

ISSN 0002-306X

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՄԱՆ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

12

ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАН

Журнал издается с 5.01.1948 г.
Выходит 6 раз в год на русском языке

Խ Մ Բ Ա Գ Ը Կ Ա Ն Կ Ո Ւ Ե Գ Ի Ա

Ռ. Մ. Մառտիրոսյան (պատասխանատու խմբագիր), Վ. Վ. Այնեմեյսթ,
Ռ. Վ. Աբալյան, Ռ. Ա. Ղազարյան, Ս. Մ. Ղազարյան, Մ. Վ. Կասյան,
Ա. Հ. Սաճեկյան, Յու. Լ. Սառգսյան, Մ. Դ. Ստակյան (պատ. խմբ. տեղ.),
Զ. Կ. Ստեփանյան (պատասխանատու փրատուղար), Վ. Ս. Խաչատրյան:

ՊՐԵԴԱԿՑԻՈՆՆԱԿԱՆ ԿՈԼԼԵԳԻԱ

Ր. Մ. Մարտիրոսյան (ответственный редактор), В. В. Алексеевский,
Р. В. Атоян, Р. А. Казарян, С. М. Казарян, М. В. Касьян,
А. О. Саакиян, Ю. Л. Саркисян, М. Г. Стакян (зам. ответ редактора),
З. К. Степанян (ответственный секретарь), В. С. Хачатрян

УДК 621.762.2

Л. Е. САРКИСЯН

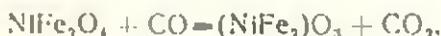
НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ МЕХАНИЗМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ
СМЕСЕЙ ОКСИДОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Установлен и сформулирован механизм восстановления смесей оксидов и их соединений на примере системы Fe—Ni—O. Показано, что оксиды в механической смеси независимо от температуры восстанавливаются раздельно, без заметного взаимодействия. Феррит никеля, а также и твердые растворы на его основе при температурах выше 570°C восстанавливаются с выделением из шпинельной решетки закиси никеля. При температурах ниже 570°C, восстановление происходит в одну стадию, послойно-поверхностным механизмом с образованием гомогенных металлических твердых растворов аустенитного класса.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

Երկաթ-նիկել-թթվածին համակարգի օրինակով բացահայտված և ձևակերպված են օքսիդների խառնուրդների և միացությունների վերականգնման մեխանիզմները ճուշդ է տված, որ մեխանիկորեն խառնված օքսիդները անկախ չերմաստիճանից վերականգնվում են անուձին-առանձին: Նիկելի ֆերիտը, ինչպես նաև նրա հիմքով պինդ լուծույթները 570°C-ից բարձր զերմաստիճաններում վերականգնվում են՝ չպինելային բյուրեղային ցանցից արտահանելով նիկելի ենթօքսիդին: Վերականգնումը 570°C-ից ցածր չերմաստիճաններում բնթանում է մեկ փուլով: մակերևույթից սկսած շերտ-առ-շերտ մեխանիզմով՝ առատենիտային դասի համասեռ մեաադական պինդ լուծույթների զոյացումով:

А. С. Тумаревым еще в начале 50-ых годов на основании экспериментальных данных по восстановлению ферритов никеля, магния, кальция и цинка, а также соответствующих смесей оксидов была выдвинута теория комплексного восстановления и окисления элементов [1]. Согласно этой теории в процессах восстановления механических смесей оксидов при пониженных температурах происходит их раздельное восстановление. При повышенных температурах эти смеси теряют признаки избирательного восстановления и процесс протекает подобно химическим соединениям. Это объясняется взаимодействием оксидов при высоких температурах с образованием сложных соединений, а восстановление соединений происходит стадийно. Так, например, феррит никеля в первый момент восстановительного акта теряет один атом кислорода и превращается в закисный твердый раствор



Затем следует восстановление последнего с образованием непрерывного ряда металлических твердых растворов. Эти гипотезы находились в противоречии с представлением о явлении избирательного восстановления элементов из химических соединений, широко известного в то время. Позже Г. Н. Чуфаров с сотрудниками установили, что

феррит никеля (также и феррит кобальта) восстанавливается как химические соединения без разложения на оксиды [2]. Ван дер Путен [3] пришел к выводу, что феррит никеля при газовом восстановлении образует твердый раствор железа в никеле.

Совершенно иную схему восстановления феррита никеля описывают М. И. Валет и Ф. Марион в [4], согласно которой вначале феррит с помощью водорода превращается в магнетит с выделением закиси никеля, затем NiO восстанавливается до чистого Ni, а Fe_3O_4 превращается в Fe.

Различные трактовки механизма восстановления ферритов не являются взаимоисключающими. Однако ни одна из них не дает возможность исчерпывающим образом объяснить процесс восстановления подобных соединений, а также сделать практические рекомендации. Очевидно, вопрос заключается в более тщательном изучении процесса и выявлении более глубоких причин, определяющих истинный механизм восстановления сложных оксидов и оксидных систем.

В настоящей работе восстановление стехиометрического феррита никеля, а также эквимольной смеси Fe_2O_3 с NiO проводили параллельно двумя способами: в политермических условиях—твердым (сажистым) углеродом, а в изотермических—водородом. В первом случае для исследования использовали метод термогравиметрического и дифференциально-термического анализа на дериватографе Q—1500D. Кинетику процесса в изотермических условиях изучали на термогравиметрической установке проточного типа. Превращения, происходящие в процессе восстановления, контролировали по термограммам—зависимостям изменения массы (ТГ), дифференциала изменения массы (ДТГ), теплового состояния (дифференциально-термический анализ ДТА) от температуры по изменениям скорости при изотермическом восстановлении и данным рентгеноструктурного анализа продуктов реакции на различных стадиях восстановления.

Данные дериватографического (рис. 1) и рентгенофазового анализон показывают, что в механической смеси Fe_2O_3 и NiO восстанавливаются отдельно, без заметного взаимодействия. Лишь на последней стадии ($T > 910^\circ C$) восстановившееся железо (γ -Fe) начинает растворяться в никеле, но т. к. диффузионный процесс не успевает завершиться, продукт восстановления представляет собой непрерывный ряд твердых растворов различного состава.

Признаки восстановления феррита никеля $NiFe_2O_4$ значительно отличаются от характера восстановления смеси Fe_2O_3 и NiO. Из представленных на рис. 2 термограмм и данных таблицы видно, что в начальной стадии (до $570^\circ C$) $NiFe_2O_4$ восстанавливается как химическое соединение, без предварительного разложения на оксиды. Восстановившаяся металлическая фаза представляет собой гомогенный твердый раствор (ГЦК) с параметром кристаллической решетки 0,3584 нм. Период решетки феррита остается постоянным.

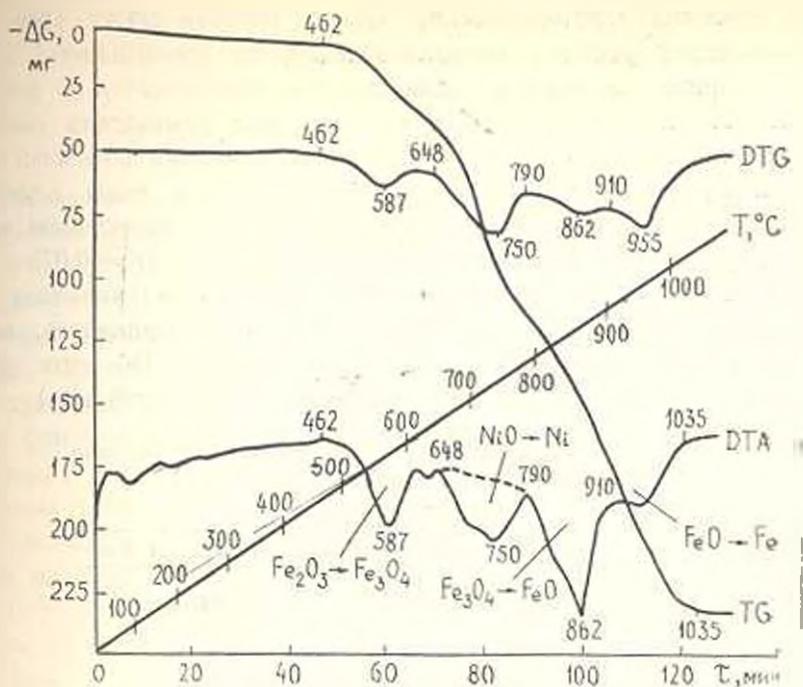


Рис. 1. Термограммы политермического восстановления эквимолярной смеси $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{NiO}$.

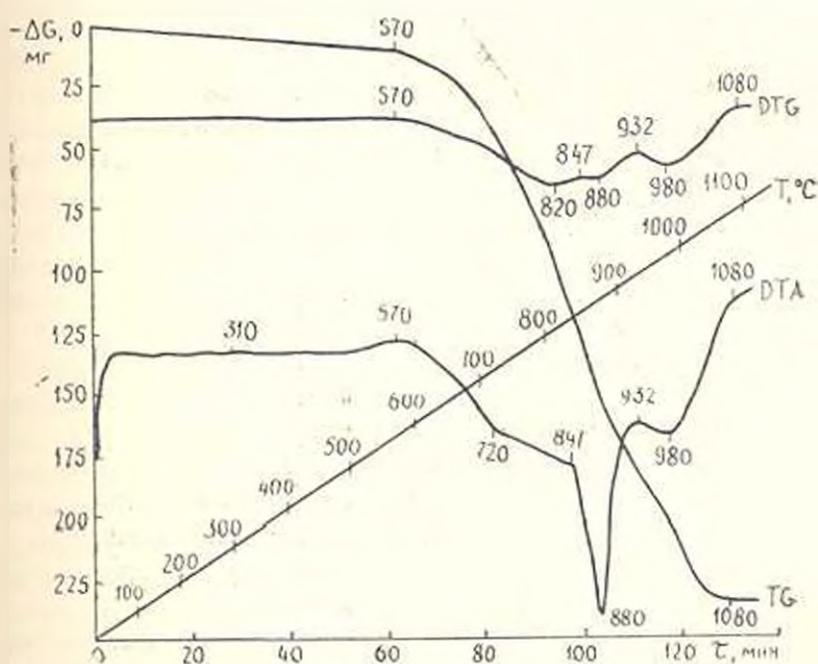


Рис. 2. Термограммы политермического восстановления феррита никеля.

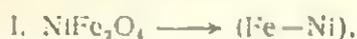
В интервале 570—820°C процесс непрерывно ускоряется, чем и вызван глубокий эндотермический эффект (кривая ДТА). Параметр кристаллической решетки металлической фазы уменьшается, а параметр феррита постепенно увеличивается, приближаясь к периоду решетки магнетита Fe_3O_4 (0,8396 нм). Подобно химическим соединениям параллельно с $NiFe_2O_4$ в результате активации объемной диффузии начинают восстанавливаться трехвалентные ионы железа в шпинельной фазе (от Fe^{3+} до Fe^{2+}), что ведет к вытеснению ионов Ni^{2+} и образованию NiO . Замещение ионов Ni^{2+} ($r = 0,078$ нм) в шпинельной фазе более крупными Fe^{2+} ($r = 0,083$ нм) вызывает рост параметра решетки. Освободившийся NiO , восстанавливаясь, постепенно обогащает металлическую γ -фазу никелем. Об этом свидетельствует уменьшение параметра решетки сплава (таблица).

Таблица

Фазовый состав продуктов восстановления
феррита никеля

Т, °С	z, %	Параметр кристаллической решетки, нм		
		шпинельной	закисной	металлической
Политермическое восстановление				
20	0	0,8335	—	—
560	4	0,8335	—	0,3584
720	14	0,8343	—	0,3539
800	33	0,8380	—	0,3578
840	50	0,8392	0,4296	0,3538
880	64	0,8392	0,4296	0,3538, 0,3564
920	73	—	0,4296	0,3538, 0,3564, 0,3572
1083	100	—	—	0,2860, 0,3550, 0,3594
Изотермическое восстановление				
500	100	—	—	0,3584
560	20	0,8335	—	0,3584
560	50	0,8335	—	0,3584
560	100	—	—	0,3584
700	13	0,8376	—	0,3548
700	50	0,8394	0,4296	0,3539
700	70	—	0,4296	0,3548, 0,3559, 0,3576
700	90	—	0,4296	0,3559, 0,3576, 0,3585
700	100	—	—	0,2855, 0,3576, 0,3585
800	19	0,8339	—	0,3532
800	100	—	—	0,2855, 0,3550, 0,3678
900	100	—	—	0,2855, 0,3550, 0,3578
1000	100	—	—	0,2355, 0,3550, 0,3578

Таким образом, при температурах выше 570°C феррит восстанавливается одновременно по двум схемам:



Образовавшиеся (Fe—Ni) и Ni изоморфно растворяют друг друга с выделением гомогенного твердого раствора.

Если бы восстановление происходило только по схеме II, как указывается в [4], то примерно до 910°C (температура начала восстановления (FeO) металлической фазой являлся бы чистый никель. Однако непрерывное изменение параметра кристаллической решетки металлической фазы указывает на то, что при этих температурах часть феррита восстанавливается по схеме I. С другой стороны, если бы феррит никеля восстанавливался через промежуточные твердые растворы типа (NiFe₂)O₃ [1], тогда металлическая фаза не должна была появляться при степени восстановления, равной 25%. Но, как видно из таблицы, она выделяется уже при самых ранних стадиях и количество ее непрерывно растет. А шпинельная фаза сохраняется вплоть до степени восстановления $x = 50\%$.

После полного превращения феррита в Fe₃O₄ оксид начинает восстанавливаться по обычной схеме: Fe₃O₄ → FeO → Fe. Выраженный эндотермический эффект в интервале 847—932°C (ДТА) и соответствующие изменения на кривых ТГ и ДТГ вызваны, очевидно, восстановлением Fe₃O₄ → FeO. Об этом свидетельствует появление при 880°C и выше фазы FeO с параметром кристаллической решетки 0,4296 нм.

Последующие изменения термограмм в интервале 932—1083°C обусловлены восстановлением FeO → Fe. Продукт полного полигермического восстановления феррита никеля содержит различные фазы — от непрерывного ряда твердых растворов Fe—Ni до чистого железа.

Характер кривых рис. 3 и результаты рентгенофазового анализа продуктов реакции при различных степенях изотермического восстановления (таблица) подтверждают, что в зависимости от температуры NiFe₂O₄ может восстанавливаться по разным механизмам. Так, например, при 500 и 560°C процесс протекает в одну стадию и развивается сразу с максимальной скоростью, которая по мере уменьшения кислорода плавно снижается до нуля. Как промежуточные металлические фазы, так и конечные продукты восстановления представляют собой гомогенный твердый раствор дуэниитного класса с параметром кристаллической решетки 0,3584 нм. При более высоких температурах феррит теряет признаки одностадийного восстановления. Кинетические кривые, полученные при 700, 800 и 900°C, имеют ступенчатый характер. На первом этапе потери массы образцов значительно больше, чем расчетная убыль кислорода (~34,42%) в твердой фазе, соответствующее полному восстановлению структурно связанного NiO и превращению Fe₂O₃ → Fe₃O₄. Здесь выделяет-

ся металлическая фаза, богатая никелем, параметр решетки которой постепенно уменьшается с повышением степени восстановления. На втором этапе оксидная фаза содержит Fe_3O_4 и FeO . Третий этап соответствует восстановлению FeO и обогащению сплава железом. После полного восстановления при 700, 800 и 900°C образуется металлическая фаза переменного состава.

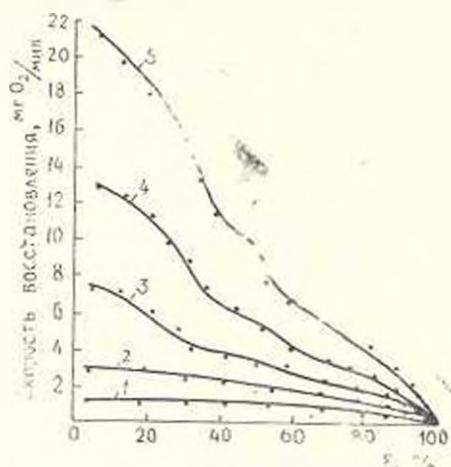


Рис. 3. Кинетика изотермического восстановления феррита никеля водородом.

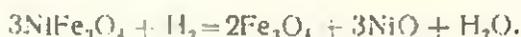
Анализ зависимости начальной скорости восстановления от температуры позволил установить критическую температуру (570°C, точка перегиба)—границу раздела различных механизмов восстановления. Основываясь на теории граничного слоя хемосорбции, теорий разупорядочения и диффузии, можно предложить два механизма восстановления феррита никеля.

