

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՐԺԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՎՈՒՅԻՐԱՐ

Կասյան Ա. Վ. (պատ. խմբագիր), Աղսեյ Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ալեքսեևսկի Վ. Վ.,
Անանյան Ա. Կ., Դուրոյան Տ. Ա., Զադորյան Ա. Ա., Նազարով Ա. Դ., Տեր-Ազատի Ի. Ա., Փինեյ-
յան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ)

Պատասխանատու քարտուղար Ստեփանյան Զ. Կ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Касьян М. В. (ответ. редактор), Адоныч Г. Т. (зам. ответ. редактора), Алексеевский
В. В., Ананян А. К., Гороян Т. А., Зидоян М. А., Назаров А. Г., Пинаджян В. В. (зам.
ответ. редактора), Тер-Азарьев Н. А.

Ответственный секретарь Степанян З. К.

Խմբագրությունը հասցեն՝ Երևան—1, Արտվյան փող. 15.

Адрес редакции: Ереван—1, ул. Абовяна, 15.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В. А. АЛЕКСЕЕВ, М. А. АНТОНЕЦ, Ю. А. АНТОНЯН, Г. С. БАРСАМЯН,
Э. Д. ГАТЭЛЮК, Л. Ш. ЕГНАЗАРЯН, А. Е. КРЮКОВ, Б. Н. ЛИПАТОВ,
С. М. МКРТЧЯН, В. А. САНАМЯН, Б. В. ШЕКОВТОВ.

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ КОРРЕЛОМЕТР НА ОСНОВЕ ЭВМ «РАЗДАН-3»

В радиointерферометрах независимого приема [1, 2, 3] для вычисления результата интерференции применяются коррелометры, построенные или на основе ЭВМ [1, 3] или аналогового типа [2]. В любом случае исследуемые сигналы предварительно записываются в пунктах приема на магнитную ленту, а затем обрабатываются в вычислительном центре.

В данной работе рассматривается интерференционный коррелометр, построенный на основе ЭВМ «Раздан-3». Исследуемые сигналы преобразуются в двоичный цифровой код и записываются массивами по $2^{10}-2^{11}$ бит на магнитную ленту типа ИМЛ-4-2. Преобразование аналогового сигнала в двоичный код происходит по следующему правилу: положительному значению сигнала соответствует единица, а отрицательному значению — нуль. При этом тактовая частота преобразования (квантования) f_T составляет 166,666 кГц, т. е. коррелометр позволяет исследовать сигналы, лежащие в полосе частот 0—83,333 кГц. Если генераторы тактовой частоты в обоих пунктах достаточно стабильны, то такая система записи и машинная обработка результатов автоматически снимает все трудности, связанные с компенсацией нестабильности скорости движения магнитоносителя, присущие системам, рассмотренным в [1, 2].

Система записи выполнена, в основном, на унифицированных элементах машинной логики ЭВМ «Раздан-3». Блок-схема ее представлена на рис. 1.

Исследуемый сигнал, поступивший с приемника, усиливается, ограничивается и преобразуется в двоичный код в схеме квантования 1, состоящей из двух импульсно-потенциальных схем «И.ПН». Импульсы квантования частоты f_T вырабатываются из синусоидального опорного сигнала частоты $f_{оп}=1$ МГц схемой формирования 6, состоящей из усилителя, ограничителя, делителя и импульсно-потенциальной схемы «И.ПН». Квантованный исследуемый сигнал подается в восьмиразрядный регистр сдвига 2, а затем в регистр записи 3, от-

куда поступает на 8 дорожек (каналов) записи НМ.Т. На двух остальных дорожках записываются синхросимпульсы с частотой повторения $f_{\text{сн}} = 20,833 \text{ кГц}$, которые вырабатываются схемами формирования 5 и 8. Для последующего контроля качества записи в начале каждой секунды в исследуемый сигнал подмешивается контрольный сигнал,

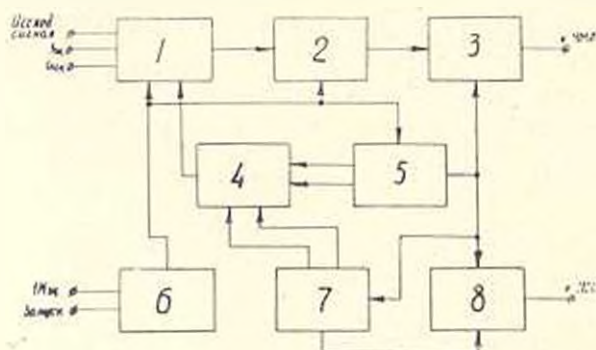


Рис. 1. Блок-схема системы записи: 1—схема квантования; 2—восьмиразрядный регистр сдвига; 3—регистр записи; 4—схема формирования контрольного сигнала; 5—схема формирования синхроимпульсов; 6—схема формирования импульсов квантования; 7—19-разрядный счетчик длины массива; 8—схема записи синхроимпульсов

массивами, необходимый для остановки и разгона НМ.Т, составляет 2^{11} бит ($\sim 0,1 \text{ сек}$). Управление длинами зоны и паузы осуществляется триггерным 19-разрядным счетчиком 7, который открывает и закрывает на соответствующие промежутки времени канал исследуемого сигнала и канал синхросимпульсов. Режим записи не соответствует принципу, принятому на ЭВМ „Раздан-3“, но значительно упрощает схему коррелометра.

В ЭВМ „Раздан-3“ для исправления ошибок в считанном с НМ.Т сигнале используется код Хэмминга [4]. При этом каждая седьмая строка в записи занята под контрольное число. Так как для вычисления функции корреляции слабых сигналов приходится обрабатывать большой объем информации, и результаты обработки носят статистический характер, то отдельными ошибками в считанном с НМ.Т сигнале можно пренебречь и отказаться, таким образом, от записи контрольного числа. В этом случае на каждую седьмую строку можно записывать информативный сигнал, что также значительно упрощает аппаратуру записи, но вызывает необходимость в некоторой доработке схемы управления накопителями на магнитных лентах [5].

В общем случае сигналы, подвергаемые корреляционной обработке, могут быть сдвинуты по частоте. Такой эффект наблюдается, например, за счет доплеровского смещения частот при разносении приеме сигналов от движущегося источника или при применении супергетеродинных приемников со смещенным относительно друг друга

состоящий из определенной последовательности нулей и единиц, которая вырабатывается схемой формирования 4 на трех потенциальных схемах „Н.П.“. Длительность контрольного сигнала составляет 1 мсек. Соответствующие управляющие напряжения частот 1 гц и 1 кГц поступают с электронных часов типа 46—37. Запись на НМ.Т производится массивами (зонами) по 2^{10} — 2^{11} бит ($\sim 3,2 \text{ сек}$). Обычно промежуток между

частотами гетеродинов. Поэтому в данной системе предусмотрена возможность выделения (с помощью Фурье анализа) результата интерференции и в том случае, когда корреляционная функция окажется перенесенной на разностную, заранее неизвестную, частоту $f_p = f_{r1} - f_{r2} \pm f_s$. Здесь f_{r1} и f_{r2} — частоты гетеродинов и f_s — частота доплеровского смещения.

Пусть $x_1(t)$ и $x_2(t)$ гауссовские стационарно-связанные процессы, функция взаимной корреляции $R_{x_1, x_2}(\tau)$ которых должна быть вычислена.

На выходе системы записи мы будем иметь отсчеты, взятые через равные промежутки времени $\Delta t = 1/f_s$.

$$y_{1i} = y_1(t_i) = \text{sign} [x_1(t_i)];$$

$$y_{2i} = y_2(t_i) = \text{sign} [x_2(t_i) \cos (2\pi f_p t_i)].$$

где $i = 1, 2, \dots, N$; $t_{i+1} - t_i = \Delta t$.

Если $f_p = 0$, то в качестве оценки $R_{x_1, x_2}(\tau)$ можно взять [6]:

$$R_{y_1, y_2}^N(\tau) = \sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{1i} y_{2i} \right). \quad (1)$$

Если различные отсчеты как $y_1(t_i)$, так и $y_2(t_i)$ слабо коррелированы, то можно с большой вероятностью считать, что $R_{y_1, y_2}^N(\tau)$ отличается от $R_{x_1, x_2}(\tau)$ не более, чем на $1/\sqrt{N}$ [7]. В общем случае, когда $f_p \neq 0$, можно получить функции взаимной корреляции процессов $z_1(t) = \text{sign} [x_1(t)]$ и $z_2(t) = \text{sign} [x_2(t)]$. Действительно,

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_{1i} y_{2, i+\tau} \text{sign} |\cos (2\pi f_p t_{i+\tau})| &= \sum_{i=1}^N \text{sign} [x_{1, i}] \text{sign} [x_{2, i+\tau}] = \\ &= N R_{z_1, z_2}^N(\tau). \end{aligned}$$

Легко видеть, что

$$R_{x_1, x_2}(\tau) = \sin \left[\frac{\pi}{2} R_{y_1, y_2}^N(\tau) \right]. \quad (2)$$

Для сокращения объема и времени вычислений можно провести предварительное усреднение произведения $y_{1i} y_{2, i+\tau}$ по группам из n отсчетов. При этом, если выполняется соотношение $n f_p \ll f_s$, то точность вычислений практически не уменьшается.

В рассматриваемом интерференционном коррелометре приближенно вычисляется величина $R_{y_1, y_2}^N(\tau)$. В виду того, что в реальных условиях точно не известны разностная частота f_p и временной аппаратный сдвиг сигналов $x_1(t)$ и $x_2(t)$, приходится вычислять величины $R_{y_1, y_2}(\tau)$ для различных значений f_p и τ в интервалах их неопределенностей. Для уменьшения числа обращений к внешним запоминающим устройствам (ИМ.1) $R_{y_1, y_2}(\tau)$ вычисляется для нескольких

значений τ одновременно. Так как это приводит к увеличению времени непрерывной работы ЭВМ и, соответственно, к уменьшению надежности конечных результатов, то программа поделена на две части, работающие независимо и последовательно. Первая часть программы осуществляет вычисление произведений $y_{1,i}, y_{2,i}$ для нескольких значений τ и производит предварительное усреднение по группам отсчетов заданной длины n . Результаты усреднения записываются на магнитную ленту и в дальнейшем используются в качестве информации для второй части программы. Объем этой информации существенно меньше первоначальной.

Во второй части программы вычисляется величина

$$\tilde{R}_{z_1, z_2}^N(\tau) = \frac{n}{N} \sum_{i=1}^{N/n} \langle (y_1 y_2)_e \rangle \cos(2\pi f_k l) \quad (3)$$

для $f_k = k/T$, где $k=0, 1, \dots, \left(\frac{N}{n} - 1\right)$, T — длительность записей сигналов, а символ $\langle \rangle$ означает усреднение.

Можно показать, что с большой точностью выполняется соотношение

$$R_{z_1, z_2}^N(\tau) \approx \tilde{R}_{z_1, z_2}^N(\tau) \quad (4)$$

или, учитывая (1),

$$R_{z_1, z_2}^N(\tau) = \sin \left[\frac{\pi}{2} \tilde{R}_{z_1, z_2}^N(\tau) \right]. \quad (5)$$

Для вычисления сумм вида (3) применен алгоритм быстрого преобразования Фурье [8].

Вследствие взаимной фазовой нестабильности гетеродинов нестационарность процессов $y_1(t)$ и $y_2(t)$ не является чисто гармонической, т. е.

$$\begin{aligned} y_1(t) &= \text{sign} |x_1(t)|; \\ y_2(t) &= \text{sign} |x_2(t) \cos [2\pi f_p t - z(t)]|, \end{aligned}$$

где $z(t)$ есть некоторая неизвестная функция. Поэтому, с увеличением времени усреднения чувствительность системы возрастает медленно, а в некоторых случаях (когда дисперсия фазы значительна) даже уменьшается. Таким образом, при малых отношениях сигнал/шум на входе системы (в этом случае и необходимо большое время усреднения) отношение сигнал/шум на выходе системы уменьшается по сравнению со случаем $\varphi = \text{const}$.

Для увеличения чувствительности в случае, когда $\varphi = \text{const}$, но $\frac{dz}{dt} \ll f_1$, применен метод временного разделения. По этому методу последовательность произведений отсчетов процессов $y_{1,i}$ и $y_{2,i}$ разбивается на две вспомогательные последовательности:

$$r_{1,q} = y_{1,2q-1} y_{2,2q-1};$$

$$r_{2,q} = y_{2,2q} y_{2,2q},$$

где $q = 1, 2, \dots, N/2$. По участкам отсчетов такой длины M , на которой еще можно считать $\varphi(t) = \text{const}$, производится вычисление величин:

$$C_{1,l} = \sum_{j=1}^M r_{1,l+j} \cos [2\pi f_k j + \varphi(j)];$$

$$C_{2,l} = \sum_{j=1}^M r_{2,l+j} \cos [2\pi f_k j + \varphi(j)],$$

где $l = M(L-1)$.

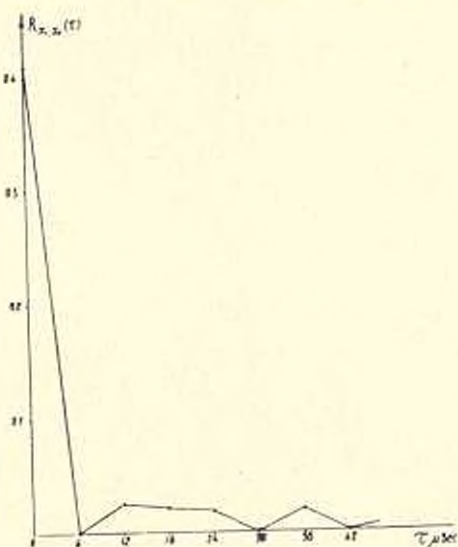
Затем производится вычисление суммы

$$\sum_{l=1}^{N/2M} \frac{2}{N} C_{1,l} C_{2,l}^* \quad (6)$$

Вычисленное среднее (6) при $f_k = f_p$ с большой точностью можно принять за оценку величины $R_{x,x}^2(\tau)$. Взаимные фазовые нестабильности гетеродинов компенсируются при образовании произведения $C_{1,l} C_{2,l}^*$. Чувствительность коррелометра при таком способе вычисления $R_{x,x}^2(\tau)$ меньше, чем для обычного усреднения в случае $\varphi = \text{const}$, но при достаточно больших флуктуациях $\varphi(t)$ этот способ становится выгодным.

Окончательные результаты вычислений выводятся в виде графика и десятичных чисел.

