \sqrt{\Delta}}{-2c_0 u - (a_0 - d_0) + \sqrt{\Delta}} \right)^{\frac{a_0 - d_0}{2\sqrt{\Delta}}} \left[b_0 + (a_0 - d_0)u - c_0 u^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \xi C$$

или в переменных Q , ω

$$\left[\begin{array}{c} -2c_0 \frac{Q-Q_*}{\omega-\omega_*} + (a_0-d_0) - \sqrt{-\Delta} \\ -2c_0 \frac{Q-Q_*}{\omega-\omega_*} + (a_0-d_0) + \sqrt{-\Delta} \end{array} \right]^{\frac{a_0+d_0}{2\sqrt{-\Delta}}} \left[b_0 + (a_0-d_0) \left(\frac{Q-Q_*}{\omega-\omega_*} \right) - \right. \\ \left. - c_0 \left(\frac{Q-Q_*}{\omega-\omega_*} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} = C(\omega-\omega_*), \quad (13)$$

где $\Delta = 4a_0c_0 - b_0^2 < 0$.

Решение (13) описывает поведение интегральных кривых плоскости Q, ω в окрестности особой точки.

Линеаризованная система уравнений

$$\frac{d\tilde{x}_1}{dt} = a_0\tilde{x}_1 + b_0\tilde{x}_2, \quad \frac{d\tilde{x}_2}{dt} = c_0\tilde{x}_1 - d_0\tilde{x}_2$$

допускает решения в виде функций:

$$\tilde{x}_1 = x_1 e^{\lambda_1 t}; \quad \tilde{x}_2 = x_2 e^{\lambda_2 t}.$$

При этом общее решение определяется в зависимости от значений корней $\lambda_{1,2}$ характеристического уравнения. Если корни характеристического уравнения комплексные ($\lambda_{1,2} = p \pm qi, q \neq 0$), что, в частности, имеет место в рассматриваемом примере, то общим решением рассматриваемой системы будет:

$$\begin{aligned} \tilde{x}_1 &= Q - Q_* = e^{pt} (C_1 \cos qt - C_2 \sin qt); \\ \tilde{x}_2 &= \omega - \omega_* = e^{pt} (C_1' \cos qt + C_2' \sin qt). \end{aligned} \quad (14)$$

Выражения (14) определяют изменения расхода $Q(t)$ и угловой скорости $\omega(t)$ в турбинном режиме в окрестности точки равновесия Q_*, ω_* .

Рассмотренный пример относится к случаю, когда после отключения электроэнергии опорожнение воды через насос совершалось при постоянном статическом напоре. Это соответствует случаю наличия в конце насосостатической линии резервуара большой емкости. Если резервуар имеет ограниченную емкость, то при тормозном и турбинном режимах происходит истечение воды через насос под действием уменьшающегося напора. Для описания переходного процесса в этом случае необходимо к уравнениям (1)–(4) прибавить соотношение, выражающее изменение длины заполненной части трубопровода. Исследование этих уравнений показало, что при $t \rightarrow t_k, Q \rightarrow 0$ и $\omega \rightarrow 0$.

Таким образом, указанные особенности динамической системы дифференциальных уравнений обуславливают состояние равновесия в

системе насос-трубопровод. Этот вывод позволяет простыми вычислениями, которые зачастую сводятся к решению квадратных уравнений, определять разгонные обороты n_* и соответствующий расход Q_* .

Вычисленное по этому методу значение числа оборотов и турбинном режиме оказывается близким к его номинальному значению в насосном режиме. Это обстоятельство позволяет, в определенных случаях после соответствующих расчетов сальниковых и тормозных устройств, с целью снижения давления гидравлического удара отказаться от применения обратного клапана.

Автор выражает благодарность С. С. Григоряну за ценные советы и убеждение работы.

АрмНИИВПНИ

Печатано 17 II 1975

Ռ. Մ. ՐԱՓԱՅԱԼԻ

ՉԶԱՍՏԱՏՎԱԿ ԸԱՐԺՄԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԻ ՊԻՐՊ-ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐՍԻ ՍԻՍՏԵՄՈՒՄ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Հետազոտված է շահատառված շարժումը պոմպ-խողովակաշար սխառմում, հողովակաշարի վրա հետադարձ փականի բացակայության դեպքում պրոցեսը սխառմում ընթանում է պոմպային, արդիակային և տուրբինային սեփմաներով: Այդ աշխատանքային սեփմաների հետ են կապված հիդրավիկական հարվածի երևույթները խողովակաշարում և պոմպի ամրության հաշվարկները:

Ոգտագործելով պոմպի անփոփ շարժման և անսեղմնի հեղուկի հափասարումները, ապա՝ պոմպը բնութագրող հափասարումները դիտվող սեփմաների համար, ստացվել են դինամիկական հափասարումների սխառմաներ: Հետազոտվել ու լուծվել են այդ հափասարումների սխառմաները և բացահայտված են անկյունային արագության, էլքի ու ճնշման փոփոխությունները բառ ժամանակի Ցույց է տրված, որ տուրբինային սեփմում դոլայնային ունի ֆոկոսի տիպի հատուկ կետ: Տրված է դիֆերենցիալ հափասարումների սրակական վերլուծությունը, որն րնդգրկում է սխառմում տեղի ունեցող բոլոր երևույթները:

ЛИТЕРАТУРА

1. Указания по защите водоводов от гидравлического удара. М., 1961.
2. Герасимов Г. Г. Расчет и исследования переходных процессов в насосных установках с короткими водоводами. Диссертационная работа. Ново, 1973.
3. Parmakian J. Pressure surges at large pump installations. „Transactions of the ASME“, vol. 75, 1953.
4. Находкин Б. И. Круговая характеристика насоса. «Гидротехника и мелиорация», № 6, 1956.
5. Дрижкова Г. А. «Дифференциальные уравнения», т. IV, № 8, 1968.
6. Маркосян С. А. «Изв. высших учебных заведений. Математика», № 1 (8), 1959.
7. Андреева А. А. Теория колебания. М., 1959.

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Э. А. ТОРОСЯН, С. З. БОКШТЕПН, С. С. ГИՆԶՅՈՒՐԻ

ЭФФЕКТ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ В СПЛАВЕ Ni—В

Постановка вопроса. Сущность явления наследственности выражается в сохранении дефектных участков структуры холоднодеформированного металла после последующей термической обработки и рекристаллизации. Поскольку рекристаллизация присуща всем металлам и сплавам (в отличие от полиморфного превращения), можно говорить об универсальности эффекта наследственности [1, 2]

Наличие наследственных дефектов структуры не может не влиять на свойства металлов. По-видимому, эффект наследственности позволяет получить оптимальную форму и размер зерна в стали для глубокой вытяжки, успокоенной алюминием, объясняет повышение комплекса прочностных и пластических характеристик при термомеханической обработке в условиях частичной рекристаллизации [3].

Для практического использования эффекта наследственности при обработке металлических материалов необходимо знать, как влияют на этот эффект исходная структура, химический и фазовый состав, температурная зависимость растворимости и т. д. Пока, однако, из-за сложности выявления наследственных участков структуры соответствующих данных крайне мало.

В настоящей работе с помощью диффузии радиоактивного никеля-63 и последующего автордиографического исследования изучали явление наследственности в двухфазном сплаве Ni—В с содержанием бора 0,08—0,11% вес*. Изучение наследственности в этом сплаве представляет особый интерес, поскольку бор—один из наиболее распространенных микролегирующих элементов. Кроме того, переменная растворимость бора может приводить к специфическим эффектам наследственности.

Методика эксперимента. Из слитков сплава, выплавленных в вакуумной индукционной печи, путем горячейковки получали прутки. Часть этих прутков деформировали осадкой на 40% при комнатной температуре. Из всех прутков (деформированных и недеформированных) вырезали образцы. Часть деформированных образцов подвергали промежуточному отжигу при разных режимах. На все образцы (неде-

* Явление наследственности в чистом Ni и бинарных сплавах на его основе рассмотрено в [4].

формированные, деформированные и деформированные и отожженные) наносили тонкое покрытие радиоактивного никеля-63 удельной активностью 200—300 имп/сек. см^2 , после чего их подвергали диффузионному отжигу (также по разным режимам) в вакуумированных ампулах. По убыли активности при отжиге абсорбционным методом определяли коэффициент самодиффузии никеля-63; после удаления покрытия и слоя объемной самодиффузии образцы исследовали методами контактной и электронно-микроскопической автордиографии. Ранее в работе [4] мы подробно останавливались на методике эксперимента.

Полученные, таким образом, автордиограммы могут выявлять различные по природе процессы облегченной самодиффузии, протекавшие в течение диффузионного отжига. Сопоставление автордиограмм, полученных по разным вариантам (диффузионный отжиг недеформированных, деформированных и предварительно отожженных образцов) между собой и с соответствующими микроструктурами позволяет оценить индивидуальный вклад процессов ускоренной диффузии (связанных с фазовым составом, сохранением структуры холоднодеформированного металла, со структурой, возникшей при рекристаллизации и, наконец, явлении наследственности) в общую диффузионную подвижность.