По первому механизму при температурах до 570°C феррит восстанавливается по реакции



Согласно такому представлению феррит восстанавливается посредством перемещения ионов по внешней поверхности. Кислород удаляется постепенно с понижающейся скоростью. На промежуточных стадиях новые устойчивые фазы не образуются. Разрушение исходной шпинельной решетки и образование новой металлической решетки происходит не скачкообразно, а непрерывно и в результате образуется гомогенный твердый раствор постоянного состава.

По второму механизму выше 570°C параллельно с послойно-поверхностным восстановлением в результате объемной диффузии протекает также реакция



Свободившиеся оксиды железа и никеля восстанавливаются раздельно, до металлического состояния. И только к концу процесса. Если температура выше 910°C (γ -Fe-Ni и γ -Fe), железо успевает частично раствориться в сплаве. Продукт восстановления представляет собой порошок переменного состава.

Очевидно, что с целью получения Fe-Ni порошковых сплавов [5, 6] гомогенной структуры методом синтеза и восстановления сложных оксидов необходимо вести восстановление при температурах, не превышающих 570°C (оптимальной считается $560 \pm 10^\circ\text{C}$)

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Тумарев А. С. Комплексное восстановление и окисление элементов//Проблемы металлургии.—М.: Изд-во АН СССР, 1953.—С. 33—63.
2. Журавлев М. Г., Богословский В. И., Чуфаров Г. И. Восстановление ферритов никеля и кобальта водородом//Журн. прикл. химии.—1959.—Т. 32.—№ 5.—С. 1159—1161.
3. Vander Pouten H. Preparation of Ferro-Nickel Alloy Powder by Gaseous Reduction//Metall Powder Report. — 1959 — V. 14. — № 3. — P. 38—42.
4. Waller M. N., Marton F. Sur les equilibres de reduction des ferretes de magnésium et de Nickel Bull. Soc. Chim. France. 1963. — S. 2668—2671.
5. Саркисян Л. Е. Физико-химические особенности получения прессинных порошковых сплавов//Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1987.—Т. 40.—№ 2—С. 3—6.
6. Саркисян Л. Е. Структура и свойства железоникелевых порошковых сплавов//Порошковая металлургия.—1986.—№ 11.—С. 79—84.

ЕрПИ

20. XII 1986

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 268—271.

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.016.3.001.57 (084.21)

А. М. АРАКЕЛЯН, В. И. СААКОВ, А. А. АРУТЮНЯН, А. Р. ЛВАКЯН

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Предложен способ моделирования графиков электрических нагрузок при ограниченной информации о них для использования в расчетах потерь энергии в электрических сетях. Графики нагрузок моделируются функцией времени с параметрами, зависящими от значений трех практически доступных показателей графика.

Ил. 3, Табл. 1. Библиогр. — 4 изв.

Մաշարկված է էլեկտրական բեռնվածքների գծապատկերների մոդելավորման եղանակ. էլեկտրական ցանցերում կորուստների հաշվարկները իրականացնելու համար, երանց մասին սահմանափակ տեղեկություն ունենալու դեպքում: Բեռնվածքների գծապատկերները մոդելավորվում են մասնակի ֆունկցիայով. այնպիսի մեծություններով, որոնք կախված են գծապատկերի զրոնակետում մասշտիի ներք սուցանիչներից:

В расчетах технологического расхода (потери) электроэнергии (ТРЭ) в электрических сетях энергосистем требуется информация о

графиках нагрузок узлов электрических сетей. На практике получение такой информации требует значительных трудозатрат, поэтому применяются различные способы их представления, использующие ограниченное число показателей графика. В [1] определяется коэффициент формы графика нагрузки для нахождения эффективного значения нагрузки, т. е. график моделируется определенной постоянной величиной нагрузки. В [2] график по продолжительности нагрузок моделируется двухкрылой ломаной с определенной точкой перегиба, а в [3]—кривой определенной функции. Последние два моделирующих графика непрерывно убывающие и имеют наибольшую и наименьшую ординаты и площадь, равные, соответственно этим же параметрам графика-оригинала. В приведенных трех способах используется ограниченное число показателей графика, а именно, его максимум, минимум и среднее значение. При этом требуется возможно близкое совпадение значений интеграла квадрата ординаты моделирующего графика и суммы квадратов ступеней графика-оригинала в заданном интервале времени.

В настоящей статье изложен способ моделирования графиков электрических нагрузок, когда заданы максимум a , минимум b и потребление ω графика в интервале времени t . Это активные и реактивные мощности и соответствующие энергии или результирующие ток и соответствующие ампер-часы. График-оригинал моделируется непрерывной убывающей функцией, которая имеет наибольшую и наименьшую ординаты, а также площадь, ограниченную осями координат и кривой функции, равные соответственно максимуму, минимуму и площади графика-оригинала. Моделирующая функция должна обеспечить малое отличие величины интеграла квадрата этой функции от суммы квадратов ступеней реального графика в пределах его продолжительности (суток, месяца, сезона, полугодия, года). В зависимости от характера графика предлагаются две моделирующие функции

$$y_1(t) = a \left[1 - \frac{m}{\tau} t e^{\left(1 - \frac{t}{\tau}\right) q_1} \right], \quad (1)$$

$$y_2(t) = a \left[\frac{b}{a} + \frac{m}{\omega} e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 + \cos \frac{t}{\tau} \right) \right], \quad (2)$$

где $m = (a - b) \omega$.

Характер графика определяется из соотношению

$$A_1 = (a\tau - \omega)(a - b)\tau, \quad (3)$$

Если $A_1 < 0,718$, то используется моделирующая функция (1), в противном случае—(2). На рис. 1 приведены графики функций (1) (кривые 1...6) и (2) (кривые 7...11). Параметр q_1 изменяется в пределах от -1 (при $A_1 = 0,718$) до $-\infty$ (при $A_1 = 0$) и определяется из уравнения

$$A_1 q_1^2 + q_1 + 1 = e^{q_1}. \quad (4)$$

Параметр q_2 изменяется в пределах от 0 (при $A_2 = 1$) до $+\infty$ (при $A_2 = 0$) и определяется из уравнения

$$A_2 q_2 (q_2^2 + \pi^2) - 2q_2^2 = \pi^2 (1 - e^{-q_2}). \quad (5)$$

Величина A_2 определяется из соотношения

$$A_2 = 2(\omega - b)/(a - b). \quad (6)$$

Уравнения (4) и (5) трансцендентны, но они легко решаются методом последовательных приближений, и особенно, если задавать в качестве первого приближения достаточно близкие к точному значению q , определяемые по кривым функций $q_1 = f(A_1)$ и $q_2 = f(A_2)$, приведенных на рис. 2. Интегралы квадратов функций y_1 и y_2 в заданных пределах 0... τ равны соответственно

$$\int_0^\tau y_1^2 dt = a^2 \left\{ 1 - \frac{m^2}{4q_1^3} [2q_1(1 + q_1) + 1 - e^{2q_1}] + \frac{2m}{q_1} (1 + q_1 - e^{2q_1}) \right\}. \quad (7)$$

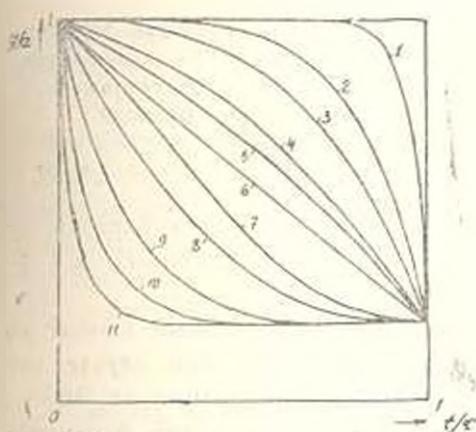


Рис. 1. Кривые моделирующих функций
1. $q_1 = -20$. 2. $q_1 = -5$. 3. $q_1 = -2,5$.
4. $q_1 = 1$. 5. $q_1 = 0,5$. 6. $q_1 = 0$.
7. $q_2 = 1,8$. 8. $q_2 = 2$. 9. $q_2 = 5$. 10. $q_2 = 10$.
11. $q_2 = 20$.

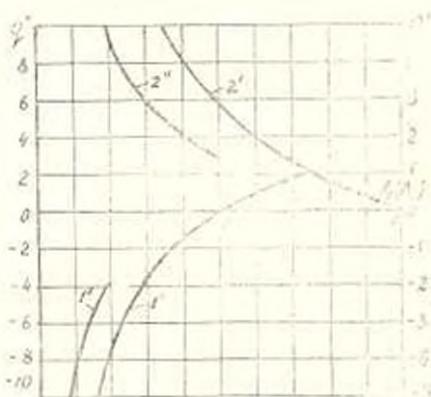
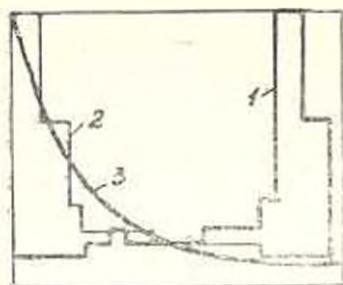


Рис. 2. Зависимости $q_1 = f(A_1)$ и $q_2 = f(A_2)$. 1' и 2' — кривые $q_1 = f(A_1)$ и $q_2 = f(A_2)$. 1'' и 2'' — кривые $q_1' = f(A_2)$ и $q_2' = f(A_2)$.

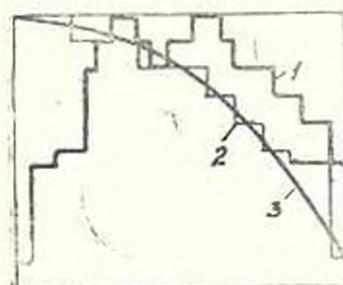
$$\int_0^\tau y_2^2 dt = a^2 \left[\left(\frac{b}{a} \right)^2 + \frac{b}{a} m \frac{2q_2^2 + \pi^2 (1 - e^{-2q_2})}{q_2 (q_2^2 + \pi^2)} + \frac{m^2}{16} \frac{2q_2^2 + \pi^2}{q_2^2 + \pi^2} \times \right. \\ \left. \times \frac{1 - e^{-2q_2}}{q_2} + \frac{m^2}{8q_2^2} \frac{4q_2^2 (3 + e^{-2q_2}) + \pi^2 (1 - e^{-2q_2})}{4q_2^2 + \pi^2} \right]. \quad (8)$$

Решение уравнений (5) и (6), а также расчет по формулам (7) и (8) легко реализуются на ЭВМ. Составлены соответствующие программы расчета для микро ЭВМ «Электроника 60» и выполнен ряд расчетов

для характерных графиков. На рис. 3 представлены приведенные к максимуму характерные два графика (кривые 1), заимствованные из [4] и др. Там же приведены графики по продолжительности нагрузок (2) и кривые, моделирующие эти графики функций (3).



а.



б.

Таблица погрешностей (%)

№	Графики	
	а	б
1	15,18	83,60
2	-9,60	0,89
3	2,05	3,16
4	0,65	1,79

Рис. Пример моделирования характерных графиков нагрузок: 1 — заданные графики, 2 — графики по продолжительности, 3 — кривые моделирующих функций

В таблице приведены погрешности расчета суммы квадратов ступеней этих графиков при помощи способов, предложенных: в [1] — строка 1; в [2] — 2; в [3] — 3 и в настоящей статье — 4.

Результаты расчетов показывают, что предложенный способ моделирования графиков нагрузок обеспечивает в общем случае наименьшие погрешности и несложность программирования на ЭВМ, в том числе и на микрокалькуляторах. Способ может быть рекомендован для решения задач по расчету потерь энергии в электрических сетях при наличии ограниченного количества данных о характере графиков и нагрузок узлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы построения промышленных электрических сетей / Под общ. ред. Г. М. Казанца — М.: Энергия, 1978 — 352 с.
2. Кривошейкин А. З. Моделирование графиков электрических нагрузок // Электрические станции — 1986. — № 10. — С. 41—46.
3. Петров В. Г., Ахмедов Л. В. Методика расчета нагрузочных потерь энергии в распределительных сетях // Электрические станции — 1975. — № 7. — С. 51—54.
4. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий / Под общ. ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. — М.: Энергия, 1980 — 576 с.

УДК 658.26

Л. В. ЕГИАЗАРЯН

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Показано, что нормативная величина расхода электроэнергии энергоустановки с двигательным приводом находится в квадратичной зависимости от производительности, а не обратно пропорционально последней, как это принято считать на практике. Разработан метод уточненного расчета нормативной характеристики с использованием понятия электроемкости продукции.

Ил. 2. Библиограф.: 3 назв.

Յույժ է արված, որ էլեկտրական շարժիչ-շաղարղակ պարունակող էներգատեղակայման էլեկտրաէներգիայի ծախսի շաղարղ մեծությունը ոչ թե հակադարձ համեմատական է ինչպես այդ ընդունված է զորմական հաշվարկներում, այլ երկրորդ կարգի կախում ունի արտադրականությունից: Մշակված է արտադրանքի էլեկտրատնակության հակադրության օգտագործման վրա հիմնված էջոված շաղարղը բնութագրի որոշման մեթոդ:

Известно, что норма расхода электроэнергии—это необходимое количество электроэнергии для производства энергоустановкой единицы продукции (работы) установленного качества в определенном технологическом цикле производства [1]. Расчетно-аналитический метод определения нормы расхода электроэнергии (энергоресурса) основывается на разработке и использовании индивидуальных нормативных характеристик энергоустановок, представляющих зависимости удельного расхода энергоресурсов от производительности энергоустановки, работающей в оптимальном эксплуатационном режиме, вида

$$H = \varphi(Q), \quad (1)$$

где H —норма расхода электроэнергии, Q —производительность энергоустановки.

Отраслевые инструкции [2, 3] норму расхода электроэнергии энергоустановок с электродвигателями рекомендуют определить по формуле

$$H = k_{\text{н}} P_{\text{ном}} T/Q, \quad (2)$$

где $k_{\text{н}}$, $P_{\text{ном}}$, T —коэффициент использования, номинальная мощность и продолжительность включения двигателя. Величина $k_{\text{н}}$ энергоустановок в каждой отрасли промышленности принимается постоянной. Следовательно, норма оказывается в обратно пропорциональной зависимости от производительности, т. е. от коэффициента загрузки $k_{\text{н}}$ установки. В то же время энергетические характеристики энергоустановок (двигателя и механизма) имеют более сложный характер и упомянутое упрощение его обуславливает значительные (до 10—30%) погрешности результатов расчета (рис. 1).

В статье предлагается практический метод разработки зависимости вида (1) с учетом характеристик действующих энергоустановок с электродвигательным приводом, которые имеют наибольшее распространение в промышленной энергетике. Для определения этой зависимости гребуются реальные электрические и технологические характеристики установки, которые, как правило, отличаются от заданных её паспортных характеристик вследствие технического износа установки в процессе эксплуатации. Таким образом требуется определить $H = f(P_2, Q, k_{\text{внс}})$ при ограничениях $\check{Q} < Q < \bar{Q}$, где P_2 — матрица параметров энергоустановки, $k_{\text{внс}}$ — поправочный эксплуатационный коэффициент.

Под энергоустановкой подразумевается технологическая установка, представляющая агрегат электрический двигатель—технологическая машина (механизм), преобразующий электроэнергию (мощность P_1), потребляемую из электросети в конечную работу (полезную мощность P) на выходе установки (рис. 2а). Для мощных и массовых энергоустановок действующих предприятий нормативную характеристику реально возможно определить на основе экспериментальных замеров фактического расхода электроэнергии P_1 и произведенной продукции Q (работы) за характерный и доступный период работы—цикл, смену и т. п. в условиях соблюдения нормального технологического режима.

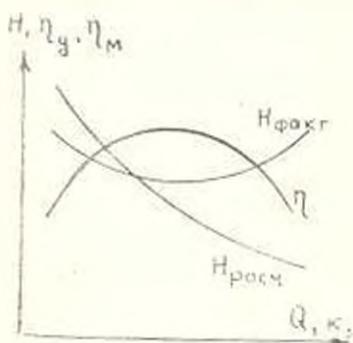


Рис. 1. Характеристики энергоустановки

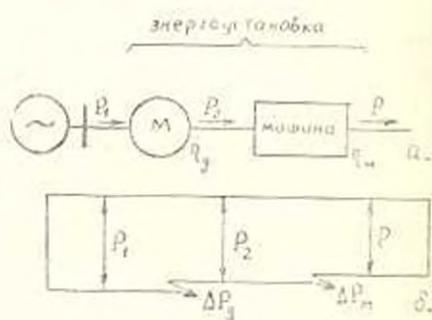


Рис. 2. Энергетическая диаграмма энергоустановки.