Рассмотренная система была собрана и проверена в ВЦ АН Арм. ССР. Результаты проверки показали удовлетворительное соответствие экспериментальных параметров коррелометра с теоретическими. На рис. 2 приведен график вычисленной функции корреляции для отношения сигнал/шум на входе, равного $\sim 0,66$ при времени усреднения коррелометра $T_{\text{ус}} = 3,03$ сек. На рис. 3 приведен график



функции $R_{x,x}^N(f_k)$, соответствующий максимуму функции корреляции для этого же сигнала.

Экспериментальная проверка показала, что рассмотренная систе-

Рис. 2. Экспериментальная зависимость $K_{x,x}$ от τ при отношении сигнал/шум на входе системы 0,66 и времени усреднения коррелометра 3,03 сек

ма позволяет достоверно обнаруживать и измерять корреляционную функцию сигнала, составляющего 1% от некоррелированных шумов при времени усреднения коррелометра порядка 10 сек. На рис. 4 приведен график $R_{z,z}(\tau)$ при $\tau=0$ для сигнала с двухпроцентной

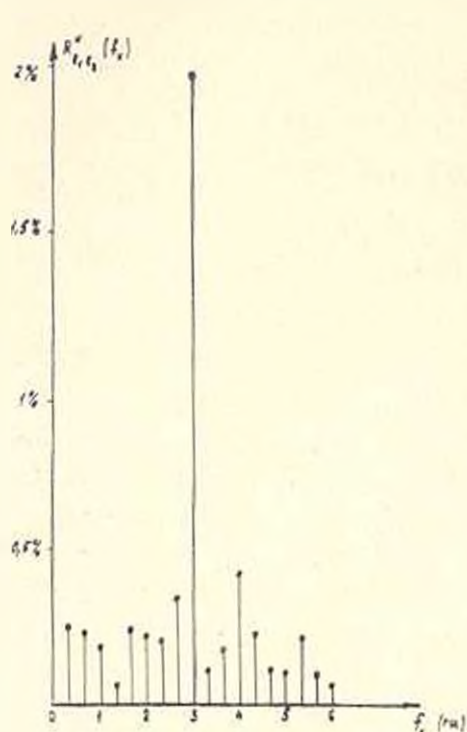


Рис. 3. Зависимость $R_{z,z}^N$ от f_k для максимального значения функции $R_{z,z}$

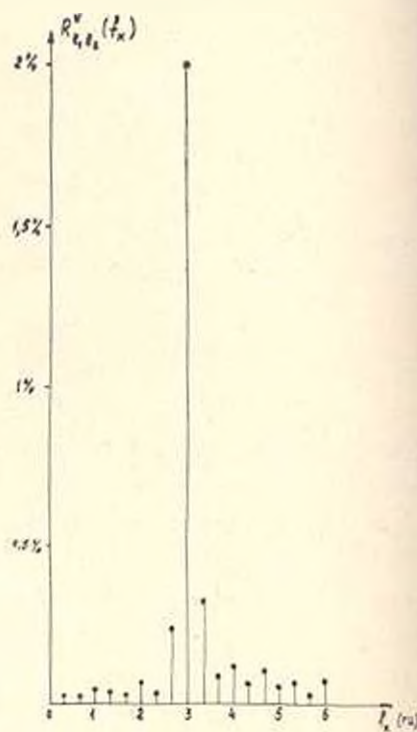


Рис. 4. Экспериментальная зависимость $R_{z,z}^N$ от f_k при отношении сигнал/шум на входе системы $\sim 0,02$ и времени усреднения коррелометра 10 сек

корреляцией. В обоих случаях была выбрана разностная частота $f_p = 3$ гц. Следует отметить, что данная система может найти применение не только в радиоастрономии, но и во многих других случаях — там, где необходим корреляционный и спектральный анализ процессов, представленных в виде электрических сигналов.

Горьковский научно-исследовательский радиофизический институт
Ордена Ленина Бюраканская астрофизическая обсерватория АН Арм ССР
Вычислительный центр АН Арм. ССР

Поступило 24.1.1972.

Վ. Ա. ԱՅԺՍԵՏԵՎ, Մ. Ա. ԱՆՏՈՆՅԱՆ, ՅՈՒ. Ա. ԱՆՏՈՆՅԱՆ, Գ. Ս. ԲԱՐՍԱՄՅԱՆ, Է. Գ. ԳՈՏԵԼ-
ՅՈՒՎ, Լ. Շ. ԿՂԻԱԶԱՐՅԱՆ, Ա. Ե. ԿՐՏՈՒԿՈՎ, Բ. Ն. ԼԻՊԱՏՈՎ, Ս. Մ. ՄԿՐՏՅԱՆ,
Վ. Ա. ՈՍՆԱՄՅԱՆ, Բ. Վ. ՇՁԵԿՈՏՈՎ

ԿՈՌԵԼՅԱՑԻՈՆ ԻՆՏԵՐՖԵՐԵՏՐ «ՀՐԱԶՐԵԱՆ—3» ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ
ՀԱՇՎԻԶ ՄԵԲԵՆԱՅԻ ԲԱԶՄԱՅԻ ՎՐԱ

Ա ռ Վ Ս Ս Վ

Հոդվածում քննարկվում են «Հրազդան—3» էլեկտրոնային հաշվիչ մեքե-
նայի քաղաչի վրա ինտերֆերենցիոն կոռելյումետրի ստեղծման հետ կապված
հարցերը: Տրվում է ալգորիթմ $R(\tau)$ կոռելյացիոն ֆունկցիայի և նրա սպեկտրի
որոշման համար: Բերվում են նաև կոռելյացիոն ֆունկցիայի հաշվման փորձ-
նական արդյունքները՝ սխառմի մուտքում ազդանշան/աղմուկ հարաբերու-
թյան և կոռելյումետրի ինտերպրման ժամանակի տարրեր արժեքների համար:

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковдин М., Джонси Л., Келлерман К., Кларк Б. УФН, 100, вып. 1, 1970.
2. Broten N. W., Zegg T. H., Zocke I. Z., Zeish C. W., Richards R. S., Chisholm R. M., Gash H. D., Yen I. Z., Gott I. A. Science, 156, 23, 1967, p. 1592.
3. Алексеев В. А., Антонец М. А., Ваткевич В. В., Гателюк Э. Л., Жигора Н. С., Кро-
тиков В. Л., Крюков А. Е., Троицкий В. С., Чикин А. П., Шлемзин В. А.,
Яковцов М. В., Фатеев Б. П. «Известия ВУЗ. Радиофизика», XIV, № 9, 1971.
4. Haming R. W. Bell Syst. Techn. J., 29, 1950, p. 147.
5. Универсальная цифровая вычислительная машина «Раздан-3». Техническое описание,
ч. 1, 1965.
6. Кендалл М. Дж., Стьюарт А. Теория распределений. Изд. «Наука», М., 1966.
7. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. Изд. «Мир», М.,
1971.
8. Pros. J. E. E. E., vol. 55, № 10, 1967.
9. Алексеев В. А., Антонец М. А., Гателюк Э. Л., Яковцов М. В. «Радиотехника и
электротехника», XVII, № 5, 1972.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Н. С. ЛИДОРЕНКО, С. П. ЧИЖИК, Я. Т. ШЕРМАЗАНЫАН, В. В. ШАХПАРОНЯН,
Т. В. ЕФИМОВСКАЯ, А. А. ЛАНИН, Л. А. ЛЮЩАРЕВА, С. П. ШУМАНОВА

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОЗРАЧНОЙ ДВУОКИСИ ЦИРКОНИЯ В
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКЕ*

Получение прозрачных материалов из чистых оксидов представляет определенный интерес, так как позволяет приблизить плотность поликристаллического материала к плотности монокристалла, значительно улучшив его специфические свойства.

Известно, что прозрачный материал на основе двуокиси циркония был получен спеканием тонкодисперсных порошков двуокиси циркония и окиси иттрия, смешанных в строго определенных соотношениях. Порошки оксидов осаждают при гидролизе предварительно синтезированных алкоколятов циркония и иттрия [1]. Гидролиз алкоколятов протекает медленно; необходимо присутствие бензола, требуется интенсивное перемешивание. Полученные порошки промываются, высушиваются в течение 24 часов, измельчаются в среде инертного газа до полного разрушения агрегатов и прокаливаются при 1130 К. Из полученной смеси прессуют образцы, которые обжигают при 1720 К в течение 16 часов. Таким образом, известный способ получения прозрачной двуокиси циркония сложен и трудоемок.

Нами, в Армянском отделении ВНИИТ в г. Ереване, проводились экспериментальные исследования возможности получения прозрачного материала из стабилизированной двуокиси циркония путем плавления ее в высокотемпературной солнечной установке непосредственного слежения с полутораметровым зеркальным параболоидным концентратором (рис. 1). Схема установки приведена на рис. 2.

Установка оборудована: автоматической системой слежения за солнцем; автоматической системой регулирования мощности концентрированной лучистой энергии типа «внутренний цилиндр» (1); приводом вращения (2) контейнера (3) с плавным регулированием числа оборотов электродвигателем постоянного тока от 0 до 2000 об/мин; контактным устройством (4) для многоточечного измерения температуры в теле образца термопарой (5); быстродействующим отсекателем лучистого потока (6). Выводы вольфрам-ренийных термопар, а также

* Способ изготовления керамического материала. Авторское свидетельство № 320466.

датчика (7) интенсивности прямой солнечной радиации подсоединены посредством токоъемника к многоточечному самопишущему потенциометру ЭПП-09 (8).

В качестве исходного материала использовался порошок двуокиси циркония (марки «Ч», содержащей 98,8% основного вещества), предварительно стабилизированной различными окислами SiO_2 , I_2O_5 , Se_2O_3 . Дисперсность порошка варьировалась в широких пределах: использовались порошки с размерами частиц от 3 до 300 мк.



Рис 1. Высокотемпературная солнечная установка с концентратором диаметром 1,5 м

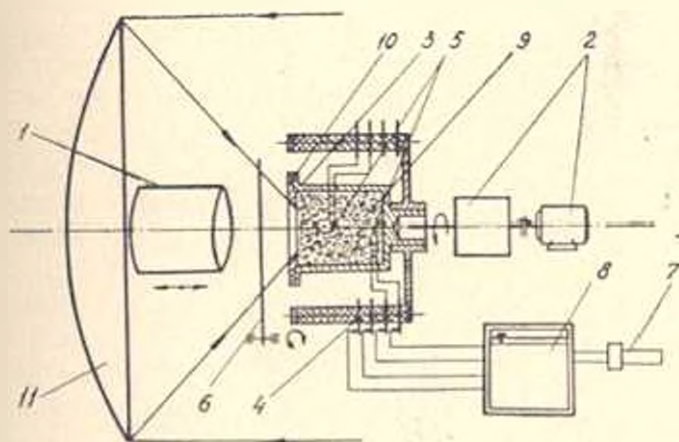


Рис 2. Схема солнечной установки для исследования процесса плавления

Порошки прессовались в цилиндре диаметром 30 мм и высотой 35 мм при удельном давлении $450 \pm 1000 \text{ кг/см}^2$. Объемный вес заготовок составлял $2,8 \pm 3,3 \text{ г/см}^3$.

Образец (9) помещался в металлический контейнер, прижимался металлической крышкой (10) с центральным отверстием диаметром 17 мм. В образец перпендикулярно оси на определенную глубину вводились специально изготовленные миниатюрные термодары, выводы которых присоединялись к токосъемнику. Приемник лучистой энергии и сборе закреплялся на валу привода вращения, выставлялся в фокальную зону концентратора (11) торцом по фокальной плоскости и приводился во вращение со скоростью 1000 об/мин. После фокусировки установки на солнце, регулятором лучистого потока и отсекателем осуществлялась быстрая подача лучистой энергии на образец и выдержка требуемого уровня нагрева. При этом на самопишущем многоточечном потенциометре ЭПП-09 велась одновременная запись

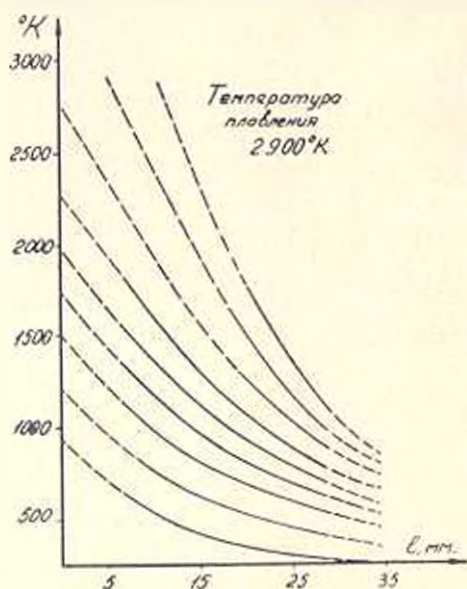


Рис. 3. Зависимость распределения температуры вдоль оси образца при разных уровнях нагрева торца (сплошными линиями показаны границы измеренных температур, пунктиром — проведенная экстраполяция с учетом температуры плавления и глубины образующейся полости)

термо-э. д. с. датчиков температуры и уровня прямой солнечной радиации. На рис. 3 приведено распределение температуры по оси образца при разных уровнях нагрева торца.

Для процесса плавления двуокиси циркония характерно следующее: плавление материала возможно при минимальном значении солнечной радиации 450 Вт/м^2 ; плавление, при среднем уровне радиации 850 Вт/м^2 , наступает по истечении $4-5 \text{ сек}$ с начала подачи лучистого потока, средний диаметр образовавшейся полости равен 7 мм. Образование полости глубиной 10–15 мм происходит за 5–10 мин.

Режим плавления был принят следующим: нагрев приблизительно в течение трех часов, выдержка и охлаждение в течение 4–6 часов. В зоне плавления образуется цилиндрический канал (полость), стенки которого представляют собой монолитный, плавленый, беспористый, прозрачный материал толщиной до 3 мм, с постепенным переходом через спекшуюся зону к исходному материалу, не претерпевшему изменений в процессе плавки. Граница между этими зонами зигзагообразная.

Беспористый прозрачный материал был получен из всех порошков, независимо от вида стабилизатора. Дисперсность исходного порошка

также не оказывала существенного влияния на формирование прозрачного материала.

Микроскопическими исследованиями в проходящем и отраженном свете установлено, что плавленная часть образца состоит из крупных кристаллов кубической двуокиси циркония размером до 1—2 мк. Кристаллы имеют чаще неправильную, реже идиоморфную форму, и настолько плотно срастаются друг с другом, что граница между двумя зернами является одновременно составной частью как одного, так и другого кристалла. Отсутствует внутрикристаллическая пористость. Следует подчеркнуть, что описанный характер межкристаллических границ свидетельствует также об отсутствии примесей (вытесняемых обычно, при кристаллизации зерен во время спекания на их границу).