Результаты исследования. Характер автордиографических изображений границ «старых» и новых зерен меняется с изменением температуры и продолжительности отжига. Попытаемся с помощью анализа этих изменений выявить причины высокой стабильности дефектов структуры сплава Ni—В.

Автордиограммы, полученные при отжиге 500°С, выявляют зарождение и рост новых зерен в объеме и по границам деформированных зерен (т. е. начало рекристаллизации). В ряде случаев обнаружено зарождение новых зерен также на двойниковых границах и начках скольжения (рис. 1). На автордиограмме видно несколько последовательных положений растущего зерна. Такой характер изображения свидетельствует о скачкообразности процесса роста зародыша. Поскольку коэффициент граничной самодиффузии никеля-63 много больше, чем объемной, мигрирующая граница растущего зерна обогащена радиоактивными атомами; они успевают фиксировать ее положение в периоды относительного покоя и не успевают — в период перемещения.

При отжиге 600°С новые зерна заполняют весь объем старых зерен. На автордиограммах (рис. 2) выявляется изображение двойной сетки границ — крупных, вытянутых при холодной деформации (наследственных) зерен и мелких (новых) зерен, возникших при рекристаллизации. Видно, что изображения наследственных границ состоят из участков двух типов: широких, с большой плотностью почернения (изображения боридов) и более узких, с малой плотностью почернения (изображения участков границы, не содержащих боридов); эти участки обозначены соответственно «А» и «Б». При данной температуре отжига новые

зерна, как правило, не прорастают через наследственные границы—ни на двухфазных, ни на однофазных участках. Значит, эффект наследственности в данном случае обусловлен как влиянием второй фазы, так и стабильностью участков границ, разделяющих области твердого раствора.



Рис. 1 Самодиффузия ^{63}Ni в сплаве Ni+0,1% В (холодная деформация 30%, диффузионный отжиг 300°C, 1 час). Авторадиограмма $\times 50$



Рис. 2 Самодиффузия ^{63}Ni в сплаве Ni+0,1% В (холодная деформация 30%, диффузионный отжиг 600°C, 1 час). Авторадиограмма $\times 20$

При повышении температуры отжига до 800°C и выше отдельные новые зерна начинают прорастать сквозь однофазные участки старой границы. С помощью микрофотометрирования отдельных участков контактных автордиограмм удалось показать, что с повышением температуры и продолжительности отжига плотность почернения автордиографического изображения однофазных участков наследственных границ (т. е. и их диффузионная проницаемость) падает, а новых границ растет, происходит «залечивание» перемыч и увеличение дефектности по соседних. Примерно при температуре 900°C изображения однофазных

участков наследственных границ на автордиограмме исчезают (двухфазных—остаются); и микроструктуре металла новые зерна прорастают практически через все однофазные участки наследственных границ.

Изображения двухфазных участков наследственных границ сохраняются вплоть до температуры 1100°C (рис. 3). Таким образом, эффект наследственности в сплаве Ni—В проявляется при температурах, на-



Рис. 3. Самодиффузия ^{63}Ni в сплаве Ni-0,1% В (холодная деформация 40%, диффузионный отжиг 1100°C—2 часа). Автордиограмма, $\times 50$.

много (на 500—600°C) превышающих температуру рекристаллизации; для сравнения укажем, что, по нашим данным, в никеле технической чистоты наследственность обнаруживается при температурах, превышающих температуру рекристаллизации примерно на 250°C.

Оценим, какие факторы могут обуславливать значительное повышение стабильности наследственных границ при легировании никеля бором.

Эффект наследственности на однофазных участках старых границ может быть обусловлен граничными сегрегациями атомов бора. В пользу этого предположения свидетельствует, в частности, повышение гравиметрии однофазных участков границ зерен при легировании никеля бором, сравнительно с никелем технической чистоты. Легирование никеля 0,1% (вс.) бора существенно повышает энергию сублимации с границ зерен [5]; значит, энергия взаимодействия атомов бора с болееугловыми границами зерна в никеле велика. С ростом температуры отжига подвижность атомов бора растет, содержание бора в отдельных участках рекристаллизованной структуры выравнивается и происходит «залечивание» наследственных участков границ (выше 800°C). Этот механизм наследственности может быть распространен и на однофазные сплавы, содержащие примесь, обладающие большой энергией взаимодействия с границей.

Двухфазные участки наследственных границ, как показано выше,

выявляются вплоть до температуры 1100°С; таким образом, вторая фаза (в данном случае борид) стабилизирует эффект наследственности сильнее, чем элемент, входящий в состав твердого раствора (в данном случае бор). Одной из причин такого влияния может служить то, что фаза является препятствием для мигрирующей границы. Однако, большую роль могут играть и два других фактора.

Первый из них—высокая дефектность участков границы зерна, совпадающих с поверхностью раздела фаз; ранее было показано, что именно «двухфазные» участки границы обладают максимальной диффузионной проницаемостью [6]. Для оценки влияния холодной деформации на относительную диффузионную проницаемость одно- и двухфазных участков границ, в работе изучали самодиффузию никеля-63 при низких температурах (начиная с 250°С). Оказалось, что после холодной деформации сила пути ускоренной самодиффузии (двухфаз-



Рис. 4. Самодиффузия ^{63}Ni в сплаве Ni+0,1% В (холодная деформация 40%, диффузионный отжиг 300°С—6 часов). Автораддиограмма. $\times 25$

ные участки грани зерла) автораддиографически удается выявить уже при 300°С (рис. 4), а в недеформированном сплаве—лишь при 500°С. Значит, холодная деформация приводит к дополнительному увеличению дефектности поверхностей раздела фаз, совпадающих с границами зерна, сравнительно с остальными элементами структуры, что может являться одной из причин особо стабильной наследственности двухфазных участков границ зерна.

Вторым фактором, обуславливающим высокую стабильность двухфазных участков наследственных границ, может служить фазовый наклеп в непосредственной окрестности фазы при растворении последней. Дополнительными экспериментами было установлено, что при нагреве недеформированного сплава Ni+0,1% В до температуры 900—1000°С (т. е. температуры интенсивного растворения боридов) протекает рекристаллизация матрицы на участках, прилежащих к боридам; движущей силой этого процесса является значительная локальная

деформация из-за различия в удельных объемах растворяющейся фазы и матрицы. При нагреве деформированного сплава до 1100°C растворение боридов завершено, и сплав становится однофазным, о чем свидетельствуют данные металлографического анализа; однако, как указывалось выше, на автордиограммах выявляются изображения участков наследственных границ, ранее (до растворения боридов) бывших двухфазными. Ширина наследственных границ велика—в несколько раз больше, чем новых; по-видимому, она отвечает ширине области, в которой возникали напряжения вследствие фазового наклепа при растворении боридов*.

Таким образом, проявление эффекта наследственности в сплаве $\text{Ni}+0,1\% \text{B}$ может быть обусловлено рядом факторов, определяющих химическую неоднородность и структурное состояние границ зерен, избирательно действующих при различных температурах.

Выводы

1. Методом автордиографии показано, что легирование никеля $0,1\% \text{B}$ значительно усиливает эффект наследственности. Наследственные дефекты—границы зерен, существовавшие до рекристаллизации, весьма устойчивы и сохраняются при значительном перегреве—вплоть до $0,8 T_{\text{пл. металла}}$.

2. Повышение эффекта наследственности при легировании никеля бором обусловлено сегрегацией атомов бора на однофазных участках исходных границ, усилением дефектности двухфазных участков исходных границ при холодной деформации и фазовым наклепом, возникающим при растворении пограничных выделений боридов.

3. Указанные факторы избирательно действуют в определенных температурных интервалах; выше 900°C эффект наследственности определяют лишь двухфазные участки исходных границ, причем их влияние сохраняется даже после растворения фазы.

Получено 23.IV.1975

Б. А. ՔԱՐԱՅԱՆ, Ս. Զ. ՔՈՇԵՏՅԱՆ, Ս. Ս. ԳՆՆՈՐՅԱՆ

ՏԱՌԱՆԳՆԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԷՆԵՐԳԻՅԱԿԱՆ ՄԱՍԻՆՎԱԴԱՆՔՈՒՄ

Ա ռ ի ղ ի ղ ի ղ

Հոդվածում ավանսային ադրաֆրոնի մեթոդով հետազոտված է ժամանակահատվածի և երկուսի $\text{Ni}-\text{B}$ միաձուլվածքում, ինչպես նաև դեֆորմացված

* Коэффициент самодиффузии никеля—63 в сплаве $\text{Ni}+0,1\% \text{B}$ при 1100°C значительно выше, чем в никеле. Это различие (особенно большое при отжиге холоднодеформированного металла) не может быть объяснено вкладом облегченной самодиффузии по границам фаз, так сплав при этой температуре является однофазным и также косвенно свидетельствует о дефектности наследственных границ.