Преобразование электроэнергии в энергоустановке сопровождается потерями мощности в двигателе $\Delta P_у$ и в механизме (машине) $\Delta P_м$. Для установления связи между затраченной полезной мощностью и произведенной продукцией вводится понятие электроемкости продукции (работы) энергоустановки, равной $c = P/Q$. Экспериментально определенное значение электроемкости косвенно отображает влияние $k_{\text{внс}}$ на её теоретическую величину. Потери мощности энергоустановки определяются с помощью КПД электродвигателя $\eta_у$ и машины $\eta_м$.

$$\eta_d = f_1(\Pi_d, k_1), \quad \eta_m = f_2(\Pi_m, k_2),$$

где Π_d , Π_m — матрицы параметров двигателя и машины, $k_1 = P_1 \eta_d / P_{ном,д}$ — коэффициент загрузки двигателя, $k_2 = k_1 \eta_m / \eta_d$ — коэффициент загрузки машины, $\alpha = P_{ном,м} / P_{ном,д}$ — коэффициент согласования мощностей двигателя и машины, $P_{ном,д}$ и $P_{ном,м}$ — номинальные мощности двигателя и машины.

Из рис. 26 следует: $\eta = k_1 P_{ном,д} P_1$, $\eta_m = P_1 (k_2 P_{ном,д})$, $P = P_1 \eta_d \eta_m$, $P_1 = e Q / (\eta_d \eta_m)$. При этом норма расхода электроэнергии определяется как

$$H = eT + \Delta P_1 T Q, \quad (2)$$

где T — время работы энергоустановки при производстве продукции (работы) в объеме Q , $\Delta P_1 = P_1 (1 - \eta_d \eta_m)$ — потери мощности в энергоустановке.

Выражение (2) представим в виде

$$H = H_1 + H_2,$$

где $H_1 = eT$ — постоянная составляющая нормы расхода электроэнергии, определяемая характеристиками процесса преобразования энергии в энергоустановке; $H_2 = \Delta P_1 T Q$ — переменная составляющая нормы расхода электроэнергии, определяемая техническими параметрами элементов энергоустановки и режимом её работы.

При производстве продукции Q за время T расходуется энергия, равная

$$\Xi = (eQ + \Delta P_1) T, \quad (3)$$

При изменении производительности до Q_1 за то же время расход энергии определится по формуле (3), где потери мощности в энергоустановке будут соответствовать данной производительности

$$\Delta P_{м1} = k_{м1} (1 - \eta_{д1} \eta_{м1}) P_{ном,д} \eta_{д1}.$$

Для получения зависимости (2) действующей установки при заданных экспериментальных значениях одного режима (P_1 , T , Q) определяется приближенное значение коэффициента загрузки $\bar{k}_1 = \eta_{ном,д} / P_{ном,д}$. Далее, по величине \bar{k}_1 вычисляется $\eta_{д1} = f_1(\Pi_d, \bar{k}_1)$ и уточняется значение коэффициента загрузки по формуле $k_1 = \bar{k}_1 \eta_d / \eta_{д1}$. Для этого режима рассчитывается значение $\eta_m = f(\Pi_m, k_2)$, определяются полезная мощность энергоустановки P и постоянная составляющая нормы H_1 . Задаваясь рядом значений $k_{мi}$, определяется соответствующий ряд значений $\eta_{дi}$, $\eta_{мi}$, $\Delta P_{мi}$, Q_i , H_{2i} , $i = 1, L$, где L — число расчетных точек кривой аппроксимации. Пу-

тем квадратичной аппроксимации полученных данных определяется нормативная характеристика энергоустановки

$$H = a + bQ + cQ^2,$$

где a, b, c — коэффициенты аппроксимации.

По известным индивидуальным нормам далее определяются групповые нормы расхода электроэнергии. Для некоторого технологического процесса с производительностью Q_T нормативная характеристика в нем занятой группы энергоустановок определяется формулой

$$H_T = \frac{1}{Q_T} \sum_{k=1}^N a_k Q_k + \sum_{k=1}^N b_k Q_k : Q_T \sum_{k=1}^N c_k Q_k.$$

где Q_k, a_k, b_k, c_k — производительность и коэффициенты k -ой энергоустановки, N — число энергоустановок в группе.

Маломощные энергоустановки с суммарным потреблением энергии порядка 10—15% от ожидаемых общих электрозатрат при нормировании и представляются с помощью обобщенных нормативных характеристик (ОНХ), что обеспечивает достаточную точность расчетов. ОНХ каждой энергоустановки приписывается зависимость $\eta_k = f_1(P_k, k_k)$ асинхронного двигателя с параметрами, характерными для маломощных машин. Параметры обобщенной энергоустановки определяются как средневзвешенные величины времени работы, коэффициента загрузки и активной мощности энергоустановок рассматриваемой группы.

Если известны номинальные параметры электродвигателя энергоустановки $\gamma_{ном}, s_{ном}, b_m, \cos \varphi_{ном}, U_{ном}$, то его КПД вычисляется в следующей последовательности.

1. $s_c = s_{ном} (b_m + 1 \sqrt{b_m^2 + 1})$ — критическое скольжение;
2. $r_1 = a_1 \gamma_k (1 - s_{ном}) / [2,02c_1 b_m (c_1 + a_1 s_k)]$, где $a_1 = 1,7$ при $U_{ном} = 380$ В и $a_1 = 1$ при $U_{ном} = 6$ кВ; $c = 1,03$;
3. $\Delta P_{м. ст. ном} = \Delta P_{ст. ном} + \Delta P_{м. п. ном}$ — номинальные активные потери мощности в обмотках двигателя, где $\Delta P_{м. ст. ном} = r_1 (\gamma_{ном}^2 \cos^2 \varphi_{ном}) =$ номинальные активные потери мощности в статоре, $\Delta P_{м. п. ном} = 1,01 s_{ном} (1 - s_{ном})$ — номинальные активные потери мощности в роторе;
4. $\Delta P_{с. ном} = (1 - \gamma_{ном} \gamma_{ном} - 0,015 - \Delta P_{м. ном})$ — номинальные активные потери мощности в стали двигателя;
5. $a_1 = \Delta P_{с. ном} (1 - s_{ном}), a_2 = \Delta P_{м. ном} (1 - s_{ном})$ — коэффициенты;
6. $\eta_k = \frac{k_1^2 k_2 - s_{ном} k_2^2}{k_1^2 k_2 + 0,01 k_2^2 - s_{ном} k_2 - 0,01 s_{ном} k_1 + a_1 k_1^2 + a_2 s_1^2}$ — КПД

двигателя при заданных значениях k_1 и $k_2, U/U_{ном}$.

При практическом нормировании расхода электроэнергии энергоустановок с электродвигательным приводом необходимо пользоваться

нормативными характеристиками, разрабатываемыми на основе характеристик двигателя и технологической машины (механизма) с использованием экспериментальных данных одного эксплуатационного режима работы установки.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Основные положения по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве.—М.: Атомиздат, 1986.—16 с.
2. Временная инструкция по нормированию расхода газа и электрической энергии в литейном производстве.—Минск: Авторемпроект, 1981.—106 с.
3. Инструкция по нормированию расхода электрической энергии при обогащении руды на предприятиях медной подотрасли.—Свердловск: УНИПРОМЕДЬ, 1983.—47 с.

ЕрПИ

2 IV, 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 276—280.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 531.75:65.011.56

С. Г. КЮРЕГЯН

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УЧЕТА ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ

Рассмотрена операция отпуска и приема жидких продуктов, осуществляемая парком различных резервуаров. Задача сведена к нелинейному программированию с критерием минимума погрешности измерения массы всего продукта.

Определено оптимальное распределение продуктов в резервуарах, на основании чего предлагается построить автоматизированную систему распределения и учета жидких продуктов в резервуарном парке.

Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.

Գրադրված է հեղուկ նյութերի ստացման և առաքման գործողության իրագործումը տարրեր պահեստարանների համակարգի միջոցով: Այն բերված է ոչ դժային ծրագրավորման խնդրի՝ բազմամրղ նյութի շտիման փոքրագույն սխալի շտիմանիչով: Որոշված է հեղուկ նյութերի նպատակահարմար բաշխումը պահեստարաններում, արի հիման վրա տեսչարկվում է պահեստարանների համակարգում ստեղծել հեղուկ նյութերի բաշխման և հաշվառման ավտոմատացված շտմակարգ:

Учет жидких продуктов в вертикальных резервуарах при проведении товарных операций осуществляется с лимитированной погрешностью. Например, ГОСТ 26976-86 [1] регламентирует учет массы нефтепродуктов с относительной погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

В общем случае товарные операции проводятся одновременно в нескольких резервуарах, при этом масса продукта M определяется как



сумма масс M_i единичных измерений в каждом резервуаре:

$M = \sum_{i=1}^n M_i$. ГОСТ 26976-86 устанавливает модели для оценки относительных погрешностей δM_i измерения массы в резервуаре. Погрешность δM измерения всей массы продукта складывается из погрешностей единичных измерений и может быть оценена в виде

$$\delta M = K_p \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{M_i^2}{M^2} \delta M_i^2} \quad (1)$$

где K_p — квантильный коэффициент.

Из (1) очевидно, что погрешность измерения всей массы может находиться в пределах лимитированной, если даже отдельные единичные измерения массы будут выполняться с погрешностью больше лимитированной. Рассмотрим товарную операцию, осуществляемую одновременно парком из n различных резервуаров. Введем следующие обозначения: $x_i = M_{iM} / M_{iM}$ — относительное значение отпускаемой или принимаемой массы продукта для i -го резервуара; $x_{i0} = M_{i0} / M_{i0}$ — относительное значение массы продукта (или степень заполнения) в i -ом резервуаре; $d_i = M_{iM} / M$ — относительное значение массы продукта полного i -го резервуара при товарной операции; M_{iM} , M_{i0} — масса продукта соответственно полного i -го резервуара и всех полных резервуаров парка; M_{i0} , M_i — масса продукта, хранящегося до начала товарной операции соответственно в i -том резервуаре и во всех резервуарах парка.

Выразим погрешность измерения всей массы продукта при товарной операции через погрешность измерений в каждом резервуаре. Воспользуемся моделями погрешности гидростатического и объемно-массового методов измерения массы продукта в резервуаре из [1] и выразим (1) в зависимости от x_i

$$\delta M^2 = 1,21 \sum_{i=1}^n (a_i x_i^2 \mp b_i x_i + c_i), \quad (2)$$

где знаки « \rightarrow » и « \leftarrow » относятся к операциям отпуска и приема продукта соответственно.

Коэффициенты a_i , b_i и c_i содержат нормируемые погрешности средств измерений в каждом i -ом резервуаре и параметры, характеризующие резервуары в их состоянии до начала товарной операции. Например, при гидростатическом методе измерения массы продукта в резервуаре и нормировании приведенной погрешности δP_{i0} датчика давления будем иметь

$$a_i = d_i^2 (\delta S_i^2 + \delta A_i^2), \quad b_i = 2d_i^2 x_{i0} \delta S_i^2, \quad c_i = 2d_i^2 (\delta P_{i0}^2 + x_{i0}^2 \delta S_i^2),$$

где δS_i и δA_i — относительные погрешности соответственно градуировки и вычислительной системы i -того резервуара.

Перед товарной операцией необходимо проверить ее выполнимость:

$$\begin{aligned} M &\leq M_0 - \text{при отпуске продукта,} \\ M &\leq M_{11} - M_0 - \text{при приеме продукта,} \end{aligned} \quad (3)$$

а затем выбрать соответствующий парк резервуаров для выполнения операции. Далее необходимо определить количество отпускаемого или принимаемого продукта в каждый резервуар отведенного парка и вычислить общую погрешность измерения. Здесь возникает множество решений, выбор из которых осуществим по минимуму погрешности измерения всей массы продукта. В качестве минимизируемой примем из (2) следующую функцию:

$$f(x) = x^T A x \mp b^T x, \quad (4)$$

где $x = \{x_i\}$ — n -мерный вектор, $A = \{\text{diag } a_i\}$ — диагональная матрица $n \times n$, $B = \{b_i\}$ матрица-столбец.

На переменные x из условия выполнимости операции в каждом резервуаре наложены следующие ограничения:

$$h(x) = \sum_{i=1}^n d_i x_i - 1 = 0, \quad (5)$$

$$g_{1i}(x) = x_i \geq 0, \quad (6)$$

$$g_{2i}(x) = x_{i0} - x_i \geq 0 - \text{при отпуске продукта,} \quad (7)$$

$$g_{2i}(x) = 1 - x_{i0} - x_i \geq 0 - \text{при приеме продукта,}$$

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

Как видно из (4)–(7), задача сводится к нелинейному (квадратичному) программированию с ограничениями типа равенств и неравенств [2]. Получено аналитическое решение задачи, которое представим в виде

$$x_i^* = \frac{d_i}{a_i p} \left[1 \mp \frac{1}{2} \left(l - \frac{b_i p}{d_i} \right) + \frac{h}{2} \right] - \frac{u_{1i} - u_{2i}}{2a_i}, \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, n,$$

где $p = \sum_{j=1}^n \frac{d_j^2}{u_j}$, $l = \sum_{j=1}^n \frac{d_j b_j}{u_j}$, $h = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{u_j} (u_{1j} - u_{2j})$, u_{1i} и u_{2i} — множители Лагранжа. Знаки „ \mp “ в (8) соответствуют (2).

Решение внутри области, ограниченной условиями (5)–(7), представляет глобальный минимум. Для определения вектора u и соответствующих решений на границах области имеем следующие условия:

$$\begin{aligned}
 u_{1i} &\geq 0, \quad u_{2i} \geq 0, \quad u_{1i} \cdot x_i = 0, \\
 u_{2i} (x_{i0} - x_i) &= 0 \quad \text{при отпуске,} \\
 u_{2i} (1 - x_{i0} - x_i) &= 0 \quad \text{при приеме,} \\
 i &= 1, 2, \dots, n,
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

а также ограничения (5) — (7).

Достаточные условия существования минимума [2]

$$v^T \nabla^2 L v = 2 \sum_{i=1}^n a_i v_i^2 > 0$$

выполняются для любого ненулевого вектора v , т. к. $a_i > 0$ ($i = 1, 2, \dots, n$), где $\nabla^2 L$ — матрица Гессе обобщенной функции L Лагранжа. Необходимые условия существования минимума на границах области обеспечиваются, поскольку градиенты ограничений типа равенств и активных неравенств линейно независимы и координаты минимума определяются пересечением указанных ограничений. Погрешность измерения всей массы продукта при товарной операции можно вычислить по одной из формул

$$\delta M = 1,1 K_p \sqrt{f(x^*) + \sum_{i=1}^n c_i} = K_p \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i d_i \delta M_i)^2} \quad (10)$$

где δM_i вычисляются по моделям ГОСТ 26976—86.

Рассмотрим пример отпуска продукта массой $M = 20000 \text{ т}$ из пяти резервуаров различной емкости, снабженных датчиками давления с нормированными приведенными погрешностями δf_{i0} , и измерение массы продуктов в которых реализуется гидростатическим методом. Примем: $\delta S_i = 0,2\%$, $\delta \rho_{ni} = 0,1\%$, $\delta N = 0,1\%$ для всех резервуаров и $K_p = 1$. Исходные данные и решение задачи приведены в таблице.

В примере рассмотрены оптимальные решения для различных количеств резервуаров, т. к. вполне возможно, что из технологических соображений нецелесообразно проводить товарную операцию всеми резервуарами, или же стать необходимостью полностью опорожнить некоторые резервуары. Глобальный минимум для случая четырех и пяти резервуаров оказался за пределами области ограничения и поэтому определен локальный минимум на границах области.

Таким образом на базе модели погрешности измерения массы продукта при товарных операциях можно определять распределение продукта по резервуарам, измерив всю массу с погрешностью, не превышающую лимитированную. Полученные результаты могут быть использованы при построении автоматизированной системы учета и распределения жидких продуктов в резервуарах.

№ резервуаров	1	2	3	4	5		
M_{M1}, m	1600	4000	8000	16000	40000		
M_{10}, m	800	1000	2400	12800	16000		
x_{10}	0.50	0.25	0.30	0.80	0.40		
d_1	0.08	0.20	0.40	0.80	2.00		
n	1	2	3	4	5	$\Delta M, \%$	
5	x_1^* $\Delta M_1, \%$	0.500 0.400	0.250 0.670	0.300 0.670	0.800 0.310	0.175 2.000	0.368
4	x_1^* $\Delta M_1, \%$	0.500 0.400	0.250 0.670	0.300 0.570	0 0	0.395 0.467	0.373
3	x_1^* $\Delta M_1, \%$	0 0	0 0	0.033 5.010	0.057 0.460	0.279 0.610	0.396
2	x_1^* $\Delta M_1, \%$	0 0	0 0	0 0	0.515 0.402	0.282 0.650	0.118

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 26976-86. Нефть и нефтепродукты. Методы измерения массы.—М.: Изд-во стандартов, 1986.—14 с.
- Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование.—М.: Мир, 1975.—534 с.