Другой особенностью структуры этого материала является отсутствие в кристаллах (при рассмотрении их в проходящем свете и скрещенных николях) поляризующих примесей, натяжений, реликтовых границ исходных зерен, которые всегда встречаются при получении материала по обычной керамической технологии. Описанные особенности свидетельствуют об относительно совершенной кристаллической решетке.

Таким образом, проведенными исследованиями показано, что с применением солнечной высокотемпературной установки относительно просто может быть получен прозрачный, беспористый материал на основе двуокиси циркония, стабилизированной различными окислами. Структура этого материала более совершенна, чем полученного методом спекания. Кроме того, характер микроструктуры свидетельствует о том, что в процессе термической обработки на солнечной установке имеет место очистка от примесей за счет их улетучивания. Плотность полученного материала близка к теоретической.

Дисперсность исходных материалов может колебаться в широких пределах, не оказывая влияния на процесс получения прозрачной двуокиси циркония.

Всесоюзный ордена Трудового Красного
Знамени научно-исследовательский проектно-
конструкторский и технологический ин-
ститут источников тока (ВНИИИТ)

Поступило 21. III. 1972.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mazdiyashi K. S., Lynch C. T., Smith L. S., Journ. Amer. Ceram. Soc., 1967, 10, p. 532—537.

Ե. Գ. ԼՊՊՈՐՆԻՈՒ, Ս. Պ. ՉԻԺԻՆ, ՅԱ. Տ. ՇԵՐՄԱԶՈՆԱՆ, Վ. Վ. ՇԱՀՊԱՐՈՆՅԱՆ,
Տ. Վ. ԵՅԻՄԵՈՎՍԿԱՅԱ, Ա. Ս. ԼԱՆԻՆ, Լ. Ս. ԻՅՈՒՅԱՐՅՈՎԱ, Ս. Պ. ՇՈՒՄԻՆՈՎԱ

**ՑԻՐԿՈՆԻՈՒՄԻ ԲԱՓԱՆՑԻՆ ԿՐԿՈՔՈՒԿԻ ՍՏԱՑՈՒՄԸ ԲԱՐՁՐԱՋՆՐԻԱՍՏԻՃԱ-
ՆԱՅԻՆ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԿԱՅԱՆՔՈՒՄ**

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողվածում նկարագրված է անմիջական հետևման 1,5-մետրանոց հայն-
լափոր հալաքիչով բարձրաջերմաստիճանային արևային կայանքում ցիր-
կոնիումի կայունացված երկրորդի հիման վրա թափանցիկ նյութ ստանալու
համար կատարված հետազոտությունների արդյունքները: Ստացված նյութի
կառուցվածքը ավելի կատարյալ է՝ քան թրծման մեթոդով ստացվածինը և
խառնուրդներից մաքրում է տեղի անկեում:

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Т. В. ПИНАДЖИАН

О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ДРЕВЕСИНЫ
ГРАБА, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В АРМЯНСКОЙ ССР*

Грабовые древостои по площади распространения занимают третье место в лесах Армянской ССР, после буковых и дубовых. Запасы грабовых насаждений в республике превышают 1 млн. м³. Однако надо отметить, что физико-механические свойства этой ценной древесины, широко применяемой в народном хозяйстве, изучены сравнительно мало. Структура и прочностные характеристики граба Кавказского были изучены в 1952 г. Л. М. Перельгиным [1] на семи модельных деревьях, заготовленных в Кафанском леспрохозе, а также В. А. Новрузовой [2] в 1965 г. на шести модельных деревьях, заготовленных в Ленкоранском лесном массиве Азербайджанской ССР. Укажем, что в [1] приводятся данные только по одному типу леса в возрасте 165—180 лет, а в [2] — по влажному типу леса в возрасте 60—75 лет. В развитии этих исследований автором статьи изучались био-экологические и физико-механические свойства на 27 модельных деревьях свежего, влажного и сухого типов леса в возрасте от 40 до 120 лет. В данной статье приводятся часть результатов исследований автора, относящиеся только к физико-механическим свойствам граба.

Материалом для исследований являлась древесина граба (*Carpinus caucasica*), заготовленная осенью 1970 г. в Кохбском лесничестве Ноемберянского леспрохоза Армянской ССР. Модельные деревья были отобраны на трех пробных площадях с различным типом леса. Участок, где был отобран свежий тип леса, находился на высоте 1300 м над уровнем моря. Ориентация склона СВ с крутизной 15—25°; древостой двухъярусный II бонитета. Состав: 6 бук, 4 граб; полнота 0,5; подрост: бук, граб; подлесок: бересклет, ежевика; напочвенный покров — овсяница средней густоты; почва суглинистая свежая, средней мощности. Высота девяти модельных деревьев от 21 до 28 м; диаметр ствола на высоте 1,3 м от шейки корня в зависимости от возраста деревьев от 22 до 40 см.

Влажный тип леса был отобран на площади, находящейся на высоте 1340 м над уровнем моря. Ориентация склона С с крутизной 16—20°; древостой двухъярусный II бонитета; состав: 8 бук, 2 граб; полнота 0,5; подросток: бук, граб; подлесок: бересклет, ежевика; напочвенный покров разнотравный, преимущественно овсяница средней густоты; почва суглинистая, средней мощности. Высота модельных деревьев от 20 до

* Научный руководитель Н. А. Хуршудян.

25 м. Диаметр ствола на высоте 1,3 м от шейки корня, в зависимости от возраста деревьев, 34—50 см.

Сухой тип леса был отобран на площади, находящейся на высоте 1350 м над уровнем моря. Ориентация склона В с крутизной 20—25°. Древостой двухъярусный III бонитета: состав: 6 граб, 3 бук, 1 дуб; полнота 0,6; подросток: граб, бук; подлеска нет; напочвенный покров разнотравный, редкий; почва лесная, суглинистая, сухая, маломощная. Высота девяти модельных деревьев от 19 до 24 м; диаметр ствола на высоте 1,3 м от шейки корня в зависимости от возраста деревьев от 24 до 42 см. Физико-механические свойства древесины граба определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 11483-65—ГОСТ 11499-65. Механические испытания производились на 1 т и 10 т прецизионных универсальных прессах Шоннера. Динамометры прессов настраивались так, чтобы цена деления нагрузки была менее 1% максимального усилия, передаваемого на образец. Деформации измерялись индикаторами часового типа с точностью 10 микронов. Результаты экспериментального изучения прочности и упругих характеристик древесины граба представлены в табл. 1.

Плотность (объемная масса) древесины, определенная на 76 образцах при 15% влажности, оказалась равной:

—для свежего и влажного типа леса

$$\rho_{15} = 0,770 \pm 0,068 \text{ г/см}^3;$$

—для сухого типа леса

$$\rho_{15} = 0,738 \pm 0,081 \text{ г/см}^3.$$

Ширина годовых слоев определялась на препаратах, изготовленных из различных участков модельных деревьев [3]. Ширина годовых слоев, как правило, уменьшается по направлению от сердцевины к периферии сечения ствола. Число годичных слоев в 1 см изменялось в пределах от 3 до 9. По результатам экспериментальных исследований в табл. 2 приведена зависимость между возрастом и прочностью древесины граба.

При сопоставлении физико-механических характеристик граба некоторых районов их произрастания (табл. 3) можно отметить, что показатели сопротивления древесины граба Кафанского района близки к показателям граба свежего и влажного типа леса Ноемберянского района. Изученная нами древесина имеет лучшие показатели по плотности и пределу прочности на сжатие. Результаты экспериментальных исследований показывают, что древесина граба Кавказского, произрастающего на территории Армянской ССР, обладает лучшими прочностными показателями по сравнению с другими изученными разновидностями граба нашей страны. При возрасте деревьев более 60 лет рост прочности древесины при статическом изгибе, растяжении и сжатии практически прекращается. Древесина влажного и свежего типа леса обладает сравнительно лучшими физико-механическими свойствами, чем древесина сухого типа леса. Пределы прочности древесины граба, одного и того же типа леса, при статическом изгибе в радиальном и

Таблица 1

Физико-механические показатели древесины граба Кавказского, произрастающего в Ари ССР при влажности 15% (числитель — сухой и влажный тип леса; знаменатель — сухой тип леса)

Показатели древесины		Количество образцов n	Среднее арифметическое значение $Kf/см^2$ М	Среднее квадратическое отклонение $Kf/см^2$ М	Средние ошибки $Kf/см^2$ $\pm m = \frac{Kf}{\sqrt{n}}$	Вариационный коэффициент $\frac{100 \cdot \sigma}{M}$ %	Показатели точности % $\frac{100m}{M}$
Предел прочности $Kf/см^2$	при растяжении	55	1240	202	27	16	2.2
		42	1160	260	40	22	3.4
	при сжатии	65	691	110	14	16	2.0
		41	670	138	22	19	3.2
	при статическом изгибе в тангентальном направлении	51	1210	178	25	16	2.1
		30	1120	230	35	21	3.2
	то же в радиальном направлении	49	1120	205	30	18	2.6
		29	1080	230	43	21	4.0
	при скалывании в тангентальном направлении	15	173	16.5	4.3	10	2.4
		10	173	18.4	5.8	11	3.7
	то же в радиальном направлении	51	143	13.2	1.8	9.2	1.3
		20	135	14.7	3.2	11	2.4
Статическая твердость $Kf/см^2$	тангентальная	104	790	129	13	16	1.6
		35	752	158	27	17	2.0
	радиальная	108	770	133	13	17	1.7
		41	705	145	23	17	2.7
	торцовая	114	950	143	13	15	1.4
		44	715	168	26	16	2.4
Модуль упругости при статическом изгибе $Kf/см^2$	в тангентальном направлении	34	$121 \cdot 10^3$	$21 \cdot 10^3$	$3.6 \cdot 10^3$	19	3
		14	$117 \cdot 10^3$	$35 \cdot 10^3$	$9.4 \cdot 10^3$	30	8
	в радиальном направлении	28	$123 \cdot 10^3$	$25 \cdot 10^3$	$4.7 \cdot 10^3$	20	3.8
		16	$111 \cdot 10^3$	$29 \cdot 10^3$	$7.3 \cdot 10^3$	26	6.6

тангентальном направлении получаются практически одинаковыми. Аналогичное явление наблюдается и по модулю упругости при статическом изгибе. Прочностные показатели граба в направлении от коры к

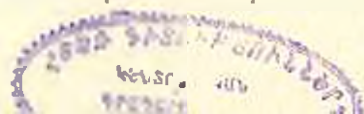


Таблица 2

Зависимость между возрастом модельных деревьев и прочностью древесины граба Кавказского*

Возраст модельных деревьев, лет	Прочность древесины в кг/см ² при					
	растжении		сжатии		статическом изгибе	
	свежего и влажного типа леса	сухого типа леса	свежего и влажного типа леса	сухого типа леса	свежего и влажного типа леса	сухого типа леса
40—60	$\frac{1190}{10}$	$\frac{1010}{14}$	$\frac{658}{17}$	$\frac{630}{14}$	$\frac{1240}{16}$	$\frac{955}{17}$
68—90	$\frac{1240}{22}$	$\frac{1230}{13}$	$\frac{675}{20}$	$\frac{680}{12}$	$\frac{1260}{47}$	$\frac{1160}{28}$
102—120	$\frac{1220}{23}$	$\frac{1090}{15}$	$\frac{705}{28}$	$\frac{640}{15}$	$\frac{1210}{37}$	$\frac{960}{16}$
160—190*	$\frac{1350}{77}$	—	—	$\frac{577}{88}$	$\frac{1140}{129}$	—

* По опытным данным [1]

** Числитель—прочность древесины, знаменатель—количество определений

Таблица 3

Физико-механические показатели древесины граба разных районов произрастания при 15 % влажности

Район произрастания граба (источник)	Вид граба	Предел прочности в кг/см ² при		Твердость кг/см ²			Плотность, г/см ³
		сжатии	растжении	торцовая	радиальная	тангенциальная	
Ноябрьянский район Армянской ССР (АИСМ)	Кавказский (свежий и влажный тип леса)	691	1240	950	770	790	0,77
Кафанский район Армянской ССР [1]	то же (сухой тип леса)	670	1160	715	705	752	0,74
Ленкоранский район Азербайджанской ССР	Кавказский (свежий тип леса)	577	1350	905	805	850	0,78
Украинская ССР [4]	Кавказский	510	—	—	—	—	0,8
	Обыкновенный	503	—	—	767	—	0,8

средневинные несколько повышаются, а число годовых слоев в сечении ствола в том же направлении уменьшается. Автор выражает благодарность Г. А. Арзуманяну за ценные советы по проведению испытаний.

Տ. Վ. ՓԻՆԱՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ-ՈՒՄ ԱՆՈՎ ԲՈՆՈՒ ՓԱՅՏԱՆՅՈՒԹԻ ՖԻԶԻԿԱ-ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ.

Հոդվածում բերվում են Հայկական ՍՍՀ-ի տերիտորիայում աճող Կոփ-կառյան բոխու (*Carpinus Caucasica*) փայտանյութի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրության արդյունքները: Ի տարբերություն փայկատարված այլ հետազոտությունների, ուսումնասիրված է ծառատեսակի տիպի և տարրի ազդեցությունը փայտանյութի ձգման, սեղմման, ծռման, սահքի ամրության, ինչպես նաև առաձգականության մոդուլի վրա ստատիկ ծռման ժամանակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Перелыгин Л. М. Физико-механические свойства древесины граба с территории Кавказа. Сборник «Древесина малознаваемых пород» Гослесбумиздат М., 1952.
2. Наврузова Э. А. Строение и свойства древесины главнейших лесных пород Азербайджана. Изд. АН Аз. ССР, Баку, 1965.
3. Яценко-Хмельовский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины. Изд. АН СССР, М., 1954.
4. Середю Н. С. Рациональное использование граба. Изд. «Лесная промышленность», М., 1965.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Э. С. СААКЯН

К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРИВЕДЕННОГО
 МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МЕХАНИЗМОВ

1. При динамическом исследовании механизмов в уравнение движения звена приведения входит функциональная зависимость $J_n = J_n(\varphi)$, где φ — угол поворота звена приведения, которая рассчитывается графо-аналитическим, реже аналогическим методами. Для определения $J_n(\varphi)$ необходимы либо чертежи всех звеньев механизма, либо полная разборка механизма для определения масс и моментов инерции звеньев. Кроме того, в случае пространственных механизмов очень усложняется техника расчета. Большими преимуществами, в этом отношении, обладают экспериментальные методы определения зависимости $J_n(\varphi)$. В литературе имеются описания нескольких способов экспериментального определения J_n . Известны несложные способы определения усредненных значений $(J_n)_{ср}$ [1, 2], использующие наблюдения за выбегом механизма. В этих же работах приводится более точный, но довольно трудоемкий и сложный способ определения зависимости $J_n(\varphi)$. С этой целью проводится одновременное измерение крутящего момента и угловой скорости при разбеге механизма до установившегося режима движения. В работе [3] рассматривается метод определения приведенного момента инерции сельскохозяйственных машин. Для этой цели используется массивный маховик, который после сообщения ему определенной кинетической энергии, отсоединяется от электродвигателя и подключается к исследуемой машине. При этом снимаются торсиограммы отметчика времени, отметчика числа оборотов маховика и главного пера торсиографа. Кропотливая обработка полученных данных графическими методами, как показали наши исследования, все же не могут гарантировать высокую точность при расчете зависимости $J_n(\varphi)$. Оригинальный метод определения $J_n(\varphi)$ предложен в работе [4], где исследуемый механизм дополняется пружинным маятником и рассматривается полученная колебательная система с одной степенью свободы. Вычисляя частоту собственных колебаний этой системы для разных относительных положений звена приведения и маятника, имеется возможность по формуле, полученной автором, определить зависимость $J_n(\varphi)$. Недостатком этого метода является то, что он применим к механизмам с совершенными

кинематическими парами, т. е. с кинематическими парами, в которых минимальны зазоры и силы трения, возникающие в процессе колебания.