մետաղի վերաբյուրեղացումից հետո «հին» հատիկների սահմաններում բարձրացված դիֆուզիոն քափանցելիության (սուրուկտուրային պակասազորության) պահպանումը: Կիտլյաձ Կև ալն գործոնները, որոնցով պայմանավորվում է Ni—В միահալվածքում ժառանգականության էֆեկտի կայունությունը, իրառնուկների անջատումը, դիֆուզացիայի անհամասեռությունը և ֆուգային մակակոսիումը:

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Յ. «Процессы диффузии, структура и свойства металлов», М., «Машиностроение», 1964.
2. Бокштейн С. З. и др. Известия АН СССР, серия «Металлы», 1956, № 4.
3. Бернштейн М. Դ. Термомеханическая обработка металлов и сплавов, М., «Металлургия», 1968.
4. Կոռնյան Զ. Ա., Բոկիշեյն Ս. Զ., Գլաշբուրգ Ս. Ս. Влияние легирования на эффект наследственности в никеле. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVIII, № 5, 1975.
5. Չառլտանո Վ. Ս. Автореф. канд. диссерт. М., ВИАМ, 1974.
6. Գլաշբուրգ Ս. Ս. Автореф. канд. диссерт., М., ВИАМ, 1970.

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

Փ. Բ. ԱՄԲԱՐՇՄՅԱՆ, Կ. Տ. ԴՅՈՒՆՅԱՆ, Ա. Վ. ԶԱԿԱՐՅԱՆ
Ու. Կ. ՄԱՇԵՇՅԱՆ, Ա. Ա. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Վ. Ա. ՓԱՅԱՆ

СВЧ-ГЕНЕРАТОР НА 1200-МГц

Для решения целого ряда задач требуются источники колебательной мощности в диапазоне нескольких сотен мегагерц со стабильностью выходной частоты, приближающейся к стабильности кварцевых генераторов. Подобные источники СВЧ мощности были созданы в ЕрПИ для исследования попросов, связанных с СВЧ модуляцией света, и, в частности, для построения высокоточных электрических светодальномеров ВСД-600 и ДВСД-1200 [1, 2], разработанных в ЕрПИ.

Одним из способов получения высокостабильных СВЧ колебаний является умножение частоты термостатированного задающего генератора, собранного по схеме использования гармоник высших порядков кварцевого резонатора [3]. Хотя при этом рекомендуется использовать кварцевые резонаторы с основной частотой 2,5 - 5 МГц [3], но хорошо работает и кварцевый резонатор с основной частотой 10 МГц.

Задающий генератор собран по схеме Пирса [3] на пятой гармонике кварцевого резонатора с выходной частотой 50 МГц. Для умножения частоты использованы контуры как с сосредоточенными, так и с распределенными параметрами, разработанные в ЕрПИ для металлокерамических ламп ГС-4В, ГИ-22, ГС-14 и ГИ-25. Размеры контуров с распределенными параметрами значительно уменьшены путем использования коаксиальных резонаторов с внутренним спиральным проводником [4].

В настоящей статье рассматриваются конструктивные особенности и параметры спиральных резонаторов, выходные параметры генератора и результаты его работы. Принципиальная схема генератора приведена на рис. 1. На лампе A_1 6Ж9П собран кварцоплавающий задающий генератор с выходной частотой 50 МГц. С помощью лампы A_2 6Ж9П осуществляется умножение частоты кварцевого генератора на 3, а на лампе A_3 6Ж9П собран усилитель на частоте 150 МГц. Резонансные контуры на указанные частоты изготавливались из элементов с сосредоточенными параметрами.

Дальнейшее умножение частоты потребовало перехода на металлокерамические лампы и использования резонаторов со спиральными внутренними проводниками.

Конструктивно умножители на 300, 600 и 1200 МГц сходны. На рис. 2 представлен умножитель с выходной частотой 300 МГц. Анодный

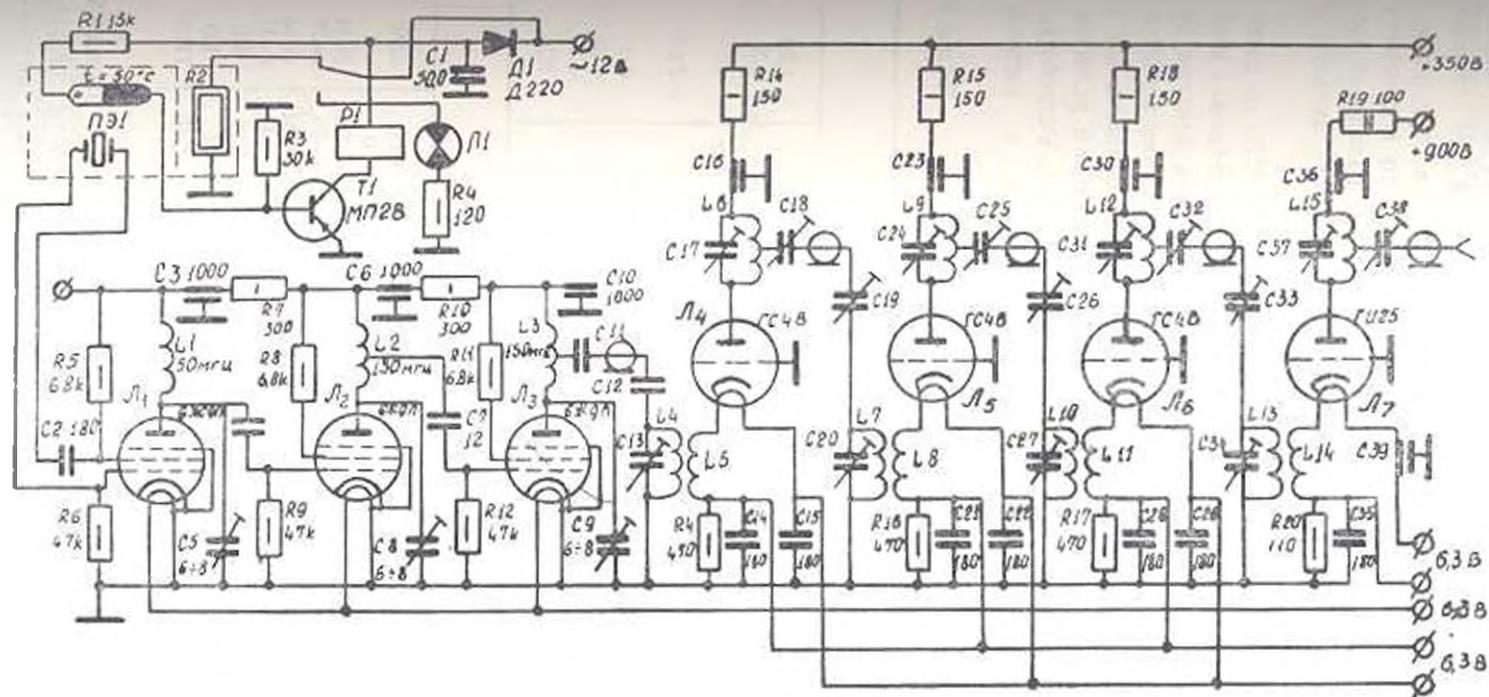


Рис. 1. Принципиальная схема генератора.

и сеточный контуры выполнены в виде резонаторов со спиральным проводником. Для уменьшения шунтирующего действия со стороны лампы сеточный контур включался не непосредственно, а через индуктивную связь с катодным контуром. Настройку анодного и сеточного контуров на данную частоту легко осуществлять путем изменения числа витков спирали. Каждый коаксиальный каскад имеет входную и выходную 50-омные фишки.