ЕрIII

23. II. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 280—285

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.391.81

А. М. АГАНОВ

ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
РАЗМЫТЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ОПТИМАЛЬНЫМ
ВЫБОРОМ ЧИСЛА ИТЕРАЦИЙ

Предлагается метод определения оптимального числа итераций и описывается основанный на нем алгоритм восстановления размытых изображений в автоматическом режиме обработки. Алгоритм вычисляет точные, удовлетворительные оценки изображений без учета широты и оптимального выбора, когда оптическая передаточная функция системы характеризуется экспоненциальной. В работе приведены результаты машинного эксперимента по восстановлению двумерных изображений.

Ил. 2. Библиогр. 1 назв.

Նկարագրված է ազազաղված պատկերների վերականգնման ալգորիթմ, հիմնված իտե-
րացիաների նպատակահարմար ընդ որոշման առաջարկված մեթոդի վրա: Առանց օպերա-
տորի մասնակցության կոտրելով է ազազաղված պատկերների բազարար զեա՛աաաան:
Ալգորիթմը ներառում է ալն դեպքը, երբ պատկեր ճազորոզ համակարգի օպտիկան փո-
խանցման ֆունկցիան նշուաիփոխ է: Աշխատանքում բերված է ն կրկնափ պատկերների վե-
րականգնման մերենալական փորձի արդյունքները:

Как известно [1], задача восстановления изображений, принадле-
жащая классу некорректно поставленных, сводится к решению
двухмерного интегрального уравнения свертки в интепсивностях,
описывающему формирование изображения в линейной некорреп-
тной изопланатической системе

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x-x', y-y') f(x', y') dx' dy' + n(x, y), \quad (1)$$

где $g(x, y)$ —наблюдаемое размытое изображение, $f(x, y)$ —объект,
подлежащий восстановлению, $h(x, y)$ —функция рассеяния точки
(ФРТ) системы формирования, $n(x, y)$ —аддитивный шум регистра-
ции. Применение тех или иных итерационных методов его решения,
предполагающих малое время вычислений и минимальные требова-
ния к оперативной памяти ЭВМ, существенно зависит от характера
изменения оптической передаточной функции (ОПФ), являющейся
преобразованием Фурье от $h(x, y)$. Так, например, для систем фор-
мирования, дискретизованная ОПФ $H(m, n)$ которых претерпевает
инверсию фазы, целесообразно применение модифицированного ал-
горитма Ван-Циттерта [2]. Данный алгоритм, практически инвариант-
ный к виду ОПФ, в ряду итерационных методов решения (1) по праву
занимает преимущественное положение. В пространственной области
он состоит а повторном размытии наблюдаемого изображения, что
осуществляется на основе корреляции этого изображения с ФРТ и
последовательности итераций, когда при расчете невязки свертка-
оценки при k -ой итерации производится не с самой ФРТ, а с ее авто-
корреляционной функцией.

В пространственно-частотной области оценка для k -ой итерации
в силу линейности алгоритма может быть найдена в явном виде

$$\bar{F}^{(k)}(m, n) = \frac{1 - |1 - |H(m, n)|^2| |1 - \alpha |H(m, n)|^2|^k}{|H(m, n)|} G(m, n), \quad (2)$$

где $\bar{F}^{(k)}(m, n)$, $H(m, n)$, $G(m, n)$ — дискретные преобразования Фурье
(ДПФ) соответствующих функций и (1), а α — параметр экселерации,
управляющий скоростью сходимости и удовлетворяющий на всех ча-
стотах неравенству $|1 - \alpha |H(m, n)|^2| < 1$. Последующее обратное
ДПФ над $\bar{F}^{(k)}(m, n)$ дает искомую пространственную оценку
 $\bar{f}_k(x, y)$. В пределе при $k \rightarrow \infty$ оценка (2) стремится к оценке ин-
версного фильтра $F_i(m, n)$ [2]

$$\tilde{F}_j(m, n) = \lim_{k \rightarrow \infty} \tilde{F}^k(m, n) = \frac{G(m, n)}{H(m, n)}$$

При моделировании на ЭВМ задачи итерационного восстановления в качестве объективного количественного критерия близости пространственной оценки $\tilde{f}_k(m, n)$ к оригиналу $f(m, n)$ используется относительное среднеквадратическое отклонение (СКО)

$$e_k = 100 \frac{\|\tilde{f}_k - f\|}{\|f\|}, \quad (3)$$

где $\|f\| = \left[\sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N |f(m, n)|^2 \right]^{1/2}$ — норма в пространственной области.

Данный критерий, предполагающий некий объект априори известным, на практике не позволяет выбрать оптимальное число итераций. Опыт использования (2) в реальной обработке изображений показал, что достижение близкого к оптимальному (с смысле минимизации (3)) числа итераций возможно лишь при принадлежности оригинала к некоторому классу характерных объектов (например, человеческих лиц, галактик и т. д.). При этом поиск удовлетворительной оценки осуществляется оператором в интерактивном режиме, с помощью визуального контроля качества [2]. В случае же отсутствия минимальной априорной информации об оригинале вопрос выбора оптимального числа итераций остается открытым.

В работе с целью автоматизации процесса обработки и устранения субъективного фактора предлагается итерационный алгоритм (2) с оптимальным выбором числа итераций, а также приведены результаты машинного эксперимента по восстановлению двумерных изображений.

Оценивая СКО флуктуаций шума \tilde{e}_n в результате предварительной обработки данных, запишем справедливую для инверсного фильтра с пространстве ДПФ оценку погрешности, обусловленной шумами регистрации

$$\|F - \tilde{F}_j\| \leq \|H^{-1}\| N \tilde{e}_n, \quad (4)$$

где $N \times N$ — размерность поля изображения и $\|\cdot\|$ — согласованная с нормой в пространственной области, норма в пространстве ДПФ

$$\|F\| = \left(\frac{1}{N^2} \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N |F(m, n)|^2 \right)^{1/2}$$

Положив для простоты $\tilde{e} = 1$, оценим погрешность оценки (2) для k -ой итерации относительно \tilde{F}_j

$$\|\tilde{F}_j - \tilde{F}^{(k)}\| \leq (G) \|H^{-1}\| (1 - |H^2|)^{k-1}$$

Записав неравенство треугольника

$$|F - \widehat{F}| \leq |\widehat{F} - F_r| + |F_r - F|, \quad (5)$$

воспользуемся регуляризационным принципом согласования погрешностей [3] в правой части (5), являющегося искомым критерием оптимальности

$$\|G\| \|H^{-1}\| \cdot (1 - \|H\|^2)^{k-1} \approx \|H^{-1}\| N \widehat{\sigma}_n. \quad (6)$$

Подставляя в (6) выражения для соответствующих норм, найдем оптимальное число итераций, играющее в данной задаче роль параметра регуляризации

$$k_0 \approx \left\lfloor \frac{\ln \left\{ \frac{N \widehat{\sigma}_n}{\left(\sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N |G(m, n)|^2 \Lambda^2 \right)^{1/2}} \right\}}{\ln \left\{ \frac{1}{N^2} \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N |1 - |H(m, n)|^2|^2 \right\}} \right\rfloor, \quad (7)$$

где $\lfloor \cdot \rfloor$ — целая часть числа.

Как видно из (7), k_0 есть частное от деления относительного содержания флуктуаций амплитуды шума в данных к систематической мере искажения, вызванной ОПФ системы формирования, взятых в логарифмическом масштабе. Анализ (7) приводит к заключению, что когда ФРТ системы формирования достаточно узка, а уровень шума велик, полученное оптимальное число итераций k_0 незначительно. Действительно, чтобы поднять разрешение в слабо размытом изображении, достаточно несколько первых итераций. Попытка же продлить итерации приводит к существенному усилению шума в оценке. И наоборот, в случае сильного смаза, когда дискретная ОПФ отлична от нуля лишь в малой окрестности нулевой частоты, а шум достаточно мал, k_0 будет велико. В этом случае компромисс между увеличением утраченного разрешения и нарастанием шума в оценке наступит лишь после длительного итерирования смазанного изображения.

Для проверки работоспособности алгоритма и цифрового моделирования задачи восстановления был использован двумерный бинарный объект, представляющий собой стилизованное изображение собачки из класса фигур «Танграм» [4]. Объект, заключенный в рис. 1 в пределах выделенного контура, представлен на этом же рисунке в виде своей размытой и зашумленной копии в поле размером 64×64 элемента. Для визуализации использовалась условная распечатка на АЦПУ с символьным кодированием с двойной печатью, обеспечивающим 16 условных уровней градаций. При моделировании равномерного смаза в качестве двумерной ФРТ использовалась прямоугольная дискретная функция окна размера 8×8 , раз-

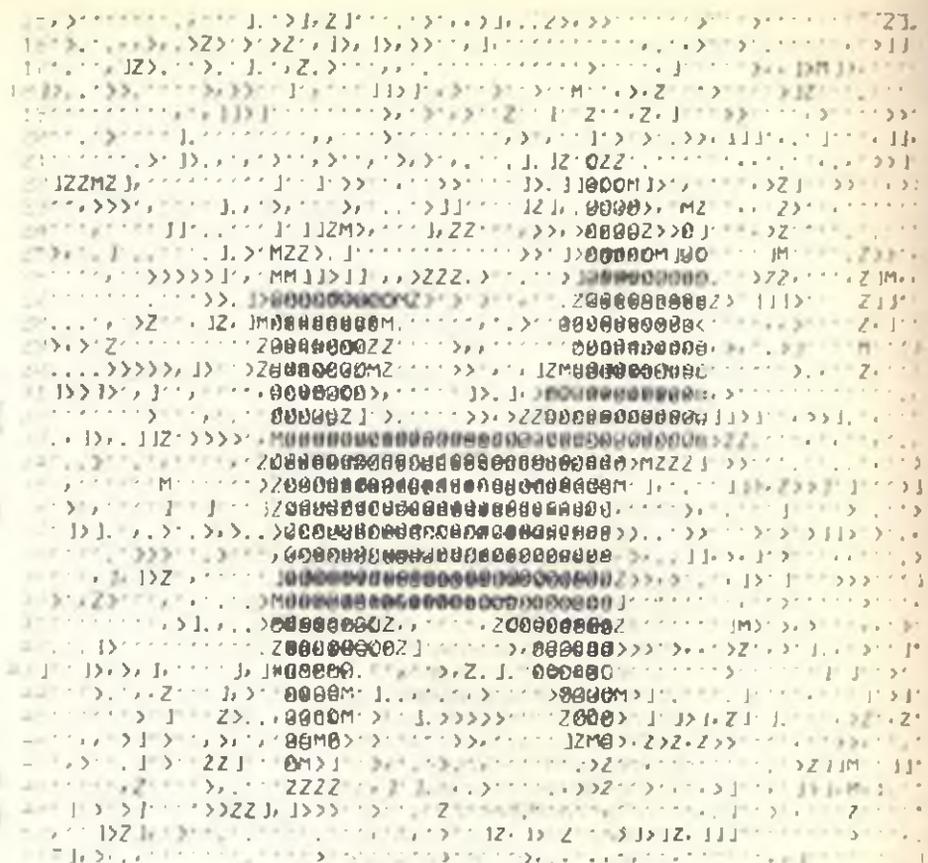


Рис. 2. Оценка объекта, полученная в результате 185 итераций.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Василенко Г. И., Тараторкин А. М. Восстановление изображений.—М.: Радио и связь, 1986.—304 с.
2. Kawata S., Ichikawa V. Iterative Image restoration for lineary degraded images: Reblurring procedure. J. Opt. Soc. Amer. 1980. — V. 70. — P. 765—771.
3. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики.—М.: Наука, 1980.—536 с.
4. Василенко Г. И. Голографическое опознание образов.—М.: Сов. радио, 1977.—328 с.

Ер. фил. ВНИИОФИ

18. II. 1989

УДК 518.4:519.83

А. Г. САРКИСЯН, Г. А. САРКИСЯН

РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА
ПАРАМЕТРОВ МНОГОКРАТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
ФУРЬЕ

Предлагается новый метод расчета многомерных коэффициентов Фурье для случая, когда число коэффициентов намного меньше числа узлов сетки, позволяющий значительно упростить процедуру расчета и, следовательно, повысить его скорость.

Библиогр.: 2 назв.

Առաջարկվում է Ֆուրյեի բազմաչափ գործակիցների հաշվարկի նոր մեթոդ այն դեպքի համար, երբ գործակիցների թիվը շատ փոքր է դանցի հանգույցների թվից: Այն մոտավորում է հաշվարկի ընթացակարգի բազմաանաչափ պարզեցում և «տեսարար» արագության մեծացում:

При решении ряда электродинамических задач и, в частности, для определения электромагнитных параметров линии передачи при прохождении токов низкой и высокой частоты часто сталкиваются с затруднениями, связанными с численным определением напряженностей электрического и магнитного полей на ЭВМ. Эти затруднения вызваны тем, что вычисления ядра в виде экспоненциальной функции приводит к потерям машинного времени при неоднократном обращении к этим функциям.

В настоящей статье предлагается новый метод вычисления коэффициентов m -кратного ряда Фурье [1]

$$C_{k_1, k_2, \dots, k_m} = \frac{1}{(2\pi)^m} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \dots \int_0^{2\pi} f(x_1, x_2, \dots, x_m) \times \\ \times \exp\left(-i \sum_{j=1}^m k_j x_j\right) dx_1 dx_2 \dots dx_m, \quad (1)$$

$$f(x_1, x_2, \dots, x_m) = \sum \sum \dots \sum C_{k_1, k_2, \dots, k_m} \exp\left(i \sum_{j=1}^m k_j x_j\right), \quad (2)$$

требующий $P \cdot N$ операций умножения, где P —число коэффициентов Фурье, N —размерность выходного массива по m —измерению. Сравнение данного метода с обычным алгоритмом Винограда показывает, что если число коэффициентов Фурье меньше числа узлов сетки ($P \ll N^m$), то предложенный алгоритм приводит к существенному сокращению времени вычисления. Метод Винограда (число операций порядка N^{m+1} , при этом рассчитываются сразу все коэффициенты) базируется на следующем представлении выражения (1):

$$C_{k_1, k_2, \dots, k_m} \approx \lambda \sum_{j=0}^{N-1} \alpha_j \varphi_j, \quad (3)$$

где

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \dots \cdot \lambda_m,$$

$$\lambda_j = \begin{cases} \frac{1}{N} \cdot k_j = 0, \\ \frac{N}{2\pi^2 k_j^2} (1 - \cos \Delta x k_j), & k_j \neq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m, \end{cases}$$

α_j — сумма некоторых значений f , объединенных при группировке; φ_j — соответствующий член множества (6).

Суть алгоритма перехода от (1) и (3) заключается в следующем.

1. Область интегрирования в (1) покрывается равномерной прямоугольной сеткой. Число разбиений по каждой переменной равно N . Сторона сетки определяется по формуле $\Delta x = 2\pi/N$.

2. Интеграл (1) вычисляется путем аппроксимации подынтегральной функции $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ многочленами на каждом кубе сетки.

Для многочленов первого порядка (формула трапеции) соответствующая кубатурная формула имеет вид

$$C_{k_1, k_2, \dots, k_m} \approx \lambda \sum_{n_1=0}^{N-1} \sum_{n_2=0}^{N-1} \dots \sum_{n_m=0}^{N-1} f(n_1 \Delta x, n_2 \Delta x, \dots, n_m \Delta x) \times \\ \times \exp\left(-i \Delta x \sum_{j=1}^m k_j n_j\right), \quad (4)$$

при этом возникающая погрешность оценивается как

$$|R_N| \approx \frac{(2\pi)^2}{12N^2} \sum_{j=1}^m \max \left| \frac{\partial^2 f}{\partial x_j^2} \right|.$$

Во всех случаях необходимо вычислить значения функции

$$\exp\left(i \Delta x \sum_{j=1}^m k_j n_j\right). \quad (5)$$

Вычисления значений этой функции реализуется с помощью леммы, суть которой заключается в следующем.