1. Предлагаемый нами метод определения $J_n(\varphi)$ лишен вышеуказанных недостатков. Высокая точность, достигаемая при этом даже для очень несовершенных механизмов, в сочетании с простотой экспериментальной установки и несложной обработкой полученных данных, выгодно отличают его от существующих.

Суть метода основывается на применении известной идеи определения моментов инерции тел с помощью падающего груза.

Рассмотрим звено приведения I произвольного механизма (рис. 1), на которое насажен шкив 2. Через шкив, посредством гибкой нерастяжимой нити 3, перекинут груз 4, приводящий звено приведения в движение. Уравнение движения груза запишется в виде:

$$m \ddot{y} = mg - S,$$

но $y = r\varphi$, поэтому

$$mr\ddot{\varphi} = mg - S$$

или

$$mr\omega \frac{d\omega}{d\varphi} = mg - S, \quad (1)$$

где m — масса груза; ω — угловая скорость звена приведения; S — натяжение в нити; r — радиус шкива.

Для звена приведения механизма имеем:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{d\varphi} (J_n \omega^2) = Sr - M_t \pm M_n, \quad (2)$$

где M_t — приведенный момент трения в кинематических парах механизма; M_n — приведенный момент сил весов звеньев механизма.

Подставив значение S из (1) в (2), получим

$$\frac{1}{2} \frac{d}{d\varphi} (J_n \omega^2 + mr^2 \omega^2) = mgr - M_t \pm M_n.$$

откуда

$$(J_n + mr^2) \omega^2 = 2mgr\varphi - 2 \int (M_t \pm M_n) d\varphi. \quad (3)$$

Для исключения неизвестной величины $2 \int (M_t \pm M_n) d\varphi$ поступим следующим образом. Механизм приводим в движение сначала грузом m_1 , а затем грузом m_2 . При втором разгоне изменяем радиус

шкива r_1 на r_2 с тем, чтобы выполнялось условие $m_1 r_1 = m_2 r_2$. Из (3) получим для этих случаев уравнения:

$$\left. \begin{aligned} (J_n + m_1 r_1^2) \omega_1^2 &= 2m_1 g r_1 \varphi - 2 \int_0^\varphi (M_r + M_n) d\varphi, \\ (J_n + m_2 r_2^2) \omega_2^2 &= 2m_2 g r_2 \varphi - 2 \int_0^\varphi (M_1 + M_n) d\varphi. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

На основании (4) получим*

$$(J_n + m_1 r_1^2) \omega_1^2 = (J_n + m_2 r_2^2) \omega_2^2,$$

откуда

$$J_n = \frac{m_2 r_2^2 \omega_2^2 - m_1 r_1^2 \omega_1^2}{\omega_1^2 - \omega_2^2},$$

с учетом же соотношения $m_1 r_1 = m_2 r_2$

$$J_n = \frac{m_1 r_1 (r_2 \omega_2^2 - r_1 \omega_1^2)}{\omega_1^2 - \omega_2^2}. \quad (5)$$

Здесь ω_1 и ω_2 —значения угловых скоростей при одних и тех же углах поворота φ , но разных величинах грузов m_1 и m_2 , разгоняющих звено приведения механизма.

3. Как видно из (5), точность определения величин J_n зависит от точности определения угловых скоростей ω_1 и ω_2 . Причем, структура выражения (5) такова, что малейшая неточность при определении ω_1 и ω_2 приводит к значительным погрешностям искомой величины J_n . По этой причине обычные экспериментальные методы определения угловых скоростей: определение с помощью датчика углов поворота зависимостей $\varphi = \varphi_1(t)$ и $\varphi = \varphi_2(t)$ с последующим графическим дифференцированием их, а так же непосредственное определение зависимостей $\omega = \omega_1(t)$ и $\omega = \omega_2(t)$ с помощью генераторных датчиков, оказываются неприемлемыми из-за ограниченной точности.

Для этой цели нами был использован датчик следующей конструкции (рис. 2). На алюминиевом диске 1, посаженном на звено приведения, с высокой точностью, через каждые 15° выполнены прорезы 2, заполненные электроизоляционным материалом. Угловая протяженность прорезы равна 1° . Фиксируя на фотоленте осциллографа МПО-2 (с помощью контактного прерывателя 3 и отметчика времени 6 с частотой 5000 Гц) время поворота диска 1 на угловую протяженность прорезы 2, после соответствующей обработки осциллограммы получаем средние угловые скорости $(\omega_{cp})_1, (\omega_{cp})_2, \dots, (\omega_{cp})_{24}$ прохождения изо-

* Незначительным изменением величины M_1 при разгоне первым и вторым грузами пренебрегаем.

лированных прорезей диска относительно неподвижного контакта 3.

$$(m_{\text{ср}})_i = \frac{0,0174}{00002n_i} \frac{8\tau}{n_i}, \quad (6)$$

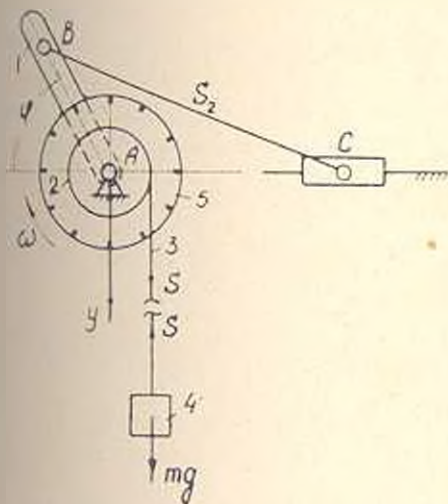


Рис. 1 Кинематическая схема механизма с устройством для разгона

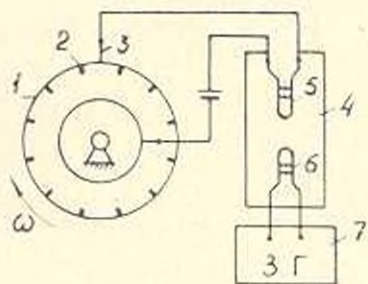


Рис. 2 Электрическая схема включения датчика углов поворота звена привода и отметчика времени (7—звуковой генератор)

где n_i —число штрихов отметчика на осциллограмме (рис. 3) при прохождении i -ой прорези. Учитывая, что время прохождения i -ой прорези составляет величину порядка $0,0002 \text{ сек}$ и менее при общем времени первого оборота, равном приблизительно $0,3 \text{ сек}$, можно с

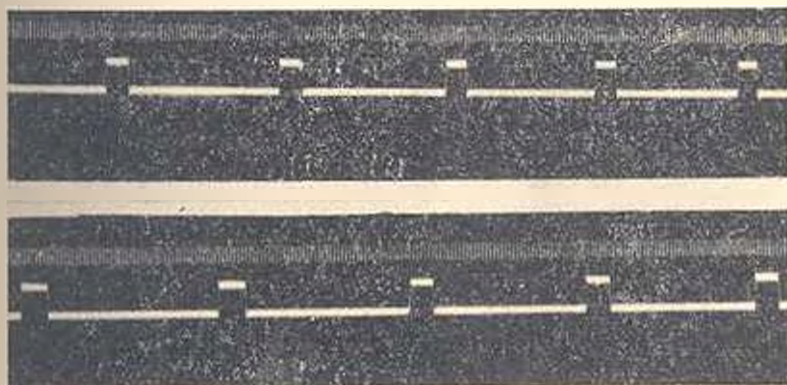


Рис. 3. Фрагменты осциллограмм углов поворота звена привода при разном первом и втором грузах

незначительной погрешностью принять $(\omega_{\text{ср}})_i = \omega_i$, где ω_i —действительная угловая скорость звена привода при прохождении i -ой прорези. Таким образом, в процессе обработки осциллограмм, полученных

при разгоне механизма одним и другим грузами, получаем парные значения ω_1 и ω_2 , подставив которые в (5), определяем величины $(J_n)_1$, $(J_n)_2, \dots, (J_n)_{12}$. В табл. 1 приведены значения J_n для кривошипно-ползунного механизма (рис. 1), определенные с использованием плановых скоростей $(J_n)_1$ и экспериментальным путем $(J_n)_э$ (параметры кривошипно-ползунного механизма: $l_{AB} = 30$ мм; $l_{BC} = 140$ мм; $l_{CD} = 63$ мм; $J_A = 143$ г. мм. сек²; $J_B = 130$ г. мм. сек²; $m_{BC} = 0,092$ г. мм⁻¹. сек²; $m_{полз} = 0,144$ г. мм⁻¹. сек²). Там же приведен процент расхождения этих величин:

$$\delta = \frac{(J_n)_1 - (J_n)_э}{(J_n)_1} \cdot 100 \%,$$

Таблица 1

φ , $(J_n)_1$ $(J_n)_э$ $\delta, \%$	180	210	240	270	330	360	0	30	60	90	120	150
	204	258	342	355	293	230	205	230	293	355	342	258
	215	222	301	307	250	212	180	187	266	318	310	225
	10	14	12	14	15	8	12	19	9	10	9	13

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

Поступило 20.III.1972

Է. Ս. ՍԱՅԱԿԻՆ

ՄԵԿԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՌԵՐԴԱՆ ԻՆԵՐՑԻԱՅԻ ԽՈՐՀԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա. Վ. Փ Ո Փ Ո Ւ Տ

Հոդվածում քննարկվում է մեխանիզմի բերված իններցիայի մոմենտի և բերման օղակի պատման անկյուն միջև եղած կախումը փորձարարական եղանակով որոշելու հնարավորությունը: Առաջարկված մեթոդի հիմքում ընկած է մեխանիզմը երկու բևեռով թափառեցնելու դադարաբաշխ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриевский А. А. Экспериментальное определение текущего значения приведенного момента инерции машин. Труды ВЗМН, № 1, 1954.
2. Раевский Н. П. Датчики механических параметров машин. МП СССР, 1959.
3. Гурбин Б. И. Экспериментальное определение приведенных моментов сельскохозяйственных машин. Сборник трудов по сельскохозяйственной механике. Том 2. Сельхозгиз, 1954.
4. Овсикьян Л. Г. Экспериментальное определение приведенного момента инерции механизмов. Сборник научных трудов ВЗМН. Выпуск IX, 1969.

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

К. А. ГУЛГАДАРЯН, Ю. Н. БАРОЯН

ПРИЕМНИК СВЕТА С ВЫСОКОДОБРОТНЫМ РЕЗОНАТОРОМ

Известно, что самым чувствительным приемником света является фотоумножитель (ФЭУ). Для приема модулированного света, частоты модуляции которого находятся вне полосы пропускания ФЭУ (выше нескольких десятков МГц), фототок модулируется колебаниями местного генератора. При этом в спектре фототока появляется составляющая с частотой, равной разности между частотами модуляции света и местного генератора. Частота последнего выбирается так, чтобы сигнал разностной частоты находился в полосе пропускания умножительной системы ФЭУ и усиливался.

Для эффективной модуляции фототока, ФЭУ помещается в специальный резонатор, после которого, проникая через полупрозрачный фотокатод, модулирует фототок (рис. 1) [1]

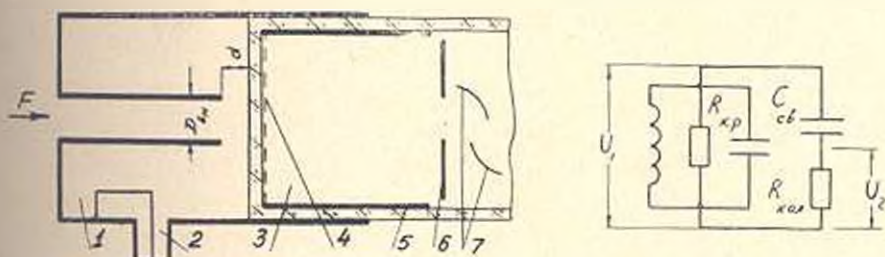


Рис. 1. ФЭУ с резонатором и его эквивалентная схема. 1—резонатор; 2—линия для ввода энергии в резонатор; 3—ФЭУ; 4—полупрозрачный фотокатод; 5—катодный цилиндр (манжет); 6—диафрагма; 7—умножительная система; F—световой поток

Однако, при введении ФЭУ в резонатор добротность последнего значительно уменьшается из-за активного сопротивления полупрозрачного фотокатода. Сохранение высокой добротности резонатора является важной задачей. В данной статье рассматриваются методы повышения добротности резонатора с ФЭУ и некоторые практические применения таких устройств.

Основной фактор, уменьшающий добротность. Основным фактором, уменьшающим добротность резонатора, является сопротивление фотокатода. На рис. 2 сопротивление между *a* и *b* является нагрузкой генератора, при сочетании ФЭУ с резонатором оно является нагрузкой резонатора, что уменьшает добротность последнего. Согласно [2] при $C_{12} \rightarrow 0$ проводимость между *a* и *b* определяется выражением

$$Y_{ab} = \pi D_{111} \left| \sqrt{\frac{\omega C_{11}}{2R}} (1 + j) \right|$$

откуда

$$Z_{ab} = \frac{1}{Y_{ab}} = \frac{1}{\pi D_{in}} \sqrt{\frac{R}{2\omega C_{01}}} (1 - j), \quad (1)$$

где C_{01} — емкость между электродами 1 и 2, приходящая на единичную площадь; R — сопротивление между противоположными сторонами квадратного элемента фотокатода; Z_{ab} — сопротивления между a и b .