Анодные контуры умножителя и усилителя на 1200 МГц по конструкции несколько отличаются от предыдущих каскадов. Большая величина выходной частоты (1200 МГц) позволила получить контуры достаточно малых геометрических размеров при использовании резонатора в виде прямого внутреннего стержня, а не в виде спирали, как в предыдущих каскадах. Данные по геометрическим размерам резонансных контуров генератора на 1200 МГц сведены в табл. 1. Разработанный генератор позволял получить на выходе колебания с частотой

Таблица 1

П а р а м е т р ы к о н т у р о в

С е т о ч н ы е к о н т у р ы				
Частота, МГц	150	300	600	1200
Число витков сеточного контура	6	2,5	1,5	0,5
Число витков катодного контура	8	6	5	1
Сечение провода сеточного контура, мм	≥ 2	0,2×3*	0,2×4*	0,2×3*
Диаметр провода катодного контура, мм	0,5	0,6	0,7	0,8
Размеры коаксиального резонатора, мм	≥ 30 l=35	≥ 30 l=35	∅ 30 l=35	∅ 30 l=35
Тип лампы	ГС4В	ГС4В	ГС4В	ГН25

А н о д н ы е к о н т у р ы

Частота, МГц	150	300	600	1200	1200
Число витков контура	3	1,2	0,5	0	0
Сечение провода (диаметр коаксиальной), мм	≥ 2	0,3×4*	0,3×5*	∅ 12 l=25	∅ 14 l=25
Размеры коаксиального резонатора, мм	≥ 30 l=45	∅ 30 l=45	∅ 30 l=45	∅ 30 l=35	∅ 30 l=35
Напряжение на аноде, В	150	370	350	350	900
Мощность на выходе, Вт	0,8÷1	1,6	2,5	4	130
Тип лампы	6Ж9П	ГС4В	ГС4В	ГС4В	ГН25

* Медная лента, покрытая серебром

1200 МГц и мощностью 120-150 Вт в импульсе. Зависимость выходной мощности генератора от режима питания усилителя мощности при различных входных мощностях приведена на рис. 3. Приведенные значения мощности относятся к импульсному режиму работы металлокерамических ламп при длительности импульса 40 мксек и скважности 350. Им-

путьный режим достигается с помощью катодной коммутации металло-керамических ламп.

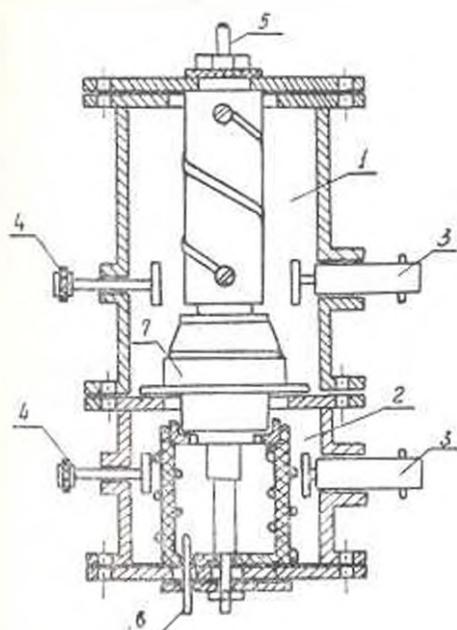


Рис. 2. Конструкция умножителя: 1—анодный контур; 2—сеточный контур; 3—коаксиальные разъемы; 4—подстроечные емкости; 5—выход анода; 6—вывод катода; 7—керамическая лампа.

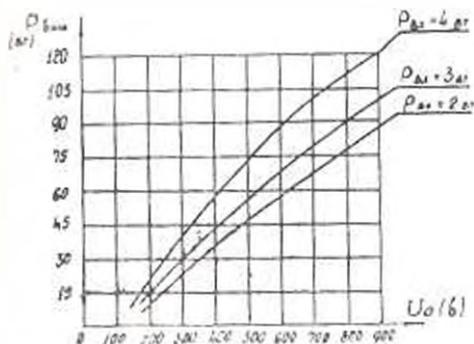


Рис. 3. Зависимость выходной мощности генератора ($P_{\text{вых}}$) от режима питания усилителя мощностью (U_1) при различных входных мощностях ($P_{\text{вх}}$).

Для повышения стабильности частоты задающего генератора кварцевая пластинка помещалась в термостат, обеспечивающий постоянство температуры $50 \pm 0,5^\circ\text{C}$. В некоторых случаях в термостат помещались три кварцевых пластинки, которые были необходимы для получе-

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мовсисян Р. А., Мартиросян А. А., Амбарцумян Ф. Б.* Электрооптический дальномер ВСД-600. «Известия вузов, Геодезия и аэрофотосъемка», № 5, 1973.
2. *Мовсисян Р. А., Нарысия В. П., Гюниаян К. С., Палян В. А.* Электрооптический дальномер ДВСД-1200 «Геодезия и картография», № 9, 1973.
3. *Охуни А. и Ито К.* «Денен дайрэ», 1967, № 2, стр. 17—21, перевод № 68779/7.
4. *Malping W. W., Seifeldknecht R. O.* Coaxial Resonators with helical Inner conductor, Proceedings of the IRE, December, 1959, volume 47, number 12, p. 2099.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. Л. ОГАНЕСЯН

К РАСЧЕТУ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
 ЦЕПЯХ СО СТАЛЬЮ ПОСТОЯННОГО ТОКА

При представлении переходного тока в цепи со сталью в виде суммы установившегося тока $i_{np} = E/R$ и некоторой составляющей $i_{св.н}$, которую по аналогии с линейными цепями будем называть „свободной“, т. е. в виде $i(t) = i_{np} + i_{св.н}$, расчет переходных процессов, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями, не имеющими в общем случае точного аналитического решения [1, 2], сильно упрощается. При этом составляющая $i_{св.н}$ определяется из однородного нелинейного дифференциального уравнения с учетом влияния начального и установившегося токов на режим работы или на нелинейную зависимость. При представлении нелинейной зависимости магнитной цепи степенным полиномом $\psi(i) = \sum_{p=1}^n a_p i^p$, или $L_{им}(i) = \sum_{p=1}^n p a_p i^{p-1}$ для цепи из R и $L(i)$ (рис. 1), соответствующее однородное уравнение, описывающее ток $i_{св.н}$ интегрируемо. То есть уравнение, составленное для свободной составляющей с учетом новой зависимости $L'_{им}(i_{св.н}) = \sum_{p=1}^n p a_p i_{св.н}^{p-1}$,

$$L'_{им}(i_{св.н}) \frac{di_{св.н}}{dt} + R i = 0,$$

или

$$\frac{di_{св.н}}{dt} \sum_{p=1}^n p a_p i_{св.н}^{p-1} + R i = 0$$

интегрируется и дает:

$$-a_1 \ln i_{св.н} + a_2 i_{св.н} + \sum_{p=1}^n \frac{p}{p-2} a_p i_{св.н}^{p-1} + R i = C. \quad (1)$$

При $2 \leq n \leq 5$ возможно аналитическое решение переходного тока. Постоянная интегрирования C определяется из начальных условий: для режима короткого замыкания при $t=0$ $i_{св.н} = \frac{E}{R}$, для режи-

на подключения к постоянному напряжению E при $t=0$ $i=0$ и $i_{\text{св.н}} = \frac{E}{R}$.

Значения n' и a'_p или соответственно полиномы $\psi(i_{\text{св.н}}) = \sum_{p=1}^{n'} a'_p i_{\text{св.н}}^p$ или $L_{\text{дин}}(i_{\text{св.н}}) = \sum_{p=1}^{n'} pa'_p i_{\text{св.н}}^{p-1}$ для режима короткого замыкания цепи из R и $L(i)$, начальный ток которого $i_{-0} = \frac{E}{R}$, определяется интерполяцией зависимостей $\psi(i)$ или $L_{\text{дин}}(i)$, заключающейся в подстановке в эти зависимости вместо тока i сумму токов $\frac{E}{R} - i_{\text{св.н}}$ и приведении коэффициентов при одинаковых степенях $i_{\text{св.н}}$. Кроме этого, зависимости $\psi(i_{\text{св.н}})$ или $L_{\text{дин}}(i_{\text{св.н}})$ более удобно могут быть определены непосредственной аппроксимацией кривой намагничивания при соответствующем преобразовании координатной системы $\psi(i)$ и $L(i)$, заключающейся в выборе нового начала координат в точке $i = i_{-0} = \frac{E}{R}$ и направления осей (рис. 2). Начальный ток обеспечивает постоянное

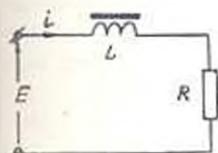


Рис. 1

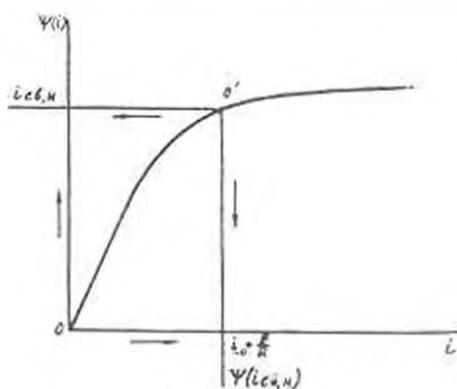


Рис. 2

подмагничивание, а работа цепи при коротком замыкании начинается в точке $i = \frac{E}{R}$ и завершается в точке 0, т. е. реальный процесс соответствует преобразованной системе координат или новым зависимостям $\psi(i_{\text{св.н}})$ или $L_{\text{дин}}(i_{\text{св.н}})$. В режиме же подключения цепи к постоянному напряжению E имеем обратную картину: переходный ток i изменяется от нуля до $i = \frac{E}{R}$, и здесь нет подмагничивающего тока.