Всевозможные значения функции (5) принадлежат множеству $\varphi = \{\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_N\}$, где

$$\varphi_0 = 1, \quad \varphi_1 = \exp(i \Delta x), \quad \varphi_2 = \varphi_1 \cdot \varphi_1, \quad \dots, \quad \varphi_N = \varphi_{N-1} \cdot \varphi_1. \quad (6)$$

При расчете функции (5) следует учесть периодичность функции $\exp(ix)$. Ясно, что $\exp\left(i \Delta x \sum_{j=1}^m k_j n_j\right) = \varphi_s$, где s — остаток от деления $\sum_{j=1}^m n_j k_j$ на N .

Вычисление параметров многократных преобразований Фурье осуществляется согласно следующему алгоритму.

Шаг 1. Вычисляется последовательность (6) (один раз для всех значений (k_1, k_2, \dots, k_m)). При этом для сокращения числа операций используется идея метода быстрого преобразования Фурье [2].

Шаг 2. Вычисляется s -остаток от деления $\sum_{j=1}^m n_j k_j$ на N .

Шаг 3. Вычисляются коэффициенты λ_j .

Шаг 4. Правая часть (4) группируется по одинаковым значениям φ_j -членов последовательности (6). После такой группировки правая часть (4) сводится к виду

$$C_{k_1, k_2, \dots, k_m} \approx k \sum_{s=0}^{N-1} \alpha_s \varphi_s.$$

Каждое значение $f(n_1 \Delta x, n_2 \Delta x, \dots, n_m \Delta x)$ входит в одну из сумм α_s ($s = 0, 1, \dots, N-1$) и остается лишь определить соответствующие номера s .

Шаг 5. Вычисляется C_{k_1, k_2, \dots, k_m} .

Таким образом, для всех интегралов (1) и сумм (2) один раз вычисляется последовательность (6) и значения функции f в каждой точке сетки. Остальные действия связаны лишь с умножением сумм значений функций f на значения элементов последовательности (6).

Разработанная вычислительная методика расчета параметров многократных преобразований Фурье применяется в кабельной технике с целью определения электромагнитных параметров передачи кабелей связи, приводящая к усовершенствованию их конструкций и снижению материалоемкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров.—М.: Наука, 1978.—831 с.
2. Эйххофф П. Основы идентификации систем управления.—М.: Мир, 1975.—683 с.

УДК 681.325(088.8)

Б. М. МАМИКОНЯН

РЕЗИСТИВНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УГЛА ПОВОРОТА

Описан бесконтактный резистивный преобразователь полного угла. Он содержит поворотный кодовый диск с кодовой маской натурального двоичного кода, участки которой выполнены из магнитоэсткой пленки, и неподвижные элементы считывания кода в виде тонкопленочных магниторезисторов с надлежащим образом подобранными сопротивлениями. Показано, что при таком выполнении элементов считывания кода функция преобразования преобразователя получается линейной.

Ил. 3. Библиогр.: 4 назв.

Ակարագրված է յոթվ անկյան անհարկազոր դիմադրական փոխակերպիչ: Այն պարունակում է զարման կոդային սկավառակ՝ բնական երկտական կոդի դիմակով, որի տեղամասերը պատրաստված են մագնիսակոշտ թաղանթից, կոդի հաշվման անշարժ տարրեր՝ բարակաթաղանթային մագնիսադիմադրությունների տեսքով, որոնց դիմադրությունների արժեքները ընտրված են հատուկ կերպով: Ցույց է տրված, որ կոդի հաշվման տարրերը նման կերպով ընտրելու դեպքում փոխակերպիչի մեմորման ֆունկցիան ստացվում է գծային:

В технике электрических измерений остро стоит проблема создания преобразователя (П) угла поворота (вплоть до полного угла) с линейным резистивным выходом. Такой преобразователь применяется в системах контроля и управления для преобразования угла поворота валов и осей в активное электрическое сопротивление, в частности—в качестве компенсирующего элемента в автоматических уравновешенных мостах и потенциометрах.

Наиболее распространенный из таких П—контактный реохорд, достоинством которого является простота конструкции и возможность питания как постоянным, так и переменным током. Однако наличие скользящего электрического контакта снижает надежность его работы: в результате окисления поверхности проволоки возможно нарушение контакта; неравномерный износ под движком проволоки вызывает нарушение линейности характеристики преобразования реохорда; для перемещения движка требуется определенное усилие (для преодоления силы трения), что ограничивает применение реохорда для преобразования перемещения слабощиных осей; из-за возможного искрения контакта недопустимо применение реохорда в помещениях с взрывоопасной средой.

Существуют также и бесконтактные П угла поворота с резистивным выходом, представляющие собой комбинацию аналого-цифрового П угол-код (АЦП) и цифро-аналогового П код-сопротивление (ЦАП). АЦП содержит подвижный кодирующий элемент в виде диска или барабана с кодовой маской и неподвижные элементы считывания кода, одинаковые для всех дорожек кодирующего элемента.

Активные участки кодирующего элемента чаще всего выполняют набором вставок из постоянных магнетиков или слоем магнито жесткого ферромагнитного материала (или пленки) в соответствии с законом выбранного кода, а считывание осуществляется герконами или магнитоуправляемыми контактами [1, 2]. Последние выполняют роль ключей в ЦАП, включенных в цепи резисторов с надлежащим образом подобранными сопротивлениями. Таким образом, получаемая на выходе АЦП кодовая комбинация управляет ключами ЦАП.

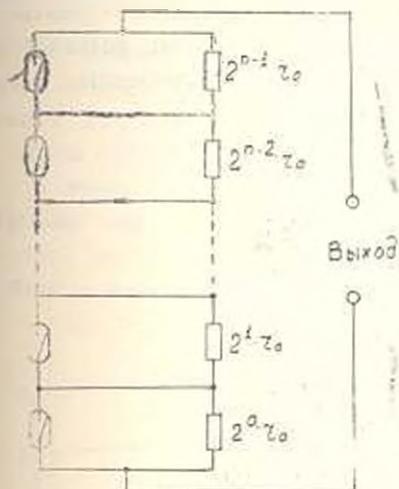


Рис. 1. Схема ЦАП с последовательно включенными резисторами.

На рис. 1 показана схема ЦАП с последовательно включенными резисторами для случая n -разрядного двоичного кодового АЦП [3]. Ключи 1 (контакты герконов) замыкаются, если соответствующий коэффициент i -го разряда двоичного кода $a_i = 1$, и замыкаются, если a_i равен нулю. Выходное сопротивление ЦАП определяется выражением

где r_0 —сопротивление резистора младшего разряда, соответствующее шагу квантования.

$$R = r_0 \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i.$$

Построенный по такому принципу резистивный П угла поворота достаточно сложен и не обеспечивает стабильность в работе. К стабильности переходных сопротивлений коммутационных ключей предъявляются высокие требования, которые трудно обеспечить в случае бесконтактных (электронных) ключей. Отношение выходных сопротивлений разомкнутого и замкнутого электронного ключа недостаточно большое: в разомкнутом состоянии сопротивление не равно бесконечности, а в замкнутом—не равно нулю, к тому же эти сопротивления недостаточно постоянны. Поэтому шунтирование ими резисторов ЦАП искажает сопротивления разрядов последних. Вследствие отмеченных недостатков электронных ключей в высокоточных ЦАП (погрешность менее 0,1%) применяются исключительно контактные ключи (герконы). Таким образом, полная бесконтактность этих П не обеспечивается. Из-за указанных недостатков описанный П оказался неконкурентоспособным с контактным реохордом, который до последнего времени находил исключительное применение в автоматических мостах и компенсаторах.

В Лен. фил. ЕРПН разработан бесконтактный П угла поворота с резистивным выходом, схема которого приводится на рис. 2а. На рис. 2б показаны элементы считывания кода с частичным разрезом

В Лен. фил. ЕРПН разработан бесконтактный П угла поворота с резистивным выходом, схема которого приводится на рис. 2а. На рис. 2б показаны элементы считывания кода с частичным разрезом

кодирующего элемента, который условно изображен прозрачным П без кодовой маски. П содержит кодирующий элемент—диск 1, связанный с контролируемым каналом. На поверхности диска нанесена кодовая маска натурального двоичного кода с участками 2 из магнито жесткой ферромагнитной пленки. Неподвижная часть П состоит из подложки 3, выполненной из изоляционного материала, например, из стекла, на которую напылены пермаллоевые элементы 4 считывания кода, соединенные между собой последовательно посредством отрезков проводников 5 (также напыленных) и подключенных к выходным клеммам 6, 7 П.

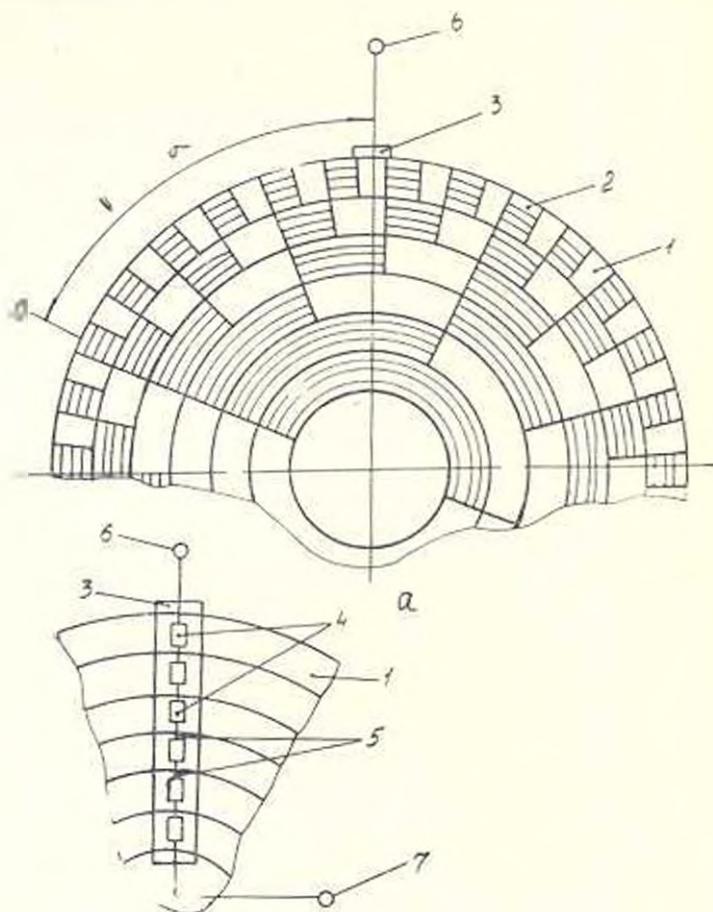


Рис. 2. Схема бесконтактного резистивного преобразователя угла поворота (а) и элементы считывания кода (б)

Напыление элементов 4 ведется в постоянном магнитном поле на предварительно нагретую подложку; состав пермаллоя—примерно 81% Ni, 19% Fe. Полученная таким способом ферромагнитная пленка отличается почти нулевой магнитострикцией, резко выраженной магнитной анизотропией и обладает магниторезистивным эффектом.

Удельное электрическое сопротивление пленки в направлении ОЛН (оси легкого намагничивания) максимальное, когда намагниченность пленки направлена вдоль этой оси, и уменьшается на 2—3%, когда намагниченность перпендикулярна ОЛН, т. е. направлена вдоль ОТН (оси трудного намагничивания) пленки [4]. В описываемом П пленки 4 соединены между собой вдоль своих ОЛН, а значения их сопротивлений выбраны равными $2^{i-1} r_0$ при ориентации намагниченности пленок вдоль ОТН. Значения этих сопротивлений задаются в процессе напыления соответствующим выбором длины и толщины пленки.

В нулевом положении контролируемого угла α пленки 4 всех разрядов кода находятся в зоне действия магнитных полей участков кодовой маски 2 диска 1. Под действием этих полей намагниченности пленок 4 повернуты на угол 90° и фиксированы вдоль их ОТН: в этом состоянии сопротивления пленок минимальны, и общее сопротивление между клеммами 6 и 7 имеет свое начальное значение

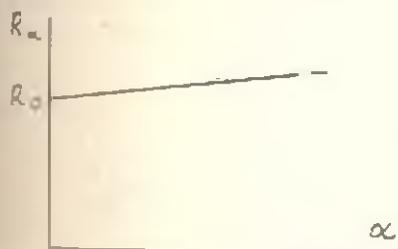


Рис. 3. График функции преобразования бесконтактного резистивного преобразователя угла поворота.

$$R_0 = r_0 \sum_{i=1}^{n-1} 2^{i-1}.$$

Часть пленок 4 оказывается вне зоны действия магнитных полей участков кодовой маски, намагниченности этих пленок под действием магнитного поля анизотропии фиксируются вдоль своих ОЛН и сопротивления их возрастают, увеличивая общее выходное сопротивление П.

Если при повороте намагниченности пленки от ОТН к ОЛН значение сопротивления r_0 считывающего элемента первого разряда кода увеличивается на Δr , то сопротивление считывающего элемента второго разряда кода увеличивается на $2\Delta r$, третьего — на $4\Delta r$, четвертого — на $8\Delta r$ и т. д., поскольку относительное приращение сопротивлений всех элементов одинаково. В положении, когда α равняется П делениям младшего разряда кода, показанном на рис. 2 а, выходное сопротивление П равно

$$R_{11} = (r_0 + \Delta r) + (2r_0 + 2\Delta r) + 4r_0 + (8r_0 + 8\Delta r) + \dots + 16r_0 + 32\Delta r = R_0 + y1\Delta r.$$

а в общем случае

$$R_\alpha = R_0 + k\Delta r. \quad (1)$$

График функции преобразования (1) представлен на рис. 3.

Таким образом, данный П угла поворота обеспечивает непосредственный резистивный выход (уже на выходе АЦП) с линейной характеристикой преобразования при значительно упрощенной кон-

струкции, по сравнению с известными аналогичными П, и высокой стабильности.

Заметим, что большинство резистивных первичных П неэлектрических величин, как например, металлические термометры сопротивления, тензорезисторы и др. имеют функцию преобразования, подобную (1), и примерно такую же чувствительность, как и описанный П, поэтому последний с успехом может быть использован в качестве компенсирующего П в системах с перечисленными первичными П.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 468285 СССР, АIG08С 9/04. Датчик угловых перемещений /Е. П. Абрамцев, В. Я. Жаворонков (СССР).—№ 1957072/18-24; Заяв. 30.08.73; Опубл. 25.04.75, Бюл. № 15.—5 с.
2. А. с. 517918 СССР, АIG08С 9/04. Преобразователь угол-код /А. А. Миропенко, Ю. С. Шриц (СССР).—№ 2015967/24; Заяв. 11.04.74; Опубл. 15.06.76; Бюл. № 22.—4 с.
3. Ильин В. А. Телеуправление и телеизмерение.—М.: Энергоиздат, 1982—560 с.
4. Караленко С. Х. Тонкопленочные магнитные преобразователи.—М.: Радио и связь, 1985.—208 с.

Исп. фил. ЕРПИ

3. IV. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 293—296.

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 681.785.423.4+681.327.23

А. В. ПАПОЯН

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ СПЕКТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Описана экспериментальная установка для оперативной регистрации спектров слабых одиночных импульсных излучений, состоящая из спектрографа, скоростной фотоэлектрической камеры, микроЭВМ и устройства обмена информацией. Спектр каждого импульса излучения вводится в память микроЭВМ с последующим выводом на графопостроитель. Установка барабана джойи спектрографа приводится автоматически.

Ил. 1. Библиогр. 1 назв.

Նկարագրված է ֆուլլ սիստեմայի ինտելեկտուալ ճանաչողությունների սպեկտրերի գրանցման արանձանի ճանաչողական ֆորմալիզմի սարքավորումը, որը բաղկացում է սպեկտրոգրաֆից, արագընթաց ֆոտոէլեկտրական խցիկից, միկրո-էՎՄ-ից և տեղեկատվության փոխանակման սարքից: Ճանաչողական յուրաքանչյուր իմպուլսի սպեկտրը մտցվում է միկրո-էՎՄ-ի հիշողության մեջ՝ կորակառուցելի վրա նետագա զորարկումով: Սպեկտրագրիչի ալիքի կորագրությունների իմրկազման ղիրքը կատարվում է ավտոմատ կերպով:

В последнее время появился ряд приборов для фотоэлектронной регистрации спектров слабых импульсных источников света. К их числу относится скоростная фотоэлектрическая камера СФЭК-СС.

состоящая из электронно-оптического преобразователя (ЭОП) и видикона. Она позволяет получать на экране запоминающего осциллографа спектрограмму импульса излучения на участке длин волн, который отображается на фотокатод ЭОП с выходной плоскости спектрографа. Недостатком такого метода регистрации является необходимость фотографирования спектрограммы каждого импульса излучения, получающейся на экране запоминающего осциллографа.