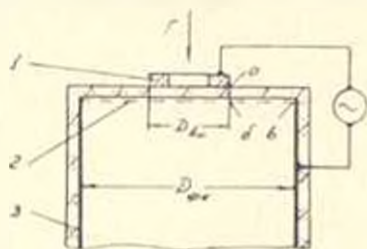


Рис. 2 ФЭУ с внешним электродом: 1 — внешний кольцевой электрод; 2 — полупрозрачный фотокатод; 3 — цилиндрический корпус; F — световой поток

Сопротивление между b и a это — сопротивление кольцеобразного участка фотокатода с внешним диаметром кольца $D_{фн}$ и внутренним $D_{ин}$, определяемое из соотношения [1]

$$R_{кв.1} = \frac{R_L}{2\pi} \ln \frac{D_{фн}}{D_{ин}}. \quad (2)$$

Сопротивления $R_{кв.1}$ и Z_{ab} включены последовательно, поэтому полное

выходное сопротивление будет:

$$Z_{out} = \frac{1}{\pi D_{ин}} \sqrt{\frac{R}{2\omega C_{01}}} + \frac{R}{2\pi} \ln \frac{D_{фн}}{D_{ин}} + \frac{1}{\pi D_{ин}} \sqrt{\frac{R}{2\omega C_{01}}}. \quad (3)$$

Величины C_{01} и R экспериментально определены следующим образом. Измеряя Z_{ab} при разных частотах, составляя и решая систему уравнений, аналогичную (3), определяли C_{01} и R . Для ФЭУ-51 среднее значение C_{01} составляло 5 пф/см^2 , а R — 80 ком . Из (3) с учетом средних значений C_{01} и R следует, что на частотах более нескольких десятков МГц Z_{ab} активное и равно $R_{кв.1}$. Из этого можно сделать практический вывод: при сочетании ФЭУ с резонатором, последний нагружается активным сопротивлением $R_{кв.1}$. Для наглядности приведем пример, показывающий порядок $R_{кв.1}$. Фотомножитель ФЭУ-51 с диаметром фотокатода $D_{фн} = 25 \text{ мм}$, диаметром внешнего электрода $D_{ин} = 12,5 \text{ мм}$, $C_{01} = 5 \text{ пф/см}^2$ и $R = 80 \text{ ком}$ имеет $R_{кв.1} = 8,8 \text{ ком}$. Если резонансное сопротивление резонатора значительно больше $R_{кв.1}$, то при введении ФЭУ в резонатор (рис. 1) нагруженное сопротивление резонатора будет примерно равно $R_{кв.1}$, что означает значительное уменьшение добротности резонатора. Тогда, при мощности генератора, питающего резонатор, равной 1 вт , напряжение в резонаторе $U_{r, \text{рез}} = \sqrt{PR_{кв.1}} = \sqrt{1 \cdot 8,8 \cdot 10^3} = 94 \text{ в}$, что соответствует экспериментальным измерениям. Этим напряжением и модулируется фототок.

Повышение нагруженной добротности резонатора с ФЭУ. Для повышения нагруженной добротности резонатора с ФЭУ необходимо уменьшить связь между ними. Уменьшение связи с резонатором в

устройстве, изображенном на рис. 1, осуществляется увеличением расстояния между внутренним стержнем резонатора и фотокатодом. Эквивалентная схема устройства представлена на рис. 1. Резонансное сопротивление $R_{\text{кр}}$ через емкость связи $C_{\text{св}}$ соединено с выходным сопротивлением фотокатода $R_{\text{кат}}$. Изменением расстояния d меняется $C_{\text{св}}$ и тем самым коэффициент трансформации $K = U_2/U_1$, где U_2 — падение напряжения на фотокатоде, т. е. напряжение, которое модулирует фототок, U_1 — максимальное напряжение в резонаторе. На рис. 3 ФЭУ находится в металлической трубке 6, а внешний электрод 5 с

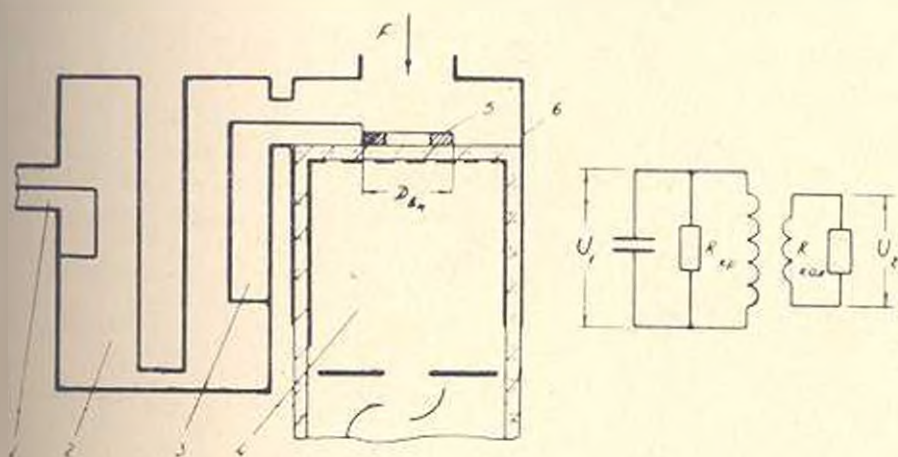


Рис. 3 ФЭУ с резонатором, когда ФЭУ находится вне резонатора, и его эквивалентная схема. 1 — линия для ввода энергии; 2 — резонатор; 3 — петля связи; 4 — ФЭУ; 5 — внешний электрод; 6 — металлическая трубка; F — оптический поток

резонатором 2 соединен петлей связи 3. Величина связи регулируется поворотом плоскости петли связи относительно магнитного поля резонатора. При этом меняется коэффициент трансформации. Отметим, что здесь возможны и другие виды связи: емкостная и кондуктивная.

Для устройств, приведенных на рис. 1 и рис. 3, напряжения U_1 и U_2 можно определить следующим образом. Сопротивление $R_{\text{кат}}$ приведенное в цепь с напряжением U_1 ($R_{\text{кр}} - \frac{R_{\text{кат}}}{K^2}$) параллельно включается с резонансным сопротивлением резонатора $R_{\text{кр}}$. Тогда эквивалентное сопротивление будет:

$$R_{\text{э}} = \frac{R_{\text{кр}} \frac{R_{\text{кат}}}{K^2}}{R_{\text{кр}} + \frac{R_{\text{кат}}}{K^2}} \quad (4)$$

Чем больше $R_{\text{кат}}$, тем больше нагруженная добротность резонатора. Напряжение в резонаторе

$$U_1 = \sqrt{PR_2} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{PR_{\text{кв}} R_{\text{кэл}}}{R_{\text{кп}} R_{\text{кэл}} K^2}} \quad (5)$$

уменьшается с увеличением K (где P — мощность, которая вводится в резонатор).

Моделирующее напряжение

$$U_2 = K U_1 = \sqrt{\frac{PR_{\text{кв}} R_{\text{кэл}}}{R_{\text{кп}} R_{\text{кэл}} K^2}} \quad (6)$$

увеличивается с увеличением K . Графики зависимости U_1 и U_2 от K (при $R_{\text{фк}} = 10 \text{ ком}$; $R_{\text{кп}} = 400 \text{ ком}$; $P = 1 \text{ вт}$), построенные по (5) и

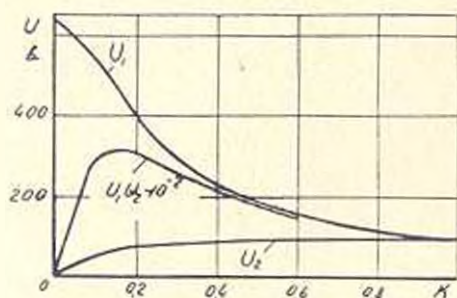


Рис. 4. График зависимости модулирующих напряжений от коэффициента трансформации

(6), показаны на рис. 4. Там же показана зависимость $U_1 U_2$ от K . Эта функция имеет максимум при оптимальном коэффициенте трансформации

$$K_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{R_{\text{кэл}}}{R_{\text{кп}}}} \quad (7)$$

В обоих устройствах (рис. 1 и рис. 3) можно получить необходимые добротности и $U_1 U_2$.

Выбор той или иной конструкции зависит от конкретных конструктивных условий. Во многих практических задачах предпочтение следует отдать конструкции по рис. 3. Основные преимущества этой конструкции следующие: малые габариты; возможность использования резонаторов любых типов, и том числе полосковых и резонаторов, выпускаемых промышленностью; простота настройки и перестройки резонатора.

Перестраиваемый приемник света. Идея расположения ФЭУ в металлической трубке вне резонатора (рис. 3) позволила создать малогабаритный приемник света простой конструкции, который перестраивается в весьма широком диапазоне частот. Здесь можно использовать все известные перестраиваемые резонаторы. Для примера на рис. 5 показана схема устройства, позволяющего осуществить прием света, модулированного в диапазоне от 150 МГц до 1000 МГц. Мощность местного генератора $\sim 1 \text{ вт}$. Напряжение с резонатора 1 посредством штыря связи 5 подается на внешний электрод 7 фотоумножителя 9. Широкий диапазон механической перестройки резонатора при его небольших габаритах обусловлен формой подложного электрода 3, перемещение которого меняет емкость квазистационарного резонатора в широком диапазоне.

Оптический фазовый дальномер. Известно, что дальномеры, работающие по фазовому принципу, обеспечивают наибольшую точность измерения расстояния. Принцип действия оптических фазовых дальномеров заключается в измерении разности фаз между излучаемым и отраженным от цели модулированными потоками. Ошибка изме-

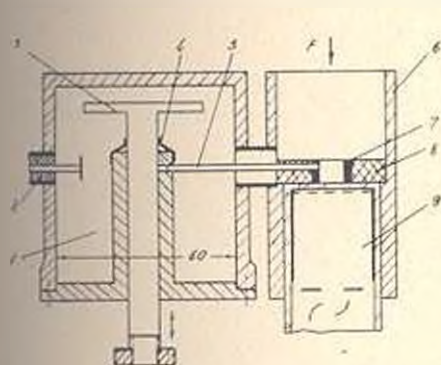


Рис. 5. Широкодиапазонный приемник света для частоты модуляции света от 150 до 1000 МГц: 1—резонатор; 2—линза для ввода энергии в резонатор; 3—подвижный кристалл; 4—контакты; 5—штырь связи; 6—металлическая трубка; 7—внешний кольцевой электрод; 8—диэлектрик; 9—ФЭУ; F —оптический поток

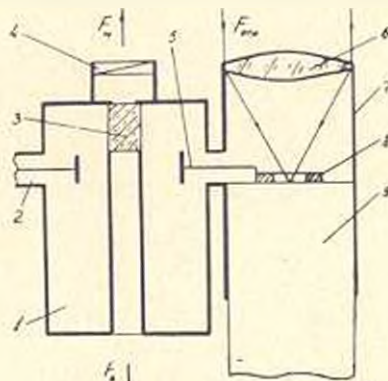


Рис. 6. Оптический фазовый дальномер: 1—резонатор; 2—линза для ввода энергии; 3—модулирующий кристалл; 4—анализатор; 5—элемент связи; 6—линза; 7—металлическая трубка; 8—внешний электрод; 9—ФЭУ; F_0 —немодулированный свет от лазера; F_m —модулированный свет; $F_{отр}$ —отраженный от цели свет

рения расстояния ΔD , обусловленная ошибкой измерения разности фаз $\Delta \varphi$, определяется [3] как

$$\Delta D = \frac{c}{f} \cdot \frac{\Delta \varphi}{4\pi},$$

где c —скорость света; f —частота модуляции света. Чем выше частота модуляции, тем меньше ошибка измерения расстояния. Например, при $f=1000$ МГц и $\Delta \varphi=1$ дальность можно определить с ошибкой 0,1 м. Отсутствие сверхвысокочастотных ФЭУ ограничивает создание точных дальномеров простой конструкции. Вышерассмотренные устройства позволяют решить эту задачу.

На рис. 6 показана схема дальмера, принцип действия которого заключается в следующем. Свет F_0 от лазера модулируется полем резонатора 1 при помощи кристалла 3 и анализатора 4. Модулированный по амплитуде свет F_m направляется на цель, отражаясь от цели, собирается линзой 6 и направляется на фотокатод фотоумножителя 9.

На фотокатод падает амплитудно-модулированный свет

$$F_{отр} = F_0 + F_m \cos \omega t, \quad (8)$$

где F_0 —постоянная составляющая света; F_m —амплитуда переменной составляющей, $F_{отр}$ вызывает от катода модулированный фототок

$$i = I_0 - I_m \cos \omega t. \quad (9)$$

Далее фототок i модулируется полем резонатора с внешним электродом 8. Для простоты предположим, что фототок модулируется по синусоидальному закону с коэффициентом модуляции

$$K_m = 1 + m \cos (\omega t + z), \quad (10)$$

где m —глубина модуляции фототока; z —угол, учитывающий изменение фазы поля резонатора за время прохождения света до цели и обратно.

При модуляции фототока выражение (9) примет вид:

$$i_1 = iK_m = I_0 + I_m \cos \omega t + mI_0 \cos (\omega t + z) + \frac{I_m m}{2} \cos z + \frac{I_m m}{2} \cos (2\omega t + z). \quad (11)$$

На выходе ФЭУ выделяется постоянная составляющая

$$U_{\text{вых}} = \left(I_0 + \frac{I_m m}{2} \cos z \right) MR_{\lambda}, \quad (12)$$

где R_{λ} —анодное сопротивление; M —коэффициент усиления ФЭУ.

При перемещении устройства в направлении цели (изменение z) $U_{\text{вых}}$ периодически уменьшается до минимального значения. Поэтому, зная какое-либо начало отсчета, можно по величине перемещения устройства определить дальность. Неоднозначность измерения исключается известными способами. Для повышения точности измерения устройство может быть снабжено различными фазокоммутирующими устройствами.

Питание внешнего электрода напряжением, полученным из резонатора, обусловлено тем, что при изменении температуры или других факторов, приводящих к расстройке резонатора, фазы напряжения внешнего электрода и модулированного света меняются на одинаковую величину и не вносят ошибку в измерения. Нахождение ФЭУ вне резонатора и уменьшение связи, как уже отмечалось, позволяет получить весьма большие значения добротности и тем самым большие напряжения на кристалле, что, в свою очередь, увеличивает глубину модуляции света и I_m . Но, при уменьшении связи уменьшается напряжение на внешнем электроде, что приводит к уменьшению глубины модуляции фототока m .