Зависимости $\psi(i)$ и $L_{\text{дин}}(i)$ сохраняются и для тока $i_{\text{св.н}}$. Вид переходного тока определяется свободным током $i_{\text{св.н}}$, поэтому для свободного тока должны оставаться те же нелинейные зависимости, опре-

деляющие вид и переходного, и свободного токов. Это положение находится в согласии с результатами других корректных методов, например, метода постепенного приближения, а также с экспериментальными результатами. В итоге, для свободной составляющей $i_{св,n}$ переходного тока i при подключении цепи из R и $L(i)$ на постоянное напряжение получаем:

$$-a_1 \ln i_{св,n} + a_0 i_{св,n} + \sum_{p=3}^n a_p i_{св,n}^{p-1} + Rt = C. \quad (2)$$

Постоянная интегрирования C определяется из начальных условий: при $t = 0$ $i = 0$, или $i_{св,n} = -\frac{E}{R}$.

При необходимости получить аналитическое решение уравнений (1) и (2), когда не требуются очень высокие точности, $\ln i_{св,n}$ интерполируется степенным полиномом $(n-1)$ -го порядка ($n \leq 5$) для интервала $0 \leq i_{св,n} \leq \frac{E}{R}$.

Будем иметь

$$\ln i_{св,n} = \sum_{p=0}^{n-1} b_p i_{св,n}^p. \quad (3)$$

Тогда выражения (1) или (2) преобразуются в алгебраическое уравнение

$$-a_1 \sum_{p=1}^{n-1} b_p i_{св,n}^p + \sum_{p=2}^n a_p i_{св,n}^{p-1} + Rt = C, \quad (4)$$

или

$$\sum_{p=0}^{n-1} c_p i_{св,n}^p + Rt = 0, \quad (5)$$

где a'_p и c_p — приведенные коэффициенты при степенях $i_{св,n}$, равных $p-1$ и p соответственно. Отметим, что для $n > 5$ численное решение с использованием ЭЦВМ можно выполнять как для уравнения, записанного в виде (1) или (2), так и в виде (4) или (5).

АрмНИИ «Энергия»

Поступило 10.IV.1974

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Хилтон Г. Нелинейные колебания в физических системах. Изд. «Мир», 1968.
2. Атабеков Г. И., Тимофеев А. Б., Хижриков С. С. Теоретические основы электротехники, ч. 2. Изд. «Энергия», 1970.

Исследование алгоритмов минимизации потерь активной мощности в цепях с градиентными методами Адыш Г. Г., Давкнгов А. Ч., Ермаков Р. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXVIII, № 6, 1975, 2—9.

Излагаются результаты исследований по оценке эффективности четырех алгоритмов минимизации потерь активной мощности, использующих градиентные методы первого и второго порядка.

Результаты исследований показали, что использование матрицы вторых частных производных в алгоритмах минимизации потерь активной мощности значительно уменьшает общее время расчета.

Сравнение эффективности алгоритмов по числу вычислительных операций для схем с небольшим числом узлов показывает целесообразность применения алгоритма II. Приведенные формулы для расчета числа вычислительных операций алгоритмов позволяют провести исследование эффективности алгоритмов для решения других задач.

Утверждается, что при уменьшении функции потерь активной мощности приближенное определение оптимального шага минимизации при аппроксимации функции параболой дает большие прогрессивности, вследствие чего требуется уточнение величины шага.

Табл. 2. Библ. 3 назв.

УДК 620.1 : 539.4 + 620.163 + 539.384

Пластическое состояние призматического стержня прямоугольного сечения при совместном кручении и изгибе Задвий М. А., Левенко Л. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXVIII, № 6, 1975, 10—16.

Рассматривается напряженно-деформированное состояние призматического стержня с упрочняющимся несжимаемым материалом при совместном кручении и изгибе. С использованием функции перемещений задача сводится к одному нелинейному эллиптическому дифференциальному уравнению. При помощи степенных рядов оно приводится к рекуррентной схеме краевых задач Неймана, первое из них для уравнения Даламбера, а остальные—Пуассона. Доказана разрешимость этих задач и получены решения для прямоугольного сечения. Приведены результаты численного решения для материала со степенным законом упрочнения.

Илл. 3. Библ. 8 назв.

УДК 62—413/—415 : 536.24

Исследование термоупругих напряжений составной пластинки, по прямолинейному контакту которой движется источник тепла Саргсян А. М., Чубольян К. С. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXVIII, № 6, 1975, 17—23.

Рассматривается обобщенное плоское напряженное состояние составной пластинки под действием квазистационарного температурного поля. Пластинка состоит из двух полубесконечных пластин с различными теплоемкостями и упругими свойствами. Линейный источник тепла движется вдоль прямолинейного контакта составной пластинки с постоянной скоростью. Через поверхности пластинки осуществляется теплообмен с внешней средой по закону Ньютона.

Задача решается методом интегрального преобразования Фурье. Выявлено влияние скорости перемещения температурного поля на распределение температурных напряжений в пластинке.

Илл. 2. Библ. 15 назв.

УДК 699.844 : 534.833.53

К методике определения показателей звукоизоляции ограждающих конструкций. Дастанян Э. А., Симомян А. Г. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVIII, № 6, 1975, 24—27.

Предложена методика разработки алгоритма расчета частотных характеристик и показателей звукоизоляции междуэтажных перекрытий от воздушного и ударного звуков и межквартирных перегородок от воздушного звука. Показано, что по предлагаемому методу представляется возможным рассчитать на ЭВМ звукоизоляции ограждающих конструкций.

Илл. 2. Библи. 4 назв.

УДК 681.3.053

Об упорядочении сложных структур данных. Хамагрян Г. Г. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVIII, № 6, 1975, 28—32.

Рассмотрен формализованный метод упорядочения сложных структур данных при решении определенного класса задач. Изложен ход преобразования структуры данных в канонический вид и построения на этой основе самой системы классификации и кодирования.

Библи. 2 назв.

УДК 621.65 + 621.643 : 532.5.013.2 + 517.9

Исследование неустановившегося движения в системе насос-трубопровод Рафаэлян Р. М. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», № 6, 1975, 33—40.

Исследуется неустановившееся движение в системе насос-трубопровод. При отсутствии обратного клапана на напорной линии переходный процесс в такой системе последовательно протекает в насосном, тормозном и турбинном режимах.

Исходя из уравнений движения несжимаемой жидкости, вращения рабочего колеса и характеристики насоса для указанных режимов, получены и исследованы динамические уравнения. Показано, что в турбинном режиме существует устойчивое состояние системы, которому соответствует особая точка динамических уравнений типа устойчивого фокуса. Получены аналитические решения в окрестности этой точки. Дан качественный анализ дифференциальных уравнений, охватывающий всевозможные режимы в системе насос-трубопровод. Установлено, что после потери напора система приобретает единственно возможное состояние равновесия в турбинном режиме. Результаты позволяют легко вычислить разгонные обороты рабочего колеса насоса, соответствующий расход, давление и момент на валу насоса.

Илл. 3. Библи. 7 назв.

УДК 669.048 + 546.3—19

Эффект наследственности в сплаве Ni—В. Торосян Э. А., Бокштейн С. Э., Гинзбург С. С. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVIII, № 6, 1975, 41—47.

Методом автордиографии исследовано явление наследственности в сплаве Ni—В, сохранение повышенной диффузионной проницаемости (т. е. структурной дефектности) участков границ «старых» зерен после рекристаллизации деформированного металла.

Рассмотрены факторы, обуславливающие стабильность эффекта наследственности в сплаве Ni—В, сегрегацию примесей, неоднородность деформации, фазный наклеп.

Илл. 4. Библи. 6 назв.

СВЧ-генератор на 1200 МГц. Амбарцумян Ф. Б., Гюняшян К. С., Захарян А. В., Манешян П. К., Мартиросян А. А., Павян В. А. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVIII, № 6, 1975, 48—53.

Описаны принцип работы и конструкция разработанного авторами малогабаритного СВЧ-генератора, входящего в комплект высокоточного светодальномера ДСВД-1200. Приведена принципиальная схема генератора и графики зависимости выходной мощности генератора от режима питания усилителя мощности. Рассмотрена конструкция спиральных коаксиальных контуров для умножения частоты в диапазоне 150—1200 МГц и приведены экспериментальные данные этих контуров.

Илл. 3. Табл. 1. Библ. 1 назв.

УДК 621.316.5 : 621.3.024 : 517.3

К расчету переходного процесса в электрических цепях со сталью постоянного тока. Оганесян Э. Л. «Известия АН АрмССР (серия Т. II.)», т. XXVIII, № 6, 1975, 54—56.

Предлагается метод расчета переходного тока, который во аналогии с линейными цепями сводится к расчету установившегося и свободного составляющего, представляющего для нелинейной цепи решение нелинейной зависимости от начального и установившегося тока. Аппроксимация нелинейной зависимости степенным полиномом позволяет свести нелинейное однородное уравнение к интегрируемой форме.

Илл. 2. Библ. 2 назв.