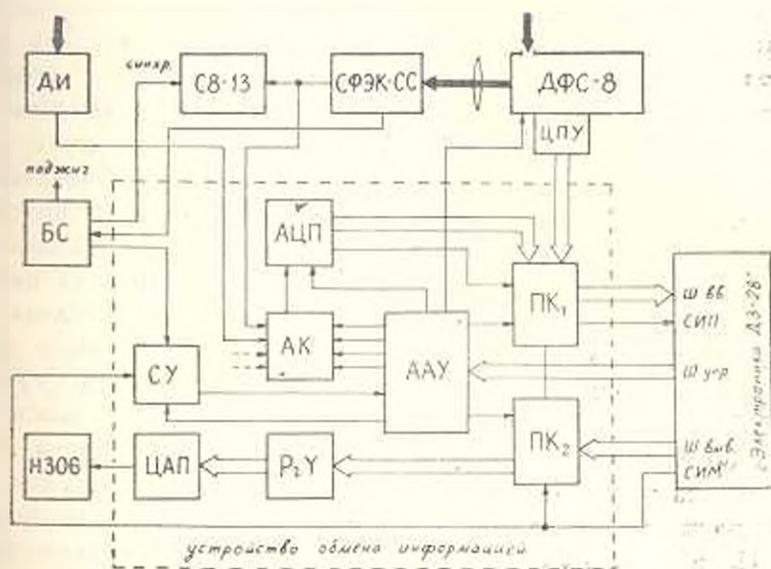


Рис. Блок-схема системы автоматической регистрации спектров импульсных оптических излучений.

В настоящей работе представлена экспериментальная установка, позволяющая оперативно регистрировать спектры слабых излучений, вызванных процессами преобразования частоты импульсного лазерного излучения в нелинейной среде. Блок-схема системы регистрации приведена на рисунке. Система состоит из дифракционного спектрографа ДФС-8 с обратной линейной дисперсией $0,2 \text{ нм/мм}$, скоростной фотоэлектрической камеры СФЭК-СС, запоминающего осциллографа СВ-13, а также устройства обмена информацией и микроЭВМ «Электроника ДЗ-28». Это устройство позволяет записывать сигналы с усилителя видеосигналов видикона СФЭК-СС (т. е. спектры) в оперативную память микроЭВМ или на магнитную ленту, а также выводить записанную информацию в виде последовательности чисел на индикатор микроЭВМ или в аналоговом виде — на графопостроитель Н-306. Одновременно со спектрами записывается и выводится информация об интенсивности возбуждающего лазерного излучения, полученная с датчика контроля интенсивности (ДИ). Устройство обмена информацией собрано по схеме системы сбора, обработки и регистрации информации комплексного термического анализа [1] с необходимыми изменениями. Оно состоит из анализатора адреса

устройства (ААУ), перекодировщиков ввода (ПК₁) и вывода (ПК₂), четырехканального аналогового коммутатора (АК), десятиразрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), регистра хранения (РгУ), цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) и согласующего устройства (СУ).

Блок синхронизации (БС) согласует поджиг рубинового лазера, запуск С8-13 и СУ с началом развертки видеоконка СФЭК-СС. При опросе аналоговых каналов (после окончания развертки видеоконка) СУ блокирует поступающий в ААУ сигнал машинного синхронимпульса (СНМ), что предотвращает переполнение оперативной памяти микроЭВМ вследствие непрерывной записи. При обращении микроЭВМ к другим устройствам блокировка СНМ снимается.

Устройство обмена информацией работает по программе, состоящей из трех подпрограмм. Первая подпрограмма предназначена для ввода аналоговой информации в микроЭВМ. Запуск подпрограммы осуществляется одновременно с поджигом лазера и началом развертки видеоконка. Сначала опрашивается датчик контроля интенсивности, затем периодически—усилитель видеосигналов видеоконка. Цикл программы ввода максимально упрощен и содержит всего три команды, что позволяет за время развертки видеоконка (10^{-1} с) произвести 200 опросов. В оперативную память микроЭВМ можно записать до 60 спектров, а при необходимости эта информация записывается на магнитную ленту. Вторая подпрограмма выводит записанный спектр на индикатор микроЭВМ в виде последовательности чисел. Первое выведенное число соответствует интенсивности возбуждающего излучения, последующие (в вольтах)—точкам опроса усилителя видеосигналов. Вывод спектра на графопроектор осуществляется по третьей подпрограмме. При этом сначала вычерчивается столбик с высотой, соответствующей интенсивности возбуждающего излучения, затем—спектрограмма импульса излучения. По координате X осуществляется равномерная временная развертка.

Установка требуемого положения барабана для волн спектрографа осуществляется автоматически. На валу барабана установлены реверсивный двигатель РД-09 и двенадцатиразрядный цифровой преобразователь угла (ЦПУ) «Гоар». Код угла с ЦПУ поступает на входы ПК₁, предназначенные для подключения внешнего АЦП. По программе, введенной в микроЭВМ, включается реверсивный двигатель и периодически опрашивается ЦПУ. При совпадении кода угла ЦПУ с кодом, занесенным в регистре X микроЭВМ, двигатель отключается. Точность установок и длины волны составляет 0,02 нм.

Описанная установка позволяет регистрировать одиночные импульсы излучения с энергией свыше $5 \cdot 10^{-6}$ Дж и длительностью от 10^{-1} до 10^{-3} с в спектральном диапазоне от 360 до 850 нм. Спектрограммы охватывают участок длины волн, отображенный на фотокатод ЭОП с выходной плоскости ДФС-8. В зависимости от способа отображения величина этого участка составляет от нескольких десятых

навометра до нескольких нанометров. При отображении на фотокатод ЭОП интервала длин волн величиной 0,5 нм разрешающая способность регистрирующей системы составляет величину ~ 20000 .

Ввод спектров в микроЭВМ дает возможность их обработки (усреднения спектров нескольких импульсов излучения, нормировки по интенсивности возбуждающего излучения и т. д.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрадков А. И., Зимин Г. П., Кацюба О. А. Система сбора, обработки и регистрации экспериментальной информации на основе микроЭВМ «Электроника ДЗ-28» // Приборы и техника эксперимента.—1982—№ 6—С. 47—52.

ИФИ АН Армении

28 II. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 296—301.

ГИДРАВЛИКА

УДК 532.5.032

Р. А. МУРАДЯН, Г. Т. ТЕР-КАЗАРЯН

О ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПРОТИВОЭМБОЛИЧЕСКИХ КАВА-ФИЛЬТРОВ

Решая уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости, проведен анализ гидродинамических характеристик противоэмболического кава-фильтра «РЭПТЭЛА». С помощью полученных математических выражений произведены расчеты для оценки степени помех току крови и охарактеризован ламинарный след, вызванный имплантированным кава-фильтром.

Ил. 2. Табл. Библиогр.: 3 назв.

*Հանդիպմանը հեղուկի ճեղքով համար նախիկ-Ստոկսի հախուսումը, հաստատված է հա-
կանդինամիկական կավա-ֆիլտրի ֆրոնտալեմոմենտիական բնութագրերի ուսումնասիրությունը Ըս-
տացված մաթեմատիկական արտահայտությունների օգնությամբ գնահատված է արյան հո-
սանքի աղակազման անոթի ճանր և ուսումնասիրված է շերտավոր շեղոր, որոնք կավա-ֆիլտրի
սպիտակաթյան հետևանքն են:*

За последние годы в хирургической практике с целью профилактики тромбоэмболии легочной артерии широкое применение получили фильтры крови, имплантируемые в нижнюю полую вену (кава-фильтр). Зарубежными авторами разработаны и применяются кава-фильтры различной конструкции [1, 2]. В клинике факультетской хирургии им. С. И. Спасокукоцкого 2-го МОЛГМИ им. Н. И. Пирогова группой авторов под руководством акад. АМН СССР В. С. Савельева разработано противоэмболическое устройство нового типа, которое получило название кава-фильтр «РЭПТЭЛА» (рентгено-эндovasкулярная профилактика тромбоэмболии легочной артерии). Он имеет конусо-видную форму и представляет собой обойму, от которой радиально

расходятся 12 металлических ножек, снабженных крючками-фиксаторами. С помощью этих крючков фильтр фиксируется к стенкам нижней поллой вены. В зависимости от внутреннего диаметра нижней поллой вены применяются фильтры различных размеров (18, 28 и 32 мм). Большинство противоэмболических устройств, в том числе и кава-фильтр «РЭПТЭЛА» получили широкую клиническую апробацию, однако практически неизученными остались их гидродинамические характеристики, что очень важно для оценки изменений гемодинамики в системе нижней поллой вены. Ниже, путем математического моделирования кава-фильтра сделана попытка вывести соответствующие математические выражения, с помощью которых можно оценить степень помех току крови в каждом конкретном случае, возникающих в результате имплантации того или иного противоэмболического устройства. Необходимость в этом вызвана еще и тем, что в медицинской практике не имеются высокочувствительные дифференциальные манометры для измерения местных гидродинамических сопротивлений, вызванных силами трения.

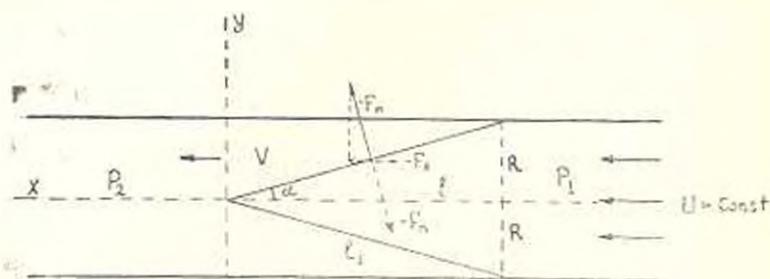


Рис. 1.

Рассмотрим задачу стационарного ламинарного течения жидкости в трубе кругового сечения с радиусом R при наличии в нем конусообразного кава-фильтра, состоящего из 12 ножек-фиксаторов (рис. 1). Площадь всей конической поверхности равна $S_0 = \pi R l$, площадь поверхности фильтра — $S_1 = 12S$, где l — длина ножки, S — ее площадь. Ось трубки выберем в качестве оси x и пусть u — постоянная скорость натекающего на фильтр потока жидкости. Скорость жидкости $v = v(0, y, z)$ на участке l направлена по оси x и является функцией только от координат y и z (в поперечной плоскости). Давление жидкости в трубке на этом участке меняется от первоначального значения P_1 до P_2 . Уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости имеет вид [3]

$$\rho \left[\frac{\partial v}{\partial t} + (v \Delta) v \right] = \bar{F} - \text{grad } P + \tau \Delta v, \quad (1)$$

где ρ — плотность жидкости, P — давление в жидкости, τ — коэффициент вязкости, \bar{F} — сила, с которой фильтр действует на единицу

массы жидкости. Поскольку рассматривается стационарное течение жидкости, то $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$. Граничное условие к уравнению (1) состоит в требовании обращения в нуль скорости жидкости на неподвижных твердых поверхностях трубки ($v = 0$). В данном случае тензор напряжения несжимаемой жидкости записывается в виде

$$\tau_{ij} = -P\delta_{ij} + \eta \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j, k = 1, 2, 3,$$

где δ_{ij} — символ Кронекера. Уравнение непрерывности удовлетворяется тождественно, а x -компонента уравнения (1) примет вид

$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = \frac{1}{\eta} \frac{\partial P(x)}{\partial x} - \frac{1}{\eta} F_x, \quad (2)$$

причем $F_x = -\frac{\sin \alpha F_n}{l_1}$, где F_n — сила, действующая на единицу площади поверхности фильтра в направлении нормали к этой поверхности, α — угол наклона ножки относительно оси x .

Составим уравнение баланса: потери силы на конической поверхности S_0 полностью компенсируются силой, действующей на жидкость со стороны фильтра

$$\Delta P S_0 = (P_1 - P_2) S_0 = F_n S_1. \quad (3)$$

Из уравнения (2) следует, что $\frac{\partial P}{\partial x} = \text{const}$, поэтому

$$\frac{\partial P}{\partial x} = -\frac{\Delta P}{l} = -\frac{P_1 - P_2}{l} = \text{const}.$$

С учетом этого выражения и уравнения (3), из (2) определим поле скоростей жидкости. Для этого выберем начало координат в центре кругового сечения трубки, введем полярные координаты $v = v(r)$ ($r = \sqrt{y^2 + z^2}$) и получим

$$v(r) = \frac{\Delta P}{4\eta l} \left(1 - \frac{\sin 2\alpha}{2} \frac{S_0}{S_1} \right) (R^2 - r^2). \quad (4)$$

Здесь учитывается, что скорость движения жидкости должна оставаться конечной во всем сечении трубки, включая его центр, а также и условие $v = 0$ при $r = R$. Определим явное выражение для силы F_n . Заметим, что сила, действующая на некоторый элемент поверхности, есть поток импульса через этот элемент: $F_i = \Pi_{ij} df_j = (\rho v_i v_j - \sigma_{ij}) df_j$, где Π_{ij} — тензор плотности потока импульса, $df_j = n_j df$ — элемент поверхности с единичным вектором нормали к

нему. Учитывая, что на твердой поверхности $v = 0$, находим силу, действующую на единицу площади поверхности фильтра в направлении нормали \vec{n} к этой поверхности

$$F_s = (F \vec{n}) = P_1 - \gamma \cos \alpha \sin \alpha \frac{\partial v}{\partial r}. \quad (5)$$

С помощью выражений (3)–(5) определим величину $\Delta P(r)$ и после ее усреднения в поперечной плоскости y и z окончательно получим

$$f(\omega, \tau) = \frac{\Delta \bar{P}}{P_1} = \frac{1}{RP_1} \int_0^R \Delta P(r) dr = -\frac{\omega}{\tau} \frac{\ln |1 - \tau\omega - \sqrt{2\tau(1-2\tau)}|}{\omega - \sqrt{2\tau(1-2\tau)}}. \quad (6)$$

$$\text{где } \omega = \frac{S_1}{S_0} = \frac{12d}{\pi R}, \quad \tau = \frac{\sin^2 \alpha}{2}.$$

Коэффициент сопротивления кави-фильтра "РЭПТЭЛА" при этом равен

$$\lambda = \frac{2\Delta \bar{P}}{\rho u^2} = \frac{2P_1}{\rho u^2} f(\omega, \tau). \quad (7)$$

В частности, рассчитаем помехи при следующих характеристиках фильтра: ширина ножки $d = 0,4$ мм, $1,5$ см $\leq l_1 \leq 2,5$ см, 1 см $\leq R \leq 1,6$ см, 90 мм в. с. $\leq P_1 \leq 120$ мм в. с., $\rho_{\text{кр}} = 1,5$ г·см $^{-3}$, $u = (4,916 \cdot 13,25)$ см·с $^{-1}$, $\eta = 5,5$ МПа·с. Число Рейнольдса при длине ножки l_1 равно $Re = \frac{\rho u}{\eta} l_1 = 240,89 l_1$, см $^{-1}$ ($\bar{u} = 8,833$ см·с $^{-1}$).