Существует оптимальная величина связи, при которой как на внешнем электроде, так и на кристалле получаются напряжения, достаточные для глубокой модуляции света и фототока. Из (12) следует, что полезная составляющая выходного сигнала достигает максимума при максимуме произведения $I_m m$. При принятом допущении (10) максимум $I_m m$ имеет место при максимальном значении $U_1 U_2$ (рис. 4). Таким

образом, в данном устройстве необходимо выполнить условие оптимального коэффициента связи (7).

Ереванский политехнический
институт им. К. Маркса

Поступило 9. IV. 1971.

Գ. Ա. ԳՈՐԴԱՅԱՆՅԱՆ, ՅՈՒ. Ն. ՇԱՐՅԱՆ:

ԸՆԴՈՒՆՈՒՄ ԲԱՐՁՐ ԼԱՎՈՐԱԿՈՒԹՅԱՆ ՈՇԶՈՆԱՏՈՐՈՎ

Ա լ թ ի թ ռ ի մ

Դիտարկվում են մեթոդներ, որոնք հնարավորություն են տալիս բարձրացնել ֆոտոռադիալատիկա-տեղեկատվության առաքելի բեռնավորված լավորակությունը՝ համարված է սխառմաբեռն համարված դիմադրության ինտենսիվացումը՝ հանդիսանալով լավորակության բարձրացումը և մեծ ճշտության լուսաճեռայությունը՝ ստանալով առաքելի կիրառական սրինակներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Գալազյան Կ. Ա. Высокочастотная модуляция фототока ФЭУ, «Приборы и техника эксперимента», № 5, 1970.
2. Գալազյան Կ. Ա. Новый способ управления электронным потоком в фотоэлектронных приборах, «Радиотехника», № 10, 1970.
3. Методы Г. П. ... Радиотехнические средства измерения летательных аппаратов. М., 1962.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Э. Л. ОГАНЕСЯН

МЕТОД КВАЗИЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАРМОНИЧЕСКИХ
СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИ РАСЧЕТЕ ЦЕПЕЙ СО СТАЛЬЮ

Для нахождения периодических решений нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих электрические цепи, широко используется метод гармонического баланса, а также эквивалентный ему, в смысле получаемого решения, метод Галеркина [1]. Менее распространен метод коллокаций. Решение уравнений ищется в форме тригонометрического полинома. При увеличении числа членов полинома вычисления по методу гармонического баланса, Галеркина и коллокаций становятся слишком громоздкими. Существенным недостатком этих методов является необходимость предварительного произвольного выбора числа членов полинома и связанная с этой необходимостью возможность возникновения недопустимо большой ошибки или, наоборот, излишних сложных вычислений. Следует учесть, что при получении недопустимо больших ошибок весь расчет необходимо повторить для большего числа гармоник.

С целью избежать выполнения излишних вычислений, а также формализовать и упростить расчет сложной электрической цепи со сталью, в настоящей статье предлагается метод расчета по квазилинейным комплексным уравнениям баланса напряжений отдельных гармоник. Метод использует принцип гармонического баланса для предварительного определения э. д. с. и падений напряжения гармоник. При этом обеспечивается возможность учета взаимного влияния друг на друга стольких гармоник, сколько будет необходимо для достижения требуемой точности.

Изложим метод квазилинейных уравнений гармонических составляющих на примере простой цепи из нелинейной индуктивности и постоянного активного сопротивления. Впоследствии мы распространим метод и на более сложные цепи. Пусть уравнение цепи имеет вид:

$$\frac{d\psi}{dt} + R \cdot i(t) = E_0 + E_m \sin \omega t. \quad (1)$$

Так как генератором высших гармоник в данном случае является нелинейная индуктивность, то выражения для э. д. с. высших гармоник

следует искать в $\frac{d\psi}{dt}$. Нелинейная индуктивность в соответствии с периодическим током в цепи $i(t)$ есть также некоторая функция времени $L[i(t)]$. Поэтому выражение (1) можно записать в виде:

$$L[i(t)] \frac{di(t)}{dt} + i(t) \frac{dL[i(t)]}{dt} + Ri(t) = E_s + E_m \sin \omega t. \quad (2)$$

В (2) падение напряжения на линейной индуктивности представлено двумя членами:

$$\frac{d\psi}{dt} = L[i(t)] \frac{di(t)}{dt} + i(t) \frac{dL[i(t)]}{dt} = U_L - e_n, \quad (3)$$

первое слагаемое которого зависит от скорости изменения тока и формально может быть сопоставлено с падением на нелинейной индуктивности $L_{\text{нн}}(i) \frac{di(t)}{dt}$. Это слагаемое можно принять за падение напряжения на некоторой расчетной нелинейной индуктивности с $L_{\text{нн}}(i) = L[i(t)]$. Второе слагаемое зависит от скорости изменения параметра L и с обратным знаком может рассматриваться как некоторая параметрическая э. д. с., представляющая собой сумму э. д. с. высших гармоник и поправок к э. д. с. гармоник.

Подобное разделение $\frac{d\psi}{dt}$ на падение напряжений и э. д. с. преобразования не произвольное. Э. д. с. необходимо рассматривать как причину, а падение напряжения — как следствие токов. В данном случае это условие удовлетворяется, и при равенстве нулю э. д. с. преобразования $e_n = -i(t) \frac{dL[i(t)]}{dt} = 0$ отсутствуют также и токи высших гармоник, так как при этом условии $L[i(t)] = \text{const.}$

Поправкой к э. д. с. гармоник мы называем некоторую расчетную часть э. д. с. данной гармоники, идущую на образование токов высших гармоник.

Для определения выражений для э. д. с. и падений напряжений выразим аналитически зависимость $\psi(i)$. Согласно теореме Вейерштрасса [2], $\psi(i)$ можно аппроксимировать степенным полиномом некоторого порядка. Так как $\psi(i)$ — нечетная функция, то получим, что

$$\psi(i) = \sum_{p=0}^{\infty} a_p i^{2p+1}. \quad (4)$$

При этом индуктивность как функция тока будет равна

$$L(i) = \frac{\psi(i)}{i} = \sum_{p=0}^{\infty} a_p i^{2p}. \quad (5)$$

Обычно для большинства случаев расчета цепей со сталью можно ограничиться n равным 2 или 3.

Разлагая ток $i(t)$ на гармонические составляющие и учитывая, что произведения гармоник дают новые гармоники с частотами, равными алгебраической сумме частот гармоник, входящих в произведение, выделим k -ую гармонику из получаемого множества гармоник изменения индуктивности. Будем иметь:

$$\begin{aligned}
 I_{m, k} \sin(k\omega t + \psi_k) = & a_1 \sum_{x_1 \in N_1} \sum_{x_2 \in N_2} \frac{1}{2} I_{m, x_1} I_{m, x_2} \cos(k\omega t + \varphi_{x_1} + \varphi_{x_2}) + \\
 & + a_2 \sum_{x_1 \in N_1} \sum_{x_2 \in N_2} \sum_{x_3 \in N_3} \sum_{x_4 \in N_4} \left(\frac{1}{2}\right)^2 I_{m, x_1} I_{m, x_2} I_{m, x_3} I_{m, x_4} \cos(k\omega t + \varphi_{x_1} + \varphi_{x_2} + \varphi_{x_3} + \\
 & + \varphi_{x_4}) + \dots + a_n \sum_{x_1 \in N_{2n}} \sum_{x_2 \in N_{2n}} \dots \sum_{x_{2n} \in N_{2n}} \left(\frac{1}{2}\right)^{2n-1} I_{m, x_1} I_{m, x_2} \dots I_{m, x_{2n}} \times \\
 & \times \cos(k\omega t + \varphi_{x_1} + \varphi_{x_2} + \dots + \varphi_{x_{2n}}).
 \end{aligned} \quad (6)$$

Для удобства записи оперируем косинусоидальными токами, поэтому фазы будут

$$\varphi_i = \frac{\pi}{2} - \varphi_{x_i}, \quad (7)$$

где φ_i фаза синусоидального тока. Здесь N_{xp} есть множество $\{(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{2p}) / x_i = \pm 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm k, \sum_{i=1}^{2p} x_i = k\}$. Рассматривая постоянную составляющую как нулевую гармонику, все операции расчета распространяем и на нее. Отсюда и ± 0 . Величина индекса тока x_i есть номер гармоники, знак индекса—знак суммирования угла гармоники. Поэтому должно иметь место равенство

$$\varphi_{-x_i} = -\varphi_{x_i}. \quad (8)$$

Учитывая причинно-последовательную связь в образовании высших гармоник, т. е. последовательность «э. д. с.—ток—падение напряжения», нетрудно заметить, что постоянная э. д. с. и э. д. с. основной гармоники заданы источником и являются причиной возникновения тока нулевой и первой гармоник, и что каждая последующая гармоника э. д. с. и тока может быть образована только гармониками тока и изменением индуктивности более низкого порядка. По той же причине k -ая гармоника индуктивности не может быть образована токами более высоких гармоник. Отсюда и ограничение $|x_i| \leq k$.

Исходя из принципа причинно-последовательной связи, выражения собственно э. д. с. гармоники получим в виде

$$e_k = -\frac{1}{2} \sum_{q=1}^{k-1} I_{m, q} (k-q) \omega I_{m, k-q} \sin(k\omega t + \varphi_q + \varphi_{k-q}), \quad (9)$$

а поправку к э. д. с. k -ой гармоники, являющейся функцией всех гармоник тока, в виде

$$\Delta e_k = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^{\infty} |I_{m,q}(k+q)\omega L_{m,k+q} \sin(k\omega t - \varphi_q + \varphi_{k+q}) - \\ - I_{m,k+q} q \omega L_{m,q} \sin(k\omega t - \varphi_q + \varphi_{k+q})|. \quad (10)$$

Разложив $i(t)$ на гармонические и выразив $L[i(t)]$ в виде функции от гармоник тока, из выражения $U_L = \sum_{k=1}^{\infty} U_{L,k} \sin(k\omega t + \varphi_k) = L[i(t)] \frac{di(t)}{dt}$ получим k -ую гармонику падения напряжения на индуктивности $L[i(t)]$ в виде

$$U_{L,k} \sin(k\omega t + \varphi_k) = a_k k \omega I_{m,k} \cos(k\omega t + \varphi_k) + \\ + a_p \sum_{x_1 \in N_1} \sum_{x_2 \in N_2} \sum_{x_3 \in N_3} \left(\frac{1}{2}\right)^3 |x_3| \omega I_{m,x_1} I_{m,x_2} I_{m,x_3} \cos(k\omega t + \varphi_{x_1} + \varphi_{x_2} + \varphi_{x_3}) + \dots + \\ + a_p \sum_{x_1 \in N_{2p+1}} \sum_{x_2 \in N_{2p+1}} \dots \sum_{x_{2p+1} \in N_{2p+1}} \left(\frac{1}{2}\right)^{2p} |x_{2p+1}| \omega I_{m,x_1} I_{m,x_2} \dots I_{m,x_{2p+1}} \times \\ \times \cos(k\omega t + \varphi_{x_1} + \varphi_{x_2} + \dots + \varphi_{x_{2p+1}}) + \dots \quad (11)$$

Здесь N_{2p+1} есть множество $\{|x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_{2p+1}|\}$ ($x_j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$; $\sum_{j=1}^{2p+1} x_j = k$). В отличие от множества N_{2p} , определяющего гармоники тока для нахождения гармоник изменения индуктивности, множество N_{2p+1} не ограничивается значениями $|x_j| \leq k$, так как падение напряжения рассматривается как следствие всех гармоник тока на индуктивности $L[i(t)]$. Заметим, что падение напряжения k -ой гармоники [1, 3] может быть представлено также и в виде

$$U_{L,k} = X_k I_k = k \omega L_k I_k, \quad (12)$$

откуда при необходимости можно определить значения приведенной линеаризованной индуктивности по k -ой гармонике.

Расчет гармоник тока и цепи выполняется итерациями с разделением на два этапа: на приближенную итерацию — без учета влияния гармоник выше k -ой, следовательно, и без учета Δe_k ; на точную итерацию — с учетом влияния гармоник выше k -ой, следовательно, с учетом и Δe_k .

Уравнение баланса напряжения k -ой гармоники в рассматриваемой цепи

$$\dot{U}_{L,k} + RI_k = \dot{E}_k + \Delta \dot{E}_k, \quad (13)$$

где в первом приближении пренебрегаются $\Delta \dot{E}_k$ и гармоники тока выше k -ой при определении $\dot{E}_k$ и $\dot{U}_{L,k}$. Уравнения сложной электрической цепи со сталью для k -ой гармоники в матричной форме имеют вид:

$$[Z_{pq,k}] [I_{q,k}] = [\dot{E}_{p,k} + \Delta \dot{E}_{p,k}]. \quad (14)$$

Необходимо однако иметь в виду, что взаимные, или смежные, нелинейные индуктивности являются функциями общего тока через эту индук-

гивность. При этом для удобства расчета магнитносвязанные цепи следует магнитно «развязывать».

Потери в стали P_c обычно выражаются как некоторая функция от амплитуды магнитной индукции и ее частоты. Для k -ой гармоники потери будут функциями от $B_{m,k}$ и kf . Где индукция по k -ой гармоники

$$B_{m,k} = \frac{E_{m,k} - \Delta E_{m,k}}{k\omega S} \approx \frac{E_{m,k}}{k\omega S}, \quad (\omega = 2\pi f). \quad (15)$$

Здесь ω — число витков обмотки индуктивности, S — сечение магнитопровода. Схема замещения составляется с учетом сопротивления потерь в стали. Величина сопротивления потерь в стали по k -ой гармонике определяется как

$$R_{c,k} = \frac{E_k^2}{P_{c,k}(B_{m,k}, kf)}. \quad (16)$$

Точности каждой рассчитываемой гармоники будет зависеть от точности аналитического выражения нелинейной характеристики $L(i)$ и числа учитываемых гармоник n_1 , которое необходимо брать несколько больше числа рассчитываемых гармоник n_2 . При достижении необходимой точности общего решения, когда величиной последующих гармоник можно пренебречь, вычисления прекращаются. При этом необходимо различать точности общего решения и точности расчета отдельных гармоник от точности итераций, т. е. степени совпадения $I_k^{(n)}$ и $I_k^{(n+1)}$.