Ք Ո Վ Ա Ն Գ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Հ 1112 ԿԱ տեղեկագիր (տեխնիական զիտարյունների սուբյա)

հանդեսի 28-րդ հասարի

Ա Ն Ը Լ Ե Ն Ա Ղ Ի Ե Ս Ա Ր Կ Ո Ւ Ն

Ֆ. Ա. Ալավերդյան, Լ. Ի. Կոստին, Կլորման բնակի գիրքի ազդեցությունը բազմապատկանության վարիաստորի թարջային աստիությունների վրա	1 — 3
Ս. Ն. Կասպարյան, Կաշունացման բազմակապ կոմբինացված համակարգ	2 — 16
Ս. Ս. Էդիլյան, Շ. Թ. Անտոնյան, Տարվոց սղակի պարբերական պտույտով դիֆերենցիալաչգիսայական մեխանիզմի սինթեզ	5 — 7
Մ. Վ. Կասյան, Շ. Թ. Քաղզասարյան, Շ. Շ. Նարտրյունյան, Մետաղաշատ պորտիթի օպտիմալ երկրաչափության որոշման մի մեթոդի մասին	2 — 3
Է. Շ. Չակիրյան, Եռուսովիկա-սողնակաչին մեխանիզմների սինթեզը օդակների էքստրեմալ արագությունների և արագացումների սահմանափակման դեպքում	3 — 52
Մ. Ս. Մակարյան, Կ. Ս. Շեկյան, Քար կտրող մեքենաների կտրող հանդույցների տրանսմիտանների անդամասերում տվեղացման գործակիցների որոշումը	2 — 5
Կ. Ա. Ջալալզադան, Սիմետրիկ ուղղորդող մեխանիզմների սինթեզը բառահյուսային մոտեցման մեթոդով	3 — 26

Մ Ե Մ Ա Ղ Ա Վ Ի Մ Ո Ր Կ Ո Ւ Ն

Է. Ա. Թորոսյան, Ա. Ջ. Թակշանյն, Ս. Ս. Գինգրուրով, Լեղիման աղյվ ցուցությունը մասնակախությունների էֆեկտի վրա և ինչու	7 — 22
Է. Ա. Թորոսյան, Ս. Ջ. Թակշանյն, Ս. Ս. Գինգրուրով, Ժառանգականության էֆեկտը Նի-Յ միահագմածքում	9 — 11

Է Ե Ն Ե Վ Ե Ա Ի Կ Ա

Կ. Տ. Ալյուց, Ս. Կ. Նարտրյունյան, Ջուզանիո միացմամբ նորությունների մեխանիզմը առումով հաստատուն հոսանքի գծով կապված էրկու էներգահամակարգերի նաշունացված սեմիոմի հաշվարկը	5 — 12
Շ. Տ. Աղոնց, Ա. Ս. Ավակիմով, Թ. Ա. Երմեկով, Ակտիվ նորությունների կոստանների մեխանիզացիայի ազդերի մեխանիզմների հետազոտությունը, որոնք հիմնված են դրադիենային մեթոդների վրա	5 — 3
Յու. Գ. Կերգուրյան, Ջ. Ս. Բուրաչյան, Ըստ պարամետրի դիֆերենցման մեթոդի կիրառումը շերտավորված կոնստրուկցիաների ազդեցության միջև զերմային և էլեկտրական բևեռավորումների օպտիմալ բաշխման խնդիրներում	1 — 17
Վ. Ս. Կասյան, Մեն Էլեկտրաէներգետիկ սխեմաների կաշունացումը մեխանիկ օպտիմալացման տեսության շուրջը	3 — 67
Ն. Ս. Կապուր, Կապուր Կապուրյանի օպտիմալ պարամետրների հաշվման մեթոդի կաշին վերաբերյալ	2 — 28

Է Ղ Ի Կ Ա Բ Ա Ս Ե Լ Ի Ն Ի Կ Ա

Կ. Լ. Արշևյան, Բարախոզ հոսքով միաֆազ ինդուկտորային զենեքատորի էլեկտրամագնիսական մոմենտի անալիտիկ արտահայտությունը	3 — 8
Կ. Լ. Արշևյան, Բարախոզ հոսքով միաֆազ ինդուկտորային զենեքատորի էլեկտրամագնիսական մոմենտի մեթոդի կաշին վրա մագնիսաչափում ուժերի բարձր հարմարեցում	

ների ազդեցության վերլուծությունը	3-4
ԻՄ. Վ. Թալուրցյան. Մուրախինի բուն շարժիչների անցողիկ պրոցեսների հետազոտման մասին մատիկական մոդել	4-9
Է. Վ. Թաղևադյան. Պատման ընթացքում ռադասարակչուումով կառավարող օպտիմալ սխեման	4-20
Է. Վ. Թաղևադյան. Պատման ընթացքում ավստմառ համասարակչուող սխեմանի վերահասարական փորձարկումների մոդել	5-19
Զ. Ա. Պոռոնյան, Ա. Ի. Մատուցյան. Երկֆազ անըրդիտվերս միջադարձում պատկանել պարզման էլեկտրական դաշտի կառուցվածքի մասին	5-21
ԻՄ. Ա. Կարապետյան. էլեկտրական դաշտը անհամաստեղ դիէլեկտրիկում սրբ մոդել չափորված է մետրոդիտվերս սխեմանով	6-18
Վ. Ե. Լաբուրյունյան. Պոտենցիալ էլեմենտների զրա ֆազերի բազմատեմմային կոնտաստոնների կառուցման շուրջը	4-15
Ս. ԻՄ. Մամիկոնյան. Անկյունային տեղափոխումների արանսֆորմատորային կերպարափոխիչ	2-59
Լ. Խ. Սալիանյան. Ստատորի չղթայում սրբիտարներ ունեցող ապասինկտոն շարժիչի մոդելավորումը իվային հաշիվի մեթոդային վրա	1-26
Պ. Ս. Վարպետյան. Իմպուլսային կերպարափոխիչների ոչ սինֆազ կառավարման էներգետիկ էֆեկտիվության հետազոտությունը ակումուլատորային մարտկոցից սեմալ դեպքում	3-14

Է Լ Ե Կ Ա Բ Ո Ն Ա Յ Ի Ե Մ Ե Խ Ե Կ Ա

Պ. Լ. Խանելյան, Ա. Պ. Նոբոլյան. Մազալային հարվածով մազանոթային սեպիկալ էլեկտրոնային էլեմենտների կառավարման բեռնազրկերը	2-46
Յ. Բ. Համբարձումյան, Կ. Ս. Գյուլեսյան, Ա. Վ. Ջախարյան, Ի. Կ. Մանուկյան, Ա. Ա. Մարտիրոսյան, Վ. Ա. Պապյան. 1200 ՄՀց գերբարձր համախառնությունից կենտրոն	6-46
Յա. Մ. Պողոսյան, Ա. Ա. Հարությունյան, Կ. Է. Հովհաննիսյան. Բարձրահամախառնային սուրբ ֆեռոմագնիսական ինդուկցիաներում	1-10
Պ. Մ. Շատալյան, Պ. Կ. Հակոբյան, Պ. Վ. Չելլոնայան, Է. Վ. Ջախարյանյան. էքսպերիմենտի պահանջարկի մեթոդների կիրառումը գծային ինտեգրալային սխեմաների էլեկտրոնային ստուգման մասնակի	2-54

Հ Ա Ղ Ո Ղ Ա Կ Ա Ե Մ Ե Խ Ե Կ Ա

Զ. Կ. Խաչատրյան. Տվյալների բարդ կառուցվածքի կարգավորման շուրջը	6-28
Պ. Զ. Ավետիսյան, Կ. Զ. Մովսիսյան. Հուպարումներով գծային համակարգերի կառուցման հետազոտումը	2-22

Պ Ա Փ Ո Ղ Ա Կ Ա Ե Մ Ե Խ Ե Կ Ա

Կ. Մ. Սելյանյան. Կամքային շարժման շղթան որպես ավստմառ շարժիչ սխեմանի օդակ	1-31
Ռ. Զ. Մովսիսյան, Կ. Ս. Գյուլեսյան, Ա. Վ. Ջախարյան, Պ. Լ. Բարալյանց. ԿՄՊ-1200 Մ ճակնի տարրի շարժման ճյուղային վրա սպողո գործոնները	5-11
Ն. Ն. Պաշենցկե, Ա. Ա. Հովհաննիսյան. Կոնտուրային ինդուկտիվ կերպարափոխիչի բեկահանրացված վերլուծությունը և էլեկտրական շղթայի աշխարհը բարձր համախառնայինների գեղարված սխեմանային	2-32

Ս Ա Ղ Ո Ղ Ա Կ Ա Ե Մ Ե Խ Ե Կ Ա

Մ. Պ. Կոլոլյանով, Ա. Ա. Սանակյան, Ն. Ն. Էնտելեա. Կարմիր լազերների կեղծ սերվոստեղծման մարտմաները	4-28
---	------