Расчеты проводились в трех случаях при $P_1 = (90, 105, 120)$ мм в. с. соответственно, тогда: $\xi_1 = 150,84 f(\omega, \tau)$, $\xi_2 = 175,45 f(\omega, \tau)$, $\xi_3 = 200,05 f(\omega, \tau)$. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таким образом, при заданном d потеря давления $\Delta \bar{P}$ уменьшается при $\omega \rightarrow 0$ или $l_1 \rightarrow R$. В заключении весьма приближенно оценим размеры ламинарного следа, который образуется выше имплантированного кави-фильтра (рис. 2). Пусть u — постоянная скорость натекающего на фильтр потока жидкости. Истинную скорость в каждой точке можно представить в виде $\vec{u} + \vec{v}$. На большом расстоянии от фильтра скорость \vec{v} заметно отлична от нуля лишь в сравнительно „узкой“ области вокруг оси x , которая называется ламинарным следом. Движение жидкости в „следе“ значительно завихрено. На значительном расстоянии от фильтра движение жидкости можно считать потенциальным везде, за исключением лишь области следа. В общем случае закон убывания скорости жидкости в следе имеет экспоненциальный вид [3], из него следует, что скорость уменьшается в $e = 2,718$ раз (декремент затухания) на расстоянии порядка $X \simeq \frac{\mu r^2}{4\lambda}$.

l_1 , с.м	l , е	γ	β	ξ_1	ξ_2	ξ_3	R , с.м
2,5	602	0,08	0,152	22,87	26,60	30,33	1,0
2,4	578	0,09	0,151	22,81	26,56	30,29	
2,3	554	0,09	0,151	22,80	26,52	30,24	
2,2	530	0,10	0,151	22,77	26,48	30,19	
2,1	506	0,11	0,151	22,72	26,43	30,13	
2,0	482	0,12	0,151	22,67	26,36	30,06	
1,9	458	0,14	0,150	22,60	26,29	29,98	
1,8	434	0,15	0,149	22,53	26,20	29,88	
1,7	410	0,17	0,149	22,44	26,10	29,76	
1,6	385	0,20	0,148	22,34	25,98	29,62	
1,5	361	0,22	0,147	22,22	25,85	29,47	
2,5	602	0,14	0,115	17,36	20,19	23,02	1,3
2,4	578	0,15	0,115	17,31	20,14	22,96	
2,3	554	0,16	0,114	17,26	20,08	22,89	
2,2	530	0,17	0,114	17,20	20,01	22,82	
2,1	506	0,19	0,114	17,14	19,94	22,73	
2,0	482	0,21	0,113	17,07	19,85	22,64	
1,9	458	0,23	0,113	16,99	19,76	22,53	
1,8	434	0,26	0,112	16,91	19,67	22,47	
1,7	410	0,29	0,112	16,83	19,58	22,32	
1,6	385	0,33	0,111	16,77	19,51	22,21	
1,5	361	0,38	0,111	16,76	19,51	22,23	
2,5	602	0,20	0,092	13,86	16,12	18,38	1,6
2,4	578	0,22	0,092	13,81	16,06	18,31	
2,3	554	0,24	0,091	13,75	15,99	18,24	
2,2	530	0,26	0,091	13,69	15,93	18,16	
2,1	506	0,29	0,090	13,64	15,86	18,09	
2,0	482	0,32	0,090	13,59	15,81	18,03	
1,9	458	0,35	0,090	13,57	15,78	17,99	
1,8	434	0,40	0,090	13,57	15,73	17,83	
1,7	410	0,44	0,089	13,56	15,71	17,80	
1,6	385	0,50	0,088	13,55	15,70	17,78	

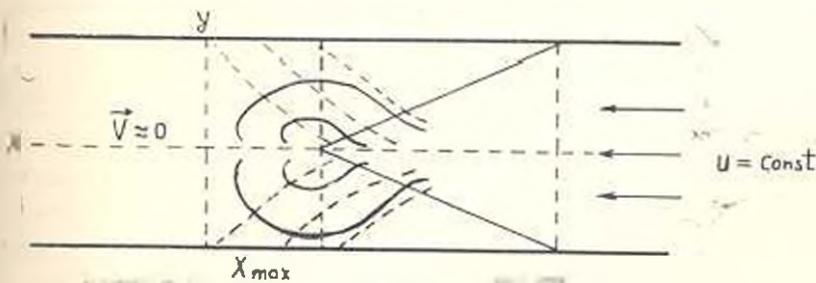


Рис. 2.

Отсюда средняя длина следа равна $\bar{X} \approx \frac{\bar{w}_0 R^2}{12\tau}$. Оценим порядок величины ширины следа $Y_{\text{шир}}$, т. е. тех расстояний от оси x , на которых скорость \bar{v} заметно падает. При этом члены в уравнении Навье-Стокса по порядку величины равны $(\bar{v} \nabla^2) \bar{v} \sim \frac{u \bar{v}}{X}$ и $\frac{\tau}{\rho} \Delta \bar{v} \sim \frac{\tau \bar{v}}{\rho Y^2}$. Их сравнение дает ширину следа $Y \approx \left(\frac{\tau X}{\rho u} \right)^{1/2}$, поэтому $\bar{Y} \approx \left(\frac{\tau X}{\rho u} \right)^{1/2} = \frac{R}{2 \sqrt{3}}$. Как видно, ширина ламинарного следа растет пропорционально корню из расстояния до фильтра, например, при $R = 1,3 \text{ см}$ получим $\bar{X} = 25,4 \text{ см}$, $\bar{Y} = 0,33 \text{ см}$.

Несмотря на то, что сопротивление току крови при имплантации кава-фильтра «РЭПТЭЛА» минимальное, влияние этих изменений на гемодинамику в системе нижней поллой вены требует дальнейшего исследования, поскольку замедление скорости кровотока может способствовать локальному тромбообразованию на проксимальной поверхности фильтра и росту тромбоза в ламинарном следе выше фильтра, что и объясняет клинические наблюдения.

Проведенный упрощенный анализ гидродинамических характеристик противоземболического кава-фильтра «РЭПТЭЛА» позволил вывести соответствующие математические выражения, которыми можно пользоваться для оценки степени помех току крови и охарактеризовать ламинарный след, вызванный имплантированным кава-фильтром. Это дает возможность не только произвести сравнительную оценку гидродинамических характеристик различных эмболоулавливающих устройств, но и окажет существенную помощь в их усовершенствовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grennfield L. J., Mercury J. R., Brown P. P. et al. A new intracaval filter permitting continued flow and resolution of emboli. (Surgery. — 1973. — V. 73 п. 4. — P. 599—603).
2. Mohin-Uddin K., Smith P. E., Martines L. D. et al. A vena caval filter for the prevention of pulmonary embolies. (Surgery Forum. — 1967. — V. 18. — P. 219—223).
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика—М.: Наука, 1986. Т. VI—320 с. Биюракская астрофиз. обсерват.

УДК 621.64/69

Р. М. РАФАЭЛЯН, Г. К. АКОПЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗА ЗАТВОРОМ ПРИ НАПОРНОМ И БЕЗНАПОРНОМ ДВИЖЕНИИ ВОДЫ

Приведены результаты экспериментального и теоретического исследований напорного и безнапорного движения воды за затвором. При напорном режиме определены частоты пульсации давления и траектория движения паровоздушных пузырьков, образующих «жгут».

В случае безнапорного движения экспериментальным путем на модели тушеля Арпа-Севан определены длина прыжка за затвором в зависимости от числа Фруда. Полученные результаты позволяют выбрать протяженность переходного участка, а также длину крепления зоны прыжка за затвором, обеспечивающие нормальный режим эксплуатации системы.

Ил. 3. Библиогр.: 5 назв.

Բերված են փակակից հետո ճնշումային և անճնշում շարժման փորձնական և տեօրետիկ անունափորձությունների արդյունքները՝ ճնշումային սեծիմի համար որոշված է ճնշման բարձրման անահասկանելությունը և օդազդուրչիների ճևտագիծը «բուղ»-ի տեսքով:

Անճնշում սեծիմի դեպքում Արփա-Սևան թունելի մոդելի վրա փորձնական համապարտով որոշված է Բուրչի երկարությունը փակակից ճևտո՝ կախված Ֆրուդի թվից: Ստացված արդյունքները հնարափորձություն են տալիս ընտրելու անընտանյին մետրի, ինչպես նաև փակակից ճևտո ամրացման դրսուտ երկարությունը, որը կուսուտովի համակարգի շահագործման հարմայ սեծիմ:

При установке зашорно-регулирующих устройств на напорных трубопроводах и для обеспечения точности их функционирования необходимо иметь сведения о характере движения воды в области возмущенного потока за затвором, пульсации скорости и давления. При безнапорном движении воды эти данные необходимы для разработки мероприятий по дополнительному креплению зоны гидравлического прыжка. Вопросы изучения механизма движения воды в сужающе-расширяющихся участках напорных и безнапорных систем посвящены работы [1—4]. Однако их обзор показал, что возникающая при обтечении затвора явление «концевой» кавитации мало исследовано.

Целью данной работы является экспериментальное и теоретическое исследование гидравлики этого явления, в частности, определение частот пульсаций и длины гидравлического прыжка.

Экспериментальная установка, на которой проведены исследования напорного движения, состоит из трубопровода с двумя затворами, установленными в его начале и конце. Для визуальных наблюдений начальный участок за затвором выполнен из стеклянной трубы диаметром $d = 106$ мм и длиной 1,8 м. Вода в трубопровод подавалась под давлением 0,01 — 1 МПа при расходах 2 ... 22 л/с. Пульсация

давления в опытах измерялась с помощью тензометрического датчика с выходом сигнала на усилитель и осциллограф.

На рис. 1 приведен снимок «концевой» кавитации в случае обтекания потоком диска затвора при давлениях до и после затвора, соответственно равных $p_1 = 0,6$ и $p_2 = 0,005$ МПа. Эксперименты показали, что с увеличением величины p_2 паровоздушный «жгут» появляется при более больших значениях p_1 . Например, при $p_2 = 0,1$ МПа давление на выходе, при котором возникает «жгут», равно 0,9 МПа. Затухание «жгута» по длине трубопровода происходит на расстоянии примерно 2 м от затвора. С увеличением степени открытия затвора паровоздушный «жгут» становится неустойчивым и в стеклянной трубе непосредственно за затвором наблюдается область, состоящая из мельчайших паровоздушных пузырьков протяженностью l_n .

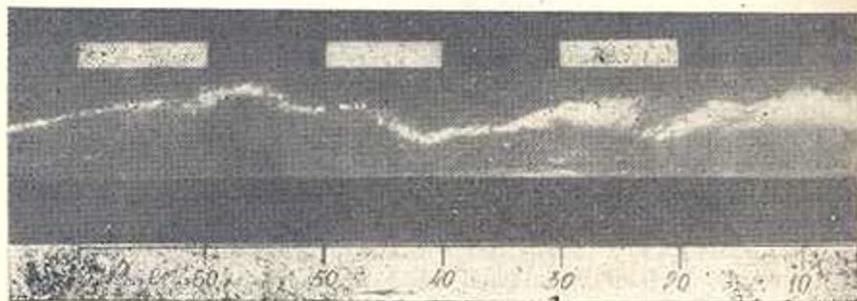


Рис. 1 Вид «концевой» кавитации за задвижкой в напорном трубопроводе

Зависимость $\ln d$ от числа Фруда Fr_p , рассчитанного по гидравлическому радиусу сечения, приведена на рис. 2. Измерение пульсации давления показало, что на этих режимах частота пульсации в зависимости от скорости движения изменяется в пределах 20...80 Гц, при этом нижнее значение частоты преобладает в случае «концевой» кавитации. Расчет траектории движения пузырьков, образующих «жгут», выполнен путем совместного решения уравнения движения

$$\frac{d^2\eta}{dt^2} = Ar - B \left| \frac{d\tau_i}{dt} \right| \left| \frac{d\tau_i}{dt} \right| + Ke^{-M\tau_i} \sin 2\pi\tau_i - M\tau_i \quad (1)$$

и соотношения, выражающего закон распределения осредненных скоростей по сечению трубы [5]

$$\frac{d\tau_i}{dt} = V(1 - |\tau_i|)^{1/m} \quad (2)$$

Здесь $\tau_i = y/R$; $\xi = x/l$; $\tau = t/T$; $Ar = \frac{(\rho_0 - \rho_a)gT^2}{\rho_0 R}$; $B = \frac{3c_f \rho_a AK}{8-r^2 \rho_0}$;
 $K = \frac{3a_1 T^2}{4-r^2 \rho_0 R}$; $M = -\frac{3a_2 T^2}{4-r^2 \rho_0}$; $V = \frac{U_0 T}{l} = \frac{1}{sh}$; $T = 2\pi/\omega$; ρ_0 , ρ_a —
 плотность воды и воздуха; g — ускорение силы тяжести; T — период

нужденных колебаний пузырька, R, l — радиус и длина трубы; c_f — коэффициент сопротивления при движении пузырька; A — характерная площадь; r — радиус пузырька; $a_{1,y}, N$ — расчетные полуэмпирические коэффициенты; m — коэффициент, зависящий от числа Рейнольдса; U_0 — скорость воды на оси трубы; sn — число Струхали; t — текущее время; y, x — координаты, направленные перпендикулярно и вдоль оси трубы; ($r = 0,002$ м, $U_0 = 0,053$ м/с; $m = 9$, $N = 0,5 \dots 2,5$, $l = 2$ м, $a_1 = 10^{-4}$, $a_2 = 5 \cdot 10^{-3}$, $U_{01} = 0,6$ м/с, $c_f = 1,2$, $\omega = 40$ Гц).

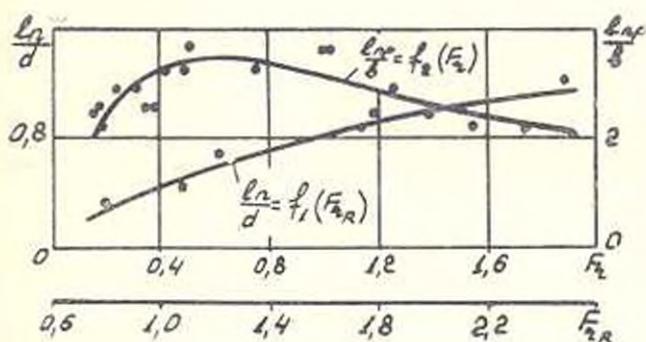


Рис. 2. Зависимость относительных длин прыжка от числа Фруда

Оценка величин в уравнении (1) показывает, что силой инерции при движении пузырька по сравнению с подъемной силой и силой сопротивления можно пренебречь, т. к. при значении коэффициента перед силой инерции, равной единице, коэффициенты: $A_r = 4023$, $B = 10136$, $K = 12018$, $M = 31847$. При этом допущении и после линеаризации нелинейного члена сопротивления при условии

$$\left| \frac{d\tau}{d\tau} \right| = \frac{T}{R} \left| \frac{dy}{dt} \right| = \frac{TU_0}{R}$$

из (1) получим

$$\frac{d\tau}{d\tau} = \frac{ArR}{BTU_0} + \frac{KR}{BTU_0} e^{-M\tau} \sin 2\tau - \frac{MR}{\pi BTU_0} \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) описывают траекторию движения пузырьков, образующих «жгут». При этом начальными условиями являются: $\tau = 0$, $\dot{\tau} = 0$, $\tau = \tau_0$. Расчеты по этим уравнениям выполнены на ЭРМ СМ-3 по программе ФОРТРАН-IV.

В процессе численного эксперимента исследовалось влияние начальной скорости движения воды в напорном трубопроводе и величины коэффициента N , характеризующее амплитуду пульсации давления на траекторию движения пузырьков. При этом рассматривались случаи, когда при постоянном значении коэффициента N начальная скорость движения меняется от 0,2 до 0,6 м/с, а также,

когда при постоянной скорости коэффициент N меняется от 0,5 до 2,5.

Результаты вычислений при $N = 0,5$ и $U_0 = 0,2, 0,4, 0,6$ м/с приведены на рис. 3. Сопоставление полученных расчетных траекторий с экспериментальными (рис. 1) показало на их качественное соответствие. С увеличением начальной скорости от 0,2 до 0,6 м/с (рис. 3) длина переходного участка увеличивается, а частота пульсации уменьшается. При этом длина переходного участка за затвором составляет 2...3 м. Расчеты позволяют также судить о величине силы сопротивления и амплитуде силы давления при движении пузырьков, которые соответственно оцениваются величинами 10^{-3} и $5 \cdot 10^{-3}$ Н.

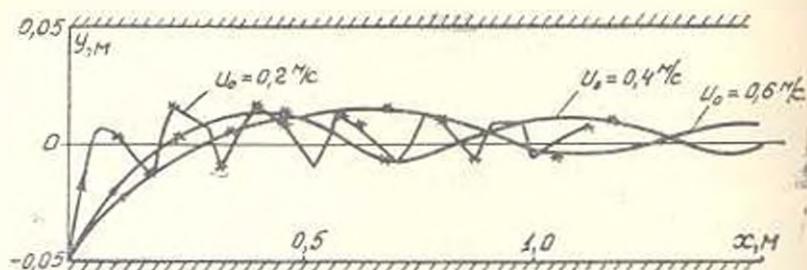


Рис. 3. Расчетные зависимости траектории водовоздушных пузырьков по длине трубы.

В лаборатории были приведены также исследования безнапорного режима на модели головного сооружения туннеля Арпа—Севаи. Экспериментальная установка, на которой проведены исследования безнапорного движения, представляет собой неискаженную физическую модель головного участка туннеля Арпа—Севаи, построенная в геометрическом масштабе 26 по критерию Фруда. На модели расходы изменялись от 0,00232 до 0,00522 м³/с, что на натуре составляет 8...18 м³/с при напорах 3,25...6 м. При этом величина открытия затвора в натуре изменялась в пределах 0,5...1,75 м при ширине входной части туннеля $b = 3,5$ м. В экспериментах была измерена длина затопленного прыжка $l_{пр}$ при разных напорах и открытиях затвора. Зависимость $l_{пр}/b$ от числа Фруда Fr для случая безнапорного режима приведена на рис. 2.