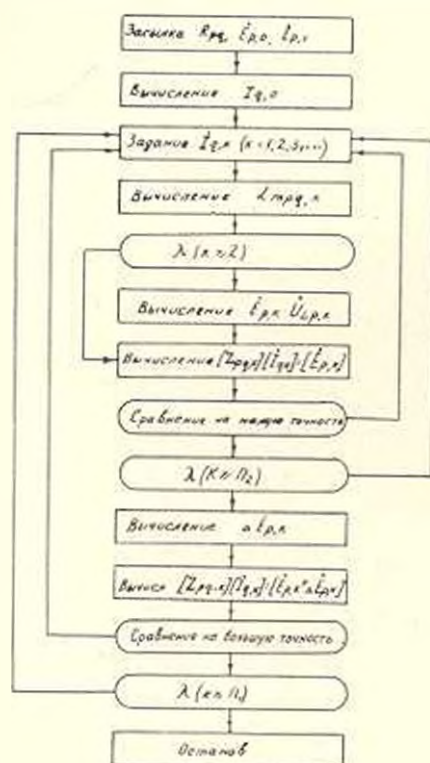


Рис. 1

Рассмотренный алгоритм расчета гармонических составляющих тока легко программируется и систему команд для выполнения их на цифровой вычислительной машине. Блок-схема программы расчета цепи со сталью приведена на рис. 1. Получаемая система квазилинейных уравнений контурных токов, идентичная для всех гармоник данной цепи, наглядна и позволяет избежать операций по составлению и упорядочению нелинейных дифференциальных уравнений баланса напряжений и токов. Запись уравнений

сложной электрической цепи со сталью и виде квазилинейных комплексных уравнений гармонических составляющих позволяет формальное применение методов линейной электротехники, а также использование в качестве основных подпрограмм расчета цепи со сталью на ЦВМ программ расчета линейных цепей [4].

Очевидно, существует связь между точностью расчета и объемом вычислений, однако анализ этой связи и поиски возможной оптимизации вычислений выходят за рамки рассматриваемой здесь задачи.

Метод был опробован аналитически на простой цепи из нелинейной условной индуктивности с зависимостью $\psi(i) = ai^2$. Результаты решения были сравнены с результатами, полученными по методу гармонического баланса и известного графического метода [3, 5]. Имеется определенное сходство в результатах предлагаемого метода и гармонического баланса. Некоторое отличие заключалось в том, что при методе гармонического баланса получаемые в процессе счета гармоники порядком выше, чем порядок искомого тригонометрического полинома, пренебрегались, тогда как в предлагаемом методе эти гармоники могли быть использованы для некоторого уточнения получаемого решения. Сравнение с графическим методом показало, что сумма гармоник, полученных предлагаемым методом, дает кривую тока $i(t)$ более близкую к графически полученной, чем сумма гармоник, полученных из графической кривой $i(t)$ методом трех (или пяти) координат [5].

Выводы

1. Предлагаемый метод представляет собой развитие принципа гармонического баланса для расчета сложных электрических цепей со сталью по квазилинейным (рекуррентным) уравнениям гармонических составляющих.

2. Метод позволяет формализовать расчет сложных электрических цепей со сталью и избежать излишних вычислений, возможных при применении метода гармонического баланса.

3. Метод дает возможность получать решения с любой заданной точностью, не ограничиваясь ни степенью аппроксимирующего полинома, ни точностью и числом рассчитываемых гармоник. Одновременно позволяет учитывать и потери в стали.

4. Расчет цепи со сталью при применении изложенного метода сводится к решению квазилинейных комплексных уравнений контурных токов или узловых напряжений.

Է. Լ. ՀԱՎԱՅԱՌԱՅՈՒՆ

ՀԱՐԲԱՆԻԿ ԲԱՆԱԳՐՈՋՆԵՐԻ ՁԵՎՈՎ ԿԵՂՆ ԳԾԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ
ԽԵԹԻՒՄՈՎ ՊՈՂՊԱՏ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ՇՂԹԱՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՀԱՄԱՐ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Առաջարկվում է հաշվարկի մեթոդ, որն իրենից ներկայացնում է հարմոնիկ բաղանախ սկզբունքի զարգացումը ոչ-գծային ինդուկտիվությունների պարունակող բարդ էլեկտրական շղթաների հաշվարկի կատարելու համար՝ ըստ առանձին հարմոնիկաների լարման բաղանախ ձևով դծային կոմպլեկսային հավասարումներով: Մեթոդը թույլ է տալիս ֆորմալիզացնել և պարզեցնել հավասարումների կազմելը և լուծելը և հարմոնիկ բաղադրիչների լուծման համար օգտագործել դծային էլեկտրատեխնիկայի մեթոդները, որինակ՝ կոնտուրային հոսանքների մեթոդը: Ոչ-գծային մագնիսական բնութագրերը մոտարկվում են ցանկացած կարգի աստիճան ունեցող բազմանդամով: Մեթոդը հաշվի է առնում հոսանքի հարմոնիկաների փոխադրեցությունը մեկը մյուսի վրա: Հնարավոր է թվային հաշվիչ մեքենաների անմիջական օգտագործումը հաշվարկի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бессонов Л. А. Нелинейные электрические цепи, «Высшая школа», 1964.
2. Ахмезер Н. Н. Лекции по теории аппроксимаций, Изд. «Наука», 1965.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники, «Высшая школа», 1967.
4. Адыш Г. Т. Многополюсник, Изд. АН Арм. ССР, 1965.
5. Атабеков Г. И., Тимощев А. Б., Хухриков С. С. Теоретические основы электротехники, т. 2, «Энергия», 1970.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Б. К. ДЕМИДОВИЧ, Н. Э. ОВАНЕСОВА

ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ СТРУКТУРЫ ПЕНОСТЕКЛА В
ПОЛИДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

Любое пенообразование протекает при наличии в системе двух фаз: жидкой и газообразной. В зависимости от свойств материалов, представляющих обе фазы, пенообразование может протекать по-разному. Способ порошковой технологии производства пеностекла предусматривает сначала превращение посредством нагрева порошковой смеси в жидкость (расплав) и последующее образование в нем газообразной фазы. Причем, выделение газообразных продуктов должно начинаться ранее, чем наступит полное расплавление частичек стекла.

Структура пенообразующей смеси, находящейся в пиропластическом состоянии представляет собой гетерогенную систему, в которой одновременно присутствуют все фазы: твердая — пенообразователь, жидкая — стекломасса и газообразная — мелкие пузырьки воздуха, механически введенного при помоле смеси. Последние играют также роль пенообразователя. Таким образом, в отличие от плотных систем, в рассматриваемой смеси схема зародышеобразования элементарных пузырьков несколько иная. Прежде всего она отличается тем, что ко времени начала разложения пенообразователя в ней содержится множество воздушных пузырьков, которые в дальнейшем также развиваются в элементарные ячейки.

Действие пенообразователя обнаруживается к моменту его разложения. В связи с тем, что образование газовой фазы происходит в результате восстановления присутствующего в стекле SO_2 восстанавливающим пенообразователем углеродом, желательно, чтобы поверхность контакта между стеклом и пенообразователем была возможно большей. Это указывает на необходимость применения для вспенивания смесей с большой удельной поверхностью и весьма равномерным распределением пенообразователя.

Скорость роста газового пузырька в следующие моменты, после его образования, определяется температурой и свойствами расплава (химическое строение расплава и пенообразователя, поверхностное натяжение расплава, его вязкость и др.). Пузырек в эти моменты находится в неравновесном состоянии; при каждом приращении его

объема уменьшается давление и температура газа и пузырьке. Рост пузырей в объеме материала и активизация окислительно-восстановительных реакций, вызванных повышением температуры всей системы, определяют интенсивность вспенивания. Поэтому чем выше частота образования пузырей в возможно более коротком температурном интервале и больше количество порообразования в единице объема, тем активнее процесс вспенивания.

Чтобы возникший пузырек мог существовать заметное время в жидкой фазе (расплаве), должны быть соблюдены два условия равновесия — механическое и термодинамическое [1, 2]. Условие механического равновесия выражает требование равенства давления P газа и пузырьке радиуса r сумме внешнего P_0 и лапласовского давления

$$P = P_0 + \frac{2\sigma}{r}, \quad (1)$$

где σ — поверхностное натяжение.

Термодинамическое условие определяет равенство потоков молекул, переходящих при вспенивании в пузырек, и молекул, конденсирующихся из него в жидкую фазу. Указанное динамическое равновесие будет очевидно, иметь место, если давление газа и пузырьке P равно упругости его паров над погнутой поверхностью расплава, т. е.

$$P = P_s \exp\left(-\frac{2\sigma v_{ж}}{r_{кр}}\right), \quad (2)$$

где $v_{ж}$ — объем жидкой фазы, приходящейся на одну молекулу;

$r_{кр}$ — радиус критического зародыша.

Равенства (1) и (2) верны для случая насыщения пен, т. е. когда объем газообразной фазы относительно невелик. По мере перехода пены к полиэдрической структуре на ее устойчивость, кроме рассмотренных факторов, влияют также: вязкость, величина и форма ячеек, толщина разделительных стенок и др. Наряду с этим, при формировании ячеек большое влияние оказывает скорость вспенивания. Она зависит от характера изменения вязкости расплава. Для «длинных» стекол допустимо быстрое раздувание пузырьков. У «коротких» — при быстром вспенивании наблюдается выраженная неравномерность разделительных стенок.

На рис. 1 показаны снимки шлифов, приготовленных из кусочков пеностекла, вспененного из специально приготовленных смесей. В каждую пробу, состоящую из порошка стекла и антрацита, совместно смолотых в шаровой мельнице до удельной поверхности $6000 \text{ см}^2/\text{г}$, добавлялось 10, 20 и 30% порошка стекла фракции 0,1—0,25 мм. Пропорционально добавкам стекла вводился антрацит аналогичного грансостава из расчета 1,7%. Смесь тщательно перемешивалась и подвергалась вспениванию.

Как видно из рис. 1а, присутствие в пенообразующей смеси

крупных зерен стекла приводит к неравномерности структуры пеностекла. Наблюдается выраженная неравномерность толщины разделительных стенок и в меньшей мере ячеек. Присутствие в смеси крупных частиц пенообразователя в большей степени влияет на неравномерность

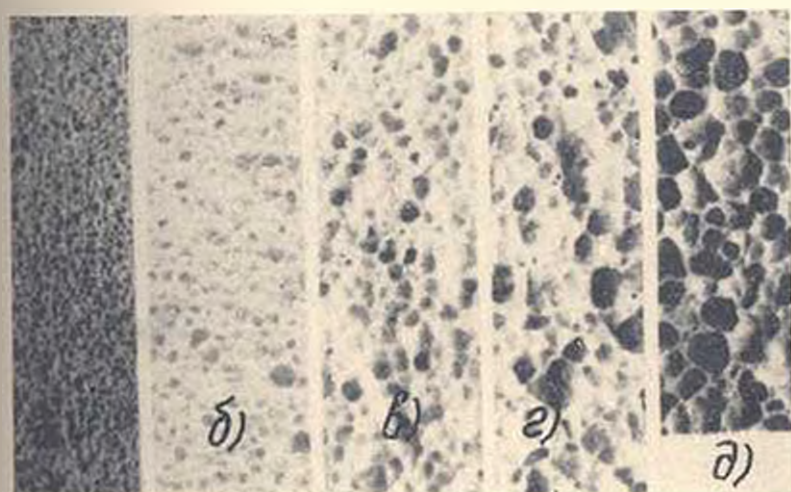


Рис. 1. Особенности развития структуры пеностекла: а — при полном содержании гранулопасте стекол; б — то же для пенообразователя; в, г, д — при различных вязкостях характеристиках пенообразующей смеси

ячеек (рис. 1, б). Наблюдаются также группы ячеек с выраженной перфорацией, что, очевидно, объясняется образованием избыточного количества газов при разложении крупных частиц пенообразователя.

Аналогичные результаты были получены также при введении в пенообразующую смесь добавок стекла с более высокой температурой пенирования. Небольшие добавки (до 10%) кроме незначительного повышения температуры пенирования, практически не влияют на структуру пеностекла (рис. 1, в), заметное действие обнаруживается при введении 20–30% (рис. 1, г и д). При этом, наряду с повышением температуры пенирования, увеличивается объемный вес пеностекла, наблюдается большое количество перфораций.

Исследование структуры пеностекла, полученного на карбонатных пенообразователях, в котором обнаруживается большое количество перфораций, показывает, что разрыв стенок происходит в сторону больших пузырьков, по-видимому, вследствие большего давления в малом пузырьке. Об этом свидетельствует форма пузырьков, полученных нами в специально приготовленных пробах на основе калиевого мыла (рис. 2). Наблюдения показали, что при сближении двух различных по величине пузырьков они объединяются, образуя общую разделительную стенку, направленную выпуклостью в сторону большего пузырька (рис. 2, а). Направление прогиба разделительной стенки указывает на большее давление в малом пузырьке. В соединении на

трех пузырей (рис. 2, б) радиусы кривизны всех пластинок изменяются до тех пор, пока во всех трех ячейках не установится равновесное давление. Это требование справедливо также для соединений, состоящих из любого количества пузырьков.

Скопления пузырьков образуют многогранную пену (рис. 2, г), для которой свойственна равновесная структура. В ней три пластины сходятся вдоль одного ребра и каждые две из них образуют между собой угол в 120° . Число сходящихся в одной точке граней составляет 4.

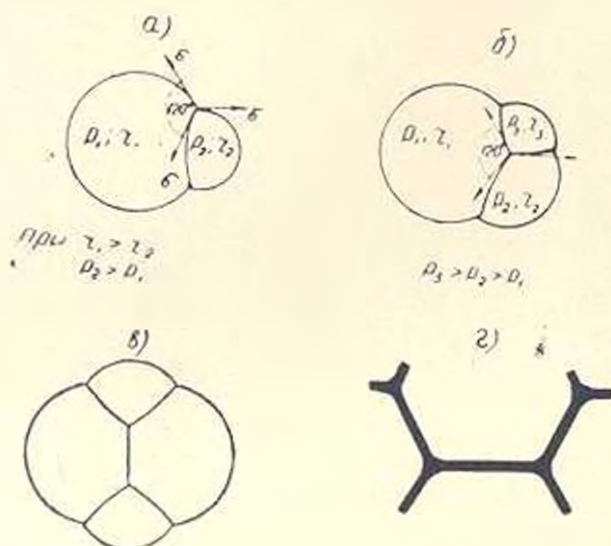


Рис. 2. Изменение формы элементарных ячеек и профиля разделительных стенок в период разлития и формирования пены

и каждые две из них пересекаются под углом четырехгранника ($109,47^\circ$). Если случайно, вследствие механических повреждений, такая структура отсутствует, пластины и грани начинают самопроизвольно изменять свою длину и объем до достижения равновесия в структуре. Очевидно это обуславливается стремлением капиллярной энергии к минимальной величине.