Շ Ի Ղ Ր Ա Վ Դ Ի Կ Ա Ե Մ Ե Խ Ե Կ Ա

Պ. Մ. Քոռզովյան. Մեկան լճի հոսանքները	7-45
Ս. Նոյի Տույ. Ջրտարի ոլորանում ջրաբերակներին շարժման գերտարային	4-51

Ա. Գ. Նազարյան, Ճանապարհի էրեարությունը մեծացող էլքով շեղուկի արժանիքը Հեղուկային խողովակաշարում	4—12
Ս. Մ. Խաչատրյան, Զուստատված շարժման նեոտոտումը պոմպ-խողովակաշար սխեմում	6—13
Վ. Շ. Սարգսյան, Ինչպիսիք ընկալիչի գծերը, ստորերկրյա ջրային զինամեխանիզմի զար- ժակի հաշվարկը բոս հիդրոմեխանիկայի համարում	4—26

Շ ի ն ա ռ ա ռ ա կ ա ն մ լ լ ս ա ն լ ի կ ս
Շ ի ն ա ռ ա ռ ա կ ա ն կ ո ն ս ո ս լ ի ջ ի ա ն լ ի

Է. Ա. Պատուկյան, Ա. Գ. Սիմոնյան, Պատուկ կոնստրուկցիաների ձայնամեխանիկա- ման ցուցանիշների որոշման մեթոդիկայի շուրջը	6—24
Մ. Ա. Ջաղսյան, Սողոմոն տեսության վարիացիոն մեթոդների կիրառումը երկաթբե- տոնե կոնստրուկցիաների հաշվարկի ժամանակ	3—52
Մ. Ա. Ջաղսյան, Լ. Շ. Առնյան, Ուղղանկյուն հատվածի պրիզմատիկ ձողի պլաստի- կական վիճակի համասեղ ուղղման և ծանր ղեկարում	6
Ռ. Ա. Հովհաննիսյան, Երկաթբետոնե սայի ծոուր բարձր շերտային զարում	1—39
Ի. Ա. Հունանյան, Ծրկաթբետոնե կոնստրուկցիայի սիմետրիկ ծոուր բարձր շերտաստի- կականները ղեկարում	4—36
Ռ. Շ. Սահակյան, Ռ. Շ. Սահակյան, Յու. Կ. Վաղարշյան, Կրող հորաններով բազմա- բարկ կարկասային շենքերի ազատ ստատուսների պարբերությունների և կենտրոնի որոշումը ղեկարային սարքերի առկայության դեպքում	2—37
Ռ. Ս. Սարգսյան, Կ. Ս. Ջուրանյան, Կազմովի թիթեղների շերտառանցական բարձր- ների նեոտոտումը, երբ շերտային աղբյուրը շարժվում է նրա սեղան- ցիկ կոնստրուկցիայով	6—17
Ն. Կ. Սևիտկո, Սահմանային շարժման վիճակները պլաստիկական ղեկարման ներքին գարգացման ժամանակ	3—31
Ռ. Ս. Վոլմիր, Ն. Ա. Վոլմիր, Թիթեղների և սակավաթև բաղաձայնների առանց- նյառարական աշխատանքի իմպուլսով բեռնավորման ժամանակ	3—26

Կ ի ա ա կ ա ն ճ ո լ լ ի

Կ. Շ. Իսկուրյան, Հներգահամակարգի բեռնավորման շեղումների մոդել	4—65
Լ. Շ. Կարախանյան, Մագնիսագիտական կոնստրուկցիաների էֆեկտիվ մագնիսական թափանցելու- թյան և կենտրոնի կոնստրուկցիայի հաշվարկի սխեմայի համարում	1—26
Ս. Ա. Խաչատրյան, Ս. Վ. Քաղնոսյան, Յու. Պ. Կուրյուլով, Վերստի շարժման օգտագործումը գոյություն ունեցող համասարակ կոնստրուկցիայի համար	4—62
Է. Լ. Հովհաննիսյան, Հաստատուն հասանքի պողպատ պարունակող էլեկտրական շղթա- ներում ազդողիկ պրոցեսի հաշվարկի շուրջը	6—54
Պ. Ա. Մարտիրոսյան, Լ. Ա. Օրբելյան, Գ. Գ. Սեբեդյան, Կենտրոնի հոսքի կոնստ- րուկցիայի տեսակարար աճերի հաշվարկի հարցի շուրջը	1—31
Ի. Ա. Կուրյուլով, Ն. Ա. Պրեկոպով, Կասկածի առկայության արտաքին միջավայրի վիճակագրական մոդելավորումը ղեկարման մեխանիկայում	5—11

Կ ի ա ո ս յ ա ն կ ո ո ծ լ ի ջ ն է ռ

Ա. Վ. Իսկուրյան (ձեռագրի շՅ-ամրակի առթիվ)	4—2
Մ. Վ. Կասյան (ձեռագրի շՅ-ամրակի առթիվ)	5—3

СОДЕРЖАНИЕ

XXVIII тома журнала «Известия АН АрмССР»

(Серия технических наук)»

Машиностроение

- Э. А. Акопян. Синтез кривошипно-ползуновых механизмов с ограничением «экстремальных» скоростей и ускорений звеньев 3—29
- Ф. Р. Давердян, Л. И. Густин. Влияние расположения поляка качения на тяговые свойства многодискового вариатора 1—3
- О. Н. Гаспарян. Многосвязная комбинированная система стабилизации 2—16
- Д. А. Джагацянцян. К синтезу направляющих симметричных механизмов методом квадратического приближения 3—38
- М. В. Касьян, Г. Б. Багдасарян, Г. А. Арутюнян. Об одном методе определения оптимальной геометрии металлорежущего инструмента 2—3
- Л. М. Макарян, Г. Б. Шекян. Определение коэффициентов усиления увязкой трансмиссий режущих узлов камерезных машин 2—8
- М. Б. Эбеляч, Г. Г. Азарюкян. Синтез дифференциально-планного механизма с вершиническим поворотом ведомого звена 5—7

Металловедение

- Э. А. Горюхи, С. Э. Бокштейн, С. С. Гинзбург. Влияние легирования на эффект наследственности в никеле 5—35
- Э. А. Горюхи, С. Э. Бокштейн, С. С. Гинзбург. Эффект наследственности в сплаве Ni—V 6—11

Энергетика

- Г. Т. Адоки, С. Г. Арутюнян. Расчет установившегося режима двух энергоагентов, связанных передачей постоянного тока с промежуточным отбором мощности параллельного присоединения 5—12
- Г. Т. Адоки, А. С. Авакянов, Р. А. Ермекова. Исследование алгоритмов минимизации потерь активной мощности, базирующихся на градиентных методах 6—3
- Ю. Г. Григорьян, Д. М. Бабаян. Применение метода дифференцирования по параметру к задачам оптимального распределения тепловых и электрических нагрузок между агрегатами ТЭЦ 1—47
- В. С. Хачатрян. К теории оптимизации установившихся режимов больших электроэнергетических систем 3—67
- Н. С. Хуршудов. К методике расчета оптимальных параметров газотранспортных систем 5—21

Электротехника

- Г. Э. Арсиян. Аналитическое выражение электромагнитного момента индукторного однофазного генератора с пульсирующим потоком 3—8
- Г. Э. Арсиян. Анализ влияния высших гармонических м.д.с. на величину электромагнитного момента однофазного индукторного генератора с пульсирующим потоком 4—3

<i>В. Ш. Арутюнян</i> , К. — строчению индуктивных коммутаторов фаз на инверсионных элементах	4—15
<i>М. В. Байбуртян</i> , Математическая модель для исследования переходных процессов субсинхронных двигателей	4—9
<i>В. С. Варламян</i> , Исследование энергетической эффективности несинхронного управления импульсными преобразователями при питании от аккумуляторной батареи	3—14
<i>М. А. Каримян</i> , Электрическое поле в неоднородной диэлектрике, смещенном дисперсионных систем	1—18
<i>Б. М. Мамиконян</i> , Трансформаторный преобразователь угловых перемещений	2—39
<i>Э. Х. Машинян</i> , Моделирование на ЦВМ асинхронного двигателя с тиристорной и цепи статора	1—26
<i>Э. В. Татевосян</i> , Оптимальная система управления уравновешиванием при вращении	4—20
<i>Э. В. Татевосян</i> , Модели статистических испытаний системы автоматического уравновешивания при вращении	5—49
<i>А. А. Торунян, А. Н. Цатурян</i> , О структуре электрического поля коронарного разряда в двухфазной аperiodической среде	3—21