Исследуя текучесть различных пен, Э. Манегольд [3] обнаружил снижение подвижности пены при увеличении общей ее поверхности за счет уменьшения размеров элементарных ячеек. Позже Вагнер и Фишер [4] путем механического взбивания получили сухую пену, которая была совершенно неподвижной, измельчалась на мелкие куски. Авторы пришли к выводам, что по мере уменьшения размеров многогранников увеличивается общая поверхность, уменьшается толщина разделительных стенок и концентрация пленкообразователя, а жесткость пластинок при этом возрастает. Вывод, сделанный авторами, полностью согласуется с данными изменения прочности образцов пеностекла с различной структурой [5—8].

Анализ причин, вызывающих образование и развитие ячеистой

структуры в силикатных пенах позволяет сделать вывод о том, что пеностекло с малым объемным весом можно получить регулируя процессом вспенивания, начиная со стадии выбора материалов для приготовления пенообразующей смеси, способов ее подготовки и заканчивая процессом собственного вспенивания. При этом следует иметь в виду, что наиболее стабильными являются пены с минимальными размерами ячеек и предельно тонкими стенками. В этом случае объемный вес пены также минимальный. Снижение же объемного веса пеностекла за счет увеличения ячеек является не только экономически нецелесообразным, но и технологически неоправданным. Вязкие силикатные пены с большими ячейками менее устойчивы и быстро оседают, а в затвердевшем состоянии менее прочны.

Поступило 19 VII 1971

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Будников П. П., Харитонов В. Я. «Строительные материалы», 1969, № 5, 28—30.
- 2 Волынец Н. П. Исследования по технологии керамита. Научно-технический отчет Минского ГосНИИСМ, 1959.
- 3 Mangoldt E. Die Schaum, Straßenbau, Chemie und Technik Verlag, in. b. H. Heidelberg, 1953.
- 4 Wagner H., Fischer K. „Kolloid“, 1936, № 12.
- 5 Шид Ф. Пеностекло. Промстройиздат, М., 1965.
- 6 Habscher M. „Silikatechnik“, 1954, № 6.
- 7 Штерн Р. Л., Капалев Л. К. «Изв. АН Каз. ССР. Серия горного дела, металлургии, строительства и стройматериалов», вып. 3, 1957.
- 8 Научно-технический отчет по теме № 831 за 1969 г. Минский ГосНИИСМ.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. С. ЗАХАРЬЯН, А. Г. ГУЛЯН

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ
ОДНОСЛОЙНЫХ ФИЛЬТРОВ

Технологическим критерием оптимальности работы водоочистных фильтров является равенство продолжительности защитного действия фильтра t_z и продолжительности его работы до момента достижения предельной потери напора t_n [1]. Расчет оптимального режима работы фильтров заключается в определении таких значений толщины слоя загрузки x и скорости фильтрации v при заданной крупности зерен d и продолжительности рабочего цикла T , при которых обеспечивается вышеуказанное равенство.

В настоящей работе предлагается аналитический метод определения искомых параметров фильтров, позволяющих отказаться от более трудоемкого графического метода. Сущность предлагаемого метода заключается в том, что нелинейные функции $t_z(v, d)$ и $t_n(v, d)$ можно с достаточной точностью аппроксимировать прямой линией в окрестностях некоторой стационарной точки v_0, d_0 .

Нелинейные функции t_z и t_n разлагаются в ряд Тейлора в малой окрестности точки v_0, d_0 и отбрасываются члены ряда с производными выше первой, т. е.

$$t_z(v, d) = t_z(v_0 + \Delta v, d_0 + \Delta d) \approx t_z(v_0, d_0) \left(\frac{\partial t_z}{\partial v} \right)_{v_0, d_0} \Delta v + \left(\frac{\partial t_z}{\partial d} \right)_{v_0, d_0} \Delta d. \quad (1)$$

При этом зависимость $F(A)$, задаваемая в литературе в виде графика или таблицы [1], также записывается в аналитической форме:

$$F(A) = -2,7 \frac{(1-A)-1}{(1-A)-0,2} \quad (2)$$

при $(1-A) \leq 0$.

Таким образом, благодаря линеаризации [1], нелинейное условие оптимальной работы преобразуется в линейное равенство, откуда легко вычисляются искомые $x_{оп}$ и $d_{оп}$. При произвольном выборе стационарных точек v_0 и d_0 необходимую точность расчета можно обеспечить методом итераций. Количество итераций сокращается до двух, если в начале расчета принять $d_0 = 1,0$ мм и $v_0 = 10$ м/час для наиболее часто встречающихся в практике размеров фильтров.

Предлагаемый метод расчета имеет следующие преимущества перед обычно применяемым графическим методом:

- 1) сокращается объем вычислений, поскольку отпадает необходимость производить пересчет значений параметров фильтрования, соответствующих всем возможным τ и d ;
- 2) отпадает необходимость в расчете и построении несколько раз графиков t , и t_n .

Для получения сравнительной оценки предлагаемого метода расчета оптимального режима работы загрузок однослойных фильтров в качестве примера решается следующая задача: определить оптимальные значения крупности зерен и толщины слоя загрузки по заданным скорости фильтрации $v = 7,0$ м/час и продолжительности фильтровального цикла $T = 48$ час.

Данные технологического моделирования: $d = 1,0$ мм; $v = 7,0$ м/час; $t_0 = 0,120$; $b = 16,98$ л/м; $a/b = 0,0197$ м/час; $A = 0,538$; $F(A) = 6,2$; $C/C_0 = 0,2$; $\alpha = 1,8$; $k = 1,36$.

По этим данным определены эталонные значения параметров фильтрования: $b^* = 13,22$; $(a/b)^* = 0,0362$; $t_n^* = 0,171$; $A^* = 0,448$.

В качестве значений стационарной точки принимаем $d_0 = 1,0$ мм и $v_0 = 10$ м/час. Вычисляем оптимальные значения: $d_{opt} = 0,67$ мм; $v_{opt} = 1,03$ м.

Для получения большей точности, расчет повторяется при значении $d_0 = 0,67$ мм, тогда получаем: $d_{opt} = 0,61$ мм; $v_{opt} = 0,96$ м. По обычно применяемому методу получаются: $d_{opt} = 0,62$ мм, $v_{opt} = 0,98$ м.

ЕрПИ

Поступило 24. XI. 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Мина Д. М. Теоретические основы технологии очистки воды. М., Строиниздат, 1964.
2. Мина Д. М., Криштул В. П. Моделирование процесса фильтрации суспензии через зернистые слои. Сб. научных трудов АХХ, вып. 1, М., 1960.

Интерференционный коррелометр на основе ЭВМ «Раздан-3», Алексеев В. А., Антопец М. А., Антонян Ю. А., Барсегян Г. С., Гатэлюк Э. Д., Егизарян А. Ш., Крюков А. Е., Липатов Б. Н., Мкртчян С. М., Самаян В. А., Щекотов Б. В. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. II)», т. XXV, № 4, 1972, 3—9.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с построением интерференционного коррелометра на основе ЭВМ «Раздан-3». Дается алгоритм для вычисления функции корреляции $R(\tau)$ и ее спектра. Приводятся также экспериментальные результаты вычисления функции корреляции для различных значений отношения сигнал/шум на входе системы и времени усреднения коррелометра.

Илл. 4. Библ. 8 назв.

УДК 666.195

Получение прозрачной двуокиси циркония и высокотемпературной солнечной установке, Тидоренко Н. С., Чижик С. П., Шермазян Я. Т., Шахпаровян В. В., Ефимовская Т. В., Ланян А. А., Любарова Л. А., Шиманова С. Н. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. II)», т. XXV, № 4, 1972, 10—14.

Описаны результаты проведенных исследований по получению прозрачного материала на основе стабилизированной двуокиси циркония путем плавления на высокотемпературной солнечной установке непосредственного слежения с полторамерным концентратором. Структура полученного материала более совершенна, чем полученного методом спекания, плотность близка к теоретической, и имеет место очистка от примесей.

Илл. 3. Библ. 1 назв.

УДК 674.031.14:531

О физико-механических свойствах древесины граба, произрастающего в Армянской ССР, Нинашян Т. В. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. II)», т. XXV, № 4, 1972, 15—19.

Приводятся результаты изучения физико-механических свойств древесины граба Кавказского (*Corylus Caucasicus*), произрастающего на территории Арм. ССР. В отличие от проведенных ранее исследований изучено влияние типа и возраста леса на прочность древесины при растяжении, сжатии, скалывании, изгибе, а также на модуль упругости древесины при статическом изгибе.

Табл. 3. Библ. 3 назв.

УДК 621.002.5.531.231

К экспериментальному определению приведенного момента инерции механизмов, Саакян Д. С. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. II)», т. XXV, № 4, 1972, 20—24.

Рассматривается возможность экспериментального определения зависимости приведенного момента инерции механизма в функции угла поворота звена привода. В основу предлагаемого метода положена идея о разгоне механизма двумя грузами.

Илл. 3. Табл. 1. Библ. 4 назв.

Приемник света с высокочастотным резонатором. Гулазарян К. А., Овсепян Ю. Н. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XXV, № 4, 1972, 25—31

Рассмотрены способы повышения нагруженной добротности ФЭУ с резонатором и произведен инженерный расчет эквивалентного сопротивления системы. Приведены примеры различных конструкций ФЭУ с резонатором для создания приемника света и высокоточного светодальномера.

Илл. 6. Библ. 3 назв.

УДК 621.3.01

Метод квазилинейных уравнений гармонических составляющих при расчете цепей со сталью. Огинский Э. Л. «Известия АН Арм. ССР (серия Т. Н.)», т. XXV, № 4, 1972, 32—38.

Предлагаемый метод расчета является развитием принципа гармонического баланса для расчета сложных электрических цепей со сталью по квазилинейным комплексным уравнениям баланса напряжений и токов отдельных гармоник. Метод позволяет формализовать и упростить составление и решение уравнений цепей со сталью, а также применять для расчета гармонических составляющих методы расчета линейных цепей, в частности, контурных токов.

Расчет ведется в порядке возрастания номера гармонических составляющих с учетом взаимного влияния друг на друга столько гармоник тока, сколько необходимо для достижения требуемой точности. Вычисления упрощаются, если величинами последующих гармоник можно пренебречь. Нелинейная зависимость потокоцепления от тока аппроксимируется степенным полиномом неограниченного порядка. Метод позволяет непосредственное применение цифровых вычислительных машин для выполнения численных операций.

Илл. 1. Библ. 4 назв.



Ս Ո Վ Ա Ն Ի Ա Ն Ո Ւ Թ Տ Ո Ւ Ն

Հ ա շ Վ Ո Ղ ա կ ա ն տ ե խ Ե ի կ ա

Վ. Ա. Ալեքսանով, Ն. Ա. Անտոնենց, Յու. Ա. Անտոնյան, Գ. Ա. Բարսեղյան, Է. Ի. Գառնիկով,
Լ. Շ. Լեզիսկարյան, Ա. Լ. Կոլոսով, Ս. Ն. Լիսյանով, Ս. Մ. Մկրտչյան, Վ. Ա. Սոնամյան,
Ս. Վ. Շենկով, Կոռնիլյանցիտե ոսգիումեմբ զՀրազդան-Յ. Էրեկտրոնային հաշվիչ մեքե-
նաչի բազայի վրա 3

Ն յ Ո Ւ Թ ա զ ի տ ո թ յ ո Շ

Ե. Ս. Լիզորենկո, Ս. Փ. Զիմիկ, Յա. Տ. Ընդամազանյան, Վ. Վ. Շահոյանցյան,
Տ. Վ. Եփիմովսկայա, Ա. Ա. Լանին, Լ. Ա. Լյուցարյովա, Ս. Փ. Շումանովա, Յիթ-
կոնիուի բաժանիչի երկօքսիդի ստացումը բարձրաշերտատիճանային արևային
կայանքում 10
Տ. Վ. Փինաչյան, Հայկական ՄՍ-ում աճող բոխու փայտանյութի ֆիզիկա-մեխանիկական
հատկությունների մասին 15

Ի Բ Ե ք Ե Լ ա շ ի Ե ո թ յ ո Շ

Է. Ա. Սանսոլյան, Մեխանիզմների ընդհանր ինքնակախ մոմենտի որոշման վերաբերյալ 20

Է լ Է կ տ ը ո Շ ա յ ի ն տ ե խ Ե ի կ ա

Լ. Ա. Դուլգաբարյան, Յու. Ն. Դուրյան, Լույսի ընդունիչ բարձր լավորակության օե-
ղոստորոյ 25

Է լ Է կ տ ը ա տ ե խ Ե ի կ ա

Է. Լ. Հովհաննիսյան, Հարմարիչ բազայիչներ ձևով կեղծ զծային համաօարումների
մեթոդ՝ սլոպստ օլարունակող շղթաների հաշվարկի համար 32

Պ ի տ ա կ ա Շ Ե ո թ Ե ը

Ս. Կ. Դեմիդովիչ, Լ. Է. Ովանեսովա, Փրիյաապակու կառուցվածքի գոյացումը և դար-
պացումը պոլիդիսպերս միջավայրերում 39
Ս. Ս. Զախարյան, Ա. Տ. Դուլյան, Միաչիտ ֆիլտրերի աշխատանքի օպտիմալ ուժիմի
հաշվարկ 44

СОДЕРЖАНИЕ

Вычислительная техника

В. А. Азизян, М. А. Антонян, Ю. А. Антонян, Г. С. Барсегян, Э. Д. Гиталюк, Л. Ш. Егизарян, А. Е. Крюков, Б. Н. Липатов, С. М. Мкртчян, В. А. Сани- мян, Б. В. Шекотов. Интерференционный коррелометр на основе ЭВМ «Раздан-3»	3
---	---

Материаловедение

С. Лаворенко, С. П. Чижик, Я. Т. Шермизян, В. В. Шахпарян, Г. В. Ефимовская, А. А. Ланин, Л. А. Люцарева, С. П. Шуманова. Получе- ние прозрачной диоксида никония в высокотемпературной солнечной установке	10
Г. В. Пинаджян. О физико-механических свойствах древесины граба, произра- стающего в Армянской ССР	15

Машиностроение

Э. С. Саакян. К экспериментальному определению приведенного момента инерции механизмов	20
---	----

Электронная техника

А. А. Егизарян, Ю. Н. Бароян. Приемник спети с высокочастотным резонатором	25
--	----

Электротехника

Э. А. Оганесян. Метод квазилинейных уравнений гармонических составляющих при расчете цепей со сталью	32
---	----

Научные заметки

Б. К. Демидович, Н. Э. Ованесова. Образование и развитие структуры пеностекла в полидисперсных средах	39
Г. С. Захарьян, А. Т. Гулян. Расчет оптического режима работы однослойных фильтров	44