Электронная техника

<i>Ф. Б. Амбарцумян, К. С. Гюмашян, А. В. Закарян, Н. К. Манукян, Л. Л. Матирочян, В. А. Пилян</i> , СВЧ-генератор на 1200 МГц	6—18
<i>Г. Э. Давидян, А. П. Шорьян</i> , Характеристики управления канальными релейно-электронными элементами с емкостным параметрическим считыванием	2—46
<i>М. М. Ногосян, С. А. Арутюнян, К. Э. Овсепян</i> , О высокочастотном спланировании ферромагнитных пленок	1—10
<i>Н. М. Шахоян, Г. К. Алоян, Г. В. Зейтунян, Э. Э. Давиджанян</i> , Применение методов планирования эксперимента при выходном контроле ленточных интегральных схем	2—54

Вычислительная техника

<i>Э. О. Мелкян, Э. О. Мовсисян</i> , Исследование линейных систем с каналом вращением	2—22
<i>Г. Г. Хачатрян</i> , Об упорядочении сложной структуры данных	6—28

Измерительная техника

<i>К. М. Мелкян</i> , Методная электронизмерительная цепь как звено автоматической измерительной системы	1—31
<i>Р. А. Мовсисян, К. С. Гюмашян, А. В. Закарян, В. Э. Байбуртян</i> , Факторы, влияющие на точность измерений прибора ДВСД 1200Б	5—44
<i>Н. Н. Пашенцев, А. А. Оганесян</i> , Обобщенный анализ и расчет электрической цепи контурного индукторного преобразователя при работе на промышленных частотах	2—32

Радиотехника

<i>М. И. Додушян, А. С. Савельев, Н. Г. Зельман</i> , Квантовый квантовый измеритель на коротких волнах	1—28
---	------

Гидравлика и гидропневматика

<i>Ле. Нильс, Гун</i> , О движении жидкости на повороте водовода	1—51
<i>А. Г. Назарян</i> , Движение жидкости в паторном трубопроводе с присоединением по пути расходом	4—42

<i>Р. М. Рафаэлян</i> . Исследование неустойчивого движения в системе пластмассовых трубопроводов	6—33
<i>В. О. Саркисян</i> . Расчет коэффициентов динамичности подземного стока в горные реки по гидрометеорологическим данным	4—56
<i>Г. М. Тарсоян</i> . Течения озера Севан	3—45

Строительная механика и строительные конструкции

<i>А. С. Вольмир, Е. А. Вольмир</i> . Уруго-пластическое поведение пластин и цилиндрических оболочек при импульсном нагружении	5—28
<i>Э. А. Ластикян, А. Г. Симонян</i> . К методике определения показателей звукоизоляции ограждающих конструкций	6—24
<i>М. А. Забоин</i> . Применение вариационных методов теории ползучести при расчете железобетонных элементов	3—57
<i>М. А. Зидоян, Э. А. Левонян</i> . Пластическое состояние призматического стержня прямоугольного сечения при совместном кручении и изгибе	6—10
<i>А. О. Сиакян, Р. О. Сиакян, Ю. Х. Газарян</i> . Определение периодов и форм свободных колебаний многоэтажных каркасных зданий с вращающимися шатрами при наличии демпферных устройств	2—37
<i>Г. М. Сарсисян, К. С. Чобанян</i> . Исследование термоупругих напряжений в составной пластинке, по прямоугольному контуру которой движется источник тепла	6—17
<i>Н. К. Сяитко</i> . Предельные напряженные состояния при развитии пластических деформаций	3—51
<i>Р. А. Унианн</i> . Изгиб железобетонной плиты при высоких температурах	1—39
<i>Р. А. Унианн</i> . Симметричный изгиб круглой железобетонной плиты при высоких температурах	1—36

Научные заметки

<i>К. А. Гамбуран</i> . Модель нагрузочного узла энергосистемы	4—65
<i>Л. О. Каравакин</i> . Расчет эффективной магнитной проницаемости и потерь в магнитодieleктрике в синусоидальном поле	1—56
<i>П. А. Матевосян, А. А. Огарян, Г. Д. Беджарян</i> . К вопросу расчета удельных приростов потерь активной мощности	1—51
<i>Г. А. Нальтаскян, Н. А. Перельман</i> . Стохастическое моделирование внешней среды объектов управления методом генерирования	5—54
<i>Э. А. Оганесян</i> . К расчету переходного процесса в электрических цепях со стальки постоянного тока	6—54
<i>С. С. Лачатрян, А. В. Гатевосян, Ю. П. Кулешиова</i> . Применение уравнения Вильсона для корреляции парожидкостного равновесия	4—62

Персоналии

<i>Андрей Геворгович Иосифян</i> (к 70-летию со дня рождения)	4—3
<i>Мартын Виганович Касьян</i> (к 70-летию со дня рождения)	5—3

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ե Ա Կ Ո Ի Թ Յ Ո Ի Ն

Է Ն Ե Ր Գ Լ Խ Ի Կ Ա

2. Տ. Աղյուզ, Ա. Ս. Ավակյանով, Ռ. Ա. Երմեկովա. Անտիվ Տղարության հորտատների միջնորդության շարժումների նկատմամբ: որոնք հիմնված են գյուղի հետաքննության մեթոդների վրա 3

Շ Ի Ե Ր Ե Ր Ա Կ Ա Ն Ի Ն Ա Ն Ի Կ Ա

Մ. Ա. Սաղոյան, Լ. Շ. Կոնյան. Ուղղանկյուն հատվածի պրիզմատիկ ձողի սյուսառիկական վիճակի համառոտ ուղղությամբ և ծածկի դեպքում 10

Ա. Մ. Սաղոյան, Կ. Ս. Չարախան. Կազմովի բիթիդեիկի շերտառանձաղկան լարումների նկատմամբ: որոնք շերտային աղբյուրի շարժում է նրա ուղղաձիգ կոնտակտով 15

Շ Ի Ն Ա Ր Ե Ա Կ Ա Ն Կ Ո Ն Ս Ա Ր Ե Ո Վ Գ Մ Ա Ն Ե Ր

Է. Ա. Գաստալյան, Ա. Գ. Սիմոնյան. Պատող կոնստրուկցիաների կառուցման հարցերի վերաբերյալ: որոնք 20

Չ ա շ Վ Ո Ղ Ա Կ Ա Ն Ա Լ Խ Ե Ի Կ Ա

2. Գ. Խաչատրյան. Տվյալների բարդ կառուցվածքի կարգավորման շարժում 25

Չ Ի Ղ Ե Ա Վ Ի Ի Կ Ա

Պ. Մ. Ռաֆայելյան. Չհաստատված շարժման նկատմամբ պոմպ-խողովակաշար սխեմանում 33

Ռ Ե Ա Ո Ղ Ա Ղ Ի Ս Ե Ր Ո Ն

Է. Ա. Թորոսյան, Ս. Զ. Բոկչուկյան, Ս. Ս. Գինգրուր. Ժառանգականության էֆեկտը Ni—B միանյութում 41

Է Ղ Լ Կ Ա Ր Ե Ն Ս Ի Ե Ա Լ Խ Ե Ի Կ Ա

Յ. Բ. Համբարձումյան, Կ. Ս. Գյունաշյան, Ա. Վ. Սաղոյան, Ի. Կ. Մանեջիև, Ա. Ա. Մառտիրոսյան, Վ. Ա. Պապյան. 12000 կՋ գերբարձր հաճախության զինկրատ 48

Գ Ի Ս Ա Կ Ա Ն Ե Ն Ե Ր Ե

Ջ. Լ. Հովհաննիսյան. Հաստատուն հոսանքի երկաթ պարունակող էլեկտրական շղթաներում անցողիկ պրոցեսի հաշվարկի շարժում 54

28-րդ հատորի բովանդակությունը 60



СОДЕРЖАНИЕ

Энергетика

- Г. А. Иовид, А. С. Авакянов, Р. А. Ермекова.* Исследование алгоритмов минимизации потерь активной мощности, базирующихся на градиентных методах. 3

Строительная механика

- М. А. Зидан, Л. А. Левонян.* Пластическое состояние призматического стержня прямоугольного сечения при совместном кручении и изгибе 10
- А. М. Сарсаян, К. С. Чобанян.* Исследование термоупругих напряжений согнутой пластины, по призматическому контуру которой движется источник тепла 17

Строительные конструкции

- Э. А. Достакия, А. Г. Симонян.* К методике определения показателя звукоизоляции ограждающих конструкций 24

Вычислительная техника

- Г. Г. Хачатрян.* Об упорядочении сложных структур данных 28

Гидравлика

- Р. М. Рифаллян.* Исследование неустановившегося движения в системе насос-трубопровод 33

Металловедение

- Э. А. Горослян, С. Э. Бокштейн, С. С. Гинзбург.* Эффект наследственности в сплаве Ni—В 41

Электронная техника

- Ф. Б. Амбарцумян, К. С. Гюнасян, А. В. Закарян, И. К. Манешиян, А. А. Мартиросян, В. А. Папаян.* СВЧ-генератор на 1200 МГц 48

Научные заметки

- Э. Л. Оганесян.* К расчету переходного процесса в электрических цепях со сталью постоянного тока 54
- Содержание XXVIII тома 63