Из рассмотрения кривых (рис. 2) видно, что при напорном движении длина прыжка в исследуемом диапазоне изменения числа Фруда возрастает, а при безнапорном движении она сначала возрастает и при $Fr > 0,6$ начинает убывать. С помощью кривой на рис. 2 можно определить протяженность прыжкового участка туннеля за затвором, которая для натуре составляет примерно 13 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кноп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация.—М.: Мир, 1974.—687 с.
2. Пилипенко В. В., Задонцев В. А., Натанзон М. С. Кавитационные автоколебания и динамика гидросистем.—М.: Машиностроение, 1977.—351 с.

3. Пилипенко В. В., Задонцев В. А. Об одном механизме автоколебаний в гидравлической системе с кватирующей трубкой Вентури // Кавитационные автоколебания в насосных системах: Ч. 2.—Киев: Наукова Думка, 1976.—14 с.
4. Манько Н. К. Визуальные исследования кавитационных автоколебаний в гидравлической системе с прозрачной трубкой Вентури, // Там же.
5. Чугаев Р. Р. Гидравлика.—Л.: Энергия, 1971.—552 с.

АрмНИИВПнГ

24. II 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 306—308.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 536.587

М. М. МИРИДЖАНЫАН, Р. А. СИМОНЯН

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ТЕРМОРЕГУЛЯТОР

Описана прецизионная система для измерения и регулирования температуры жидкости. При объеме термостатируемой жидкости 10 л, скорости перемешивания 3 л/мин, мощности нагревателя 100 Вт устройство обеспечивает: диапазон регулирования 30—70°C, точность поддержания температуры 0,05°C, дрейф температуры $\pm 0,01^\circ\text{C}$, скорость нагрева до 0,5 град/мин.

Ил. 2. Библиограф: 2 назв.

Սիստեմ գրված է չեղմանը հարկա չափման և կարգապահման համարող ջերմակա-
յունացիոն շերտի 10 լիտր ծավալի, տաքացուցիչ 100 Վտ հարմարան. 3 լրոսի խտնեղու-
արագություն ղեկավարում համակարգը ապահովում է չեղմանի մասին պահանջման հարմարան
0,05°C-ի և անցուցիչը — 0,01°C-ի անհանձնելու, 0,5 աստիճան տաքացուցիչ արագություն՝
30—70°C չեղմանի տիրույթում:

Как известно, при выращивании водорастворимых кристаллов необходимо иметь жесткий контроль за температурой раствора. Предлагаемое устройство предназначено для измерения и регулирования температуры раствора в пределах 30...70°C с точностью 0,05°C при объеме термостатируемой жидкости до 10 л. В основе функционирования лежит управление мощностью нагрева сигналом с ШИМ, сформированным в итоге сравнения уровня напряжения, пропорционального разности фактической и желаемого значений температуры, с пилообразным сигналом.

Устройство имеет следующую функциональную схему (рис. 1). В качестве измерителя температуры применяется электронный термометр (Т) с датчиком на основе прямого запрещенного $p-n$ перехода [1]. Термодатчик (ТД) и нагреватель (Н) расположены в термостате (ТС). Выходное аналоговое напряжение термометра, пропорциональное температуре термостатируемой жидкости, и напряжение датчика температуры (ЗТ) поступают на входы дифференциального усилителя (ДУ) через управляемые ключи К1 и К2 с целью выделения и усиления разности модулированных сигналов. Для обеспечения вы-

сокой помехоустойчивости системы регулирования, минимального температурного дрейфа и получения необходимой постоянной времени применяется система модуляция-демодуляция (МДМ), в которую введен синхронный фильтр с синхронным детектором (СФСД), представляющий собой сверхзвонкоплоский фильтр, следящий за частотой модуляции. Управление ключами системы МДМ осуществляется двумя противофазными каналами генератора прямоугольных импульсов (ГИ). Сигнал с выхода СФСД подается на вход схемы сравнения (СС), где в качестве опорного напряжения используется пилообразный сигнал, полученный от трансформации импульсов ГИ формирователем пилообразного напряжения (ФПН). На выходе СС образовывается последовательность импульсов с меняющимися скважностями в зависимости от уровня демодулированного напряжения.

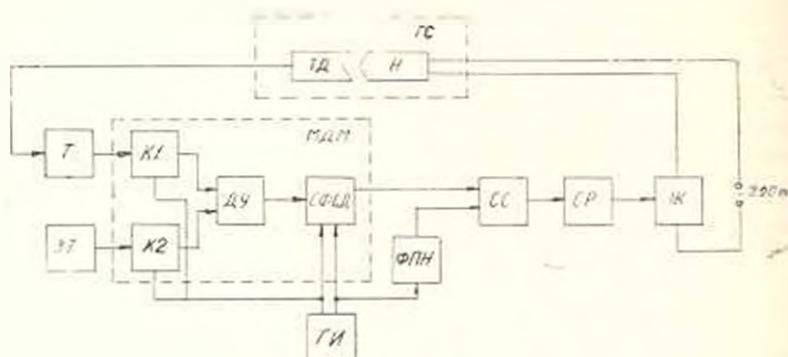


Рис. 1. Функциональная схема устройства.

Эти импульсы управляют состояниями электронного ключа (ЭК), переключающего питание нагревателя. Так как нагреватель питается от сети переменного тока на 220 В, используется схема гальванической развязки (СР) нагревателя от схемы регулирования на основе транзисторного оптрона.

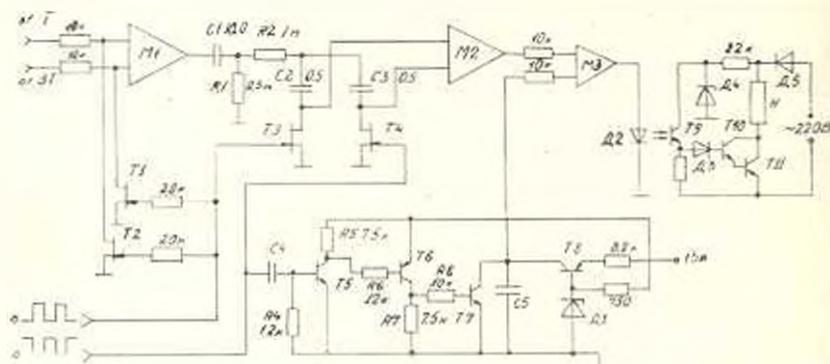


Рис. 2. Принципиальная схема устройства: М1, М2 — инструментальные усилители на 544УД1А, М3 — 521САЗ, Т1—Т4 — КВ103Г, Т5 — КТ3102А, Т6—Т8 — КТ3102И, Т7 — КТ646, Т11 — КТ949А, Т11 — КТ812А, Д1 — КТ106, Д2 (Т9) — АОТ102Б, Д3, Д5 — КД105, Д4 — КТ210.

На рис. 2 приведена принципиальная схема устройства. Входные ключи К1 и К2 реализованы на полевых транзисторах Т1 и Т2. ДУ собран на операционных усилителях по схеме инструментального усилителя (М1) с входами на полевых транзисторах, а СФСД состоит из фильтра С1, R1, интеграторов R2, С2, С3, ключей на транзисторах Т3, Т4 и инструментального усилителя М2 [2]. ФПИ содержит дифференциатор С4, R4, транзисторы Т5, Т6 и резисторы R5—R8, образующие формирователь импульсов запуска транзисторного ключа Т7. Для заряда конденсатора С5 применяется источник тока на транзисторе Т8. СС собран на компараторе М3, нагруженном излучающим диодом (Д2) оптрона, фотоприемная часть которого (Т9) запускает электронный ключ на Т10, Т11.

Предлагаемая система применяется в экспериментальных установках по выращиванию водорастворимых кристаллов с целью измерения и регулирования температуры раствора. Устройство может найти также применение в радиотехнических, биологических, медицинских и других системах термостатирования. При объеме термостатируемой жидкости 10 л, скорости перемешивания 3 л/мин, мощности нагревателя 100 Вт устройство обеспечивает: диапазон регулирования температуры 30...70°C, точность поддержания температуры не хуже 0,05°C, дрейф температуры $\pm 0,01^\circ\text{C}$, скорость нагрева до 0,5 град/мин. При наличии охлаждающей системы и более мощного нагревателя устройство может обеспечить диапазон регулирования температуру от 0°C до 90°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 1557458 СССР, 101К7/24. Устройство для измерения температуры / Р. А. Симонян, Э. Г. Везирян (СССР).—3511324/24—10; Заяв. 24.11.82; Опубл. 15.04.90, Бюл. № 14.—2 с.
2. Горшков В. П. Радиоэлектронные устройства: Справочник.—М.: Радио и Связь, 1985.—400 с.

ИРФЭ АН Армени

9.11.1989

Изв. АН Армени (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 308—311.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 536.5.587:621.382.2/3:621.317.7

Р. А. СИМОНЯН, Э. Г. ВЕЗИРЯН

ЦИФРОВОЙ ТЕРМОМЕТР

Описан термометр на основе прямосмещенного $p-n$ перехода.

Уменьшением мощности самонагрева и повышением стабильности импульсов тока питающего датчик, получена высокая точность измерения.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Նկարագրված է թվային ջերմաչափ, որում որպես տվիչ պոլիզորնված է դիոդային միացումով տրանզիստոր: Բարձրացնելով դիոդը սենզ ճնասնթի կայունությունը և փոքրացնելով տվիչի ինքնատաքացման հզորությունը, ստացված է շափման մեծ ճշտություն և կայունություն:

Широко известны электронные термометры на основе линейной зависимости напряжения прямосмещенного $p-n$ перехода от температуры при неизменном токе через него. Основной недостаток известных термометров — их невысокая точность, обусловленная большой мощностью самонагрева и нестабильностью питающих цепей датчика. Например, в промышленном цифровом термометре на основе вольтметра В7—27 мощность самонагрева имеет порядок 0,5 мВт, что приводит к погрешности измеряемой температуры $\pm 2^\circ\text{C}$.

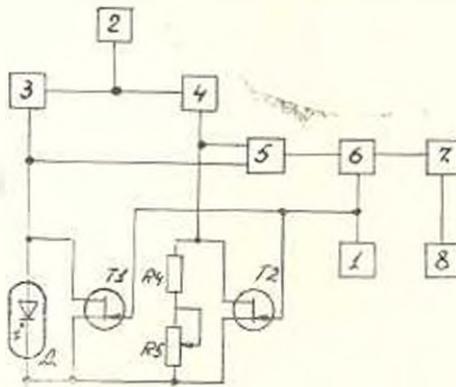


Рис. 1. Функциональная схема цифрового термометра

На рисунке показана функциональная схема разработанного термометра, основанного на техническое решение, приведенное в [1]. Термометр состоит из термодатчика D , опорных резисторов R_1 , R_5 , ключевых элементов на полевых транзисторах T_1 , T_2 , генератора напряжения прямоугольной формы 1, источников напряжения 2 и токов 3, 4, дифференциального усилителя 5, синхронного детектора 6 с фильтром, фильтра низких частот 7 и регистратора 8 (цифрового вольтметра постоянного тока). Датчик и опорные резисторы шунтированы полевыми транзисторами T_1 и T_2 , на затворы которых подаются прямоугольные импульсы от генератора 1. В одном полупериоде, когда на затворах отсутствует напряжение, транзисторы открыты и их каналы шунтируют датчик, опорные резисторы и входы дифференциального усилителя. Через датчик и опорные резисторы ток не проходит, на входах дифференциального усилителя и, следовательно, на выходе нет напряжения. В другом полупериоде на затворах имеется запирающее напряжение, транзисторы T_1 и T_2 закрыты, стабилизированный ток проходит через датчик и опорные резисторы. Усиленная разность на выходе дифференциального усилителя 5, пропорциональная

измеряемой температуре, подается на вход синхронного детектора 6. Одновременно на входы управления ключами синхронного детектора подаются прямоугольные импульсы от генератора 1. С выхода синхронного детектора напряжения постоянного тока через НЧ фильтр 7 поступает на вход цифрового вольтметра 8. Стабильность токов датчика и опорных резисторов обеспечивается источниками тока типа преобразователь напряжения-ток, токозалающие входы которых соединены с выходом источника напряжения.

Применение общего токозалающего источника напряжения приводит к тому, что временные и температурные нестабильности токозалающего напряжения в одинаковой степени влияют на величину тока через датчик и опорные резисторы и в конечном счете уменьшаются в дифференциальном усилителе по коэффициенту ослабления синфазных составляющих (Косс) и не влияют на точность измерения. Модуляция тока через датчик и опорные резисторы шунтируемыми полевыми транзисторами повышает помехозащищенность схемы, уменьшает мощность самонагрева датчика, что приводит к повышению точности измерения.

В качестве датчика использован бескорпусной биполярный транзистор КТ307 в диодном включении. Источники тока выполнены на ОУ 544УД1Б, транзисторной сборке К504НТ1В и резисторах марки С2-14 0,25 Вт [2]. Источник напряжения собран на термокомпенсированном стабилитроне 2С191Ф и резисторе марки С2-14. В качестве шунтирующих транзисторов использованы полевые транзисторы марки КП302. Дифференциальный усилитель собран на микросхемах 574УД2А и 140УД7 [3], цифровой вольтметр — на аналогово-цифровом преобразователе марки К572ПВ2А, а индикация осуществлена семисегментными цифровыми индикаторами марки АЛС-324Б.

Калибровка термометра производится следующим образом. Датчик устанавливается в среде талого льда и потенциометром R5 по показанию цифрового вольтметра на выходе НЧ фильтра напряжение уменьшается до нулевой величины. Затем датчик переставляется в термостат с температурой, близкой к верхнему пределу измерения, другим потенциометром (на схеме не указано) подстраивается усиление до полного соответствия показания вольтметра с величиной температуры термостата по эталонному термометру. Контроль температуры осуществляется прецизионными ртутными термометрами типа ТЛ-1 с ценой деления 0,01°C.

Технические характеристики термометра следующие:

- Диапазон измерения температуры, С — 100... +100;
- Точность измерения, град — 0,3;
- Быстродействие (и зависимость от степени контакта датчика с объектом), с — 10... 30;
- Масса, кг — 1,4;
- Габариты, мм — 150 × 200 × 40.

Разработанный термометр благодаря высокой точности, малогабаритному датчику и широкому диапазону измерения может найти применение в промышленности и медико-биологических исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 1557458 СССР, *Ю1 К7:24*. Устройство для измерения температуры / Р. А. Симонян, Э. Г. Везириян (СССР). — 3511324/24—10; Заяв. 24.11.82; Опубл. 15.04.90, Бюл. № 14.—2 с.
2. Харочян П., Хиллу Э. Искусство схемотехники: В 2-х томах. Пер. с англ.—М.: Мир, 1983.—Т. 1.—598 с.
3. Гутникова В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах.—Л.: Энергоатомиздат; 1988.—304 с.

ИРФЭ АН Армении

9. II. 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 6, 1990, с. 265—268.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 669.017

А. Г. ГАСПАРЯН, М. Х. ИСПИРЯН, Р. Р. СИМОНЯН

К ВОПРОСУ О РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ФЕРРОМАГНИТНОГО МАТЕРИАЛА ПЕРМАЛЛОЯ

Проведено комплексное исследование ферромагнитного материала пермаллой, используемого в бытовой аппаратуре магнитной звукозаписи. Показано, что термический отжиг не вызывает изменений в распределении основных и примесных элементов и приводит к вариации текстур.

Цит. 1. Библиогр.: 6 назв.

Աշխատանքում անց է կացվում ֆերոմագնիտային նյութի՝ պերմալոյի նամալիր և ստանդարտային, որը լայն կիրառում է զտել կենցաղային սարքավորման մեջ նեյտրալացրոնային նամալիր Յուլջ և տրիան, որ ընթացակարգը չի փոխում հիմնական և խառնուրդ տարրերի բաշխումը, այլ բերում է նյութափոփոխմանը փոփոխման:

Ферромагнитный материал пермаллой, обладая высокой магнитной проницаемостью и легкой механической обрабатываемостью [1—3] широко используется в бытовой аппаратуре магнитной звукозаписи, в частности, для изготовления рабочего узла магнитной головки. При серийном выпуске магнитных головок одна из важных задач — это не только производство высококачественных магнитных головок, но и стабильность параметров изделия (ток намагничивания, номинальный ток записи, потери на верхней частоте). Причины, вызывающих разброс параметров, может быть множество: это сложности, связанные с изготовлением изделия, изменением концентранных и структурных параметров вещества.

Настоящая работа проведена с целью изучения параметров, влияющих на магнитные свойства ферромагнитного материала пермаллой

Для измерения магнитных параметров использовался баллистический метод. Измерения проводились в синусоидальном магнитном поле с напряженностью $H = 0,4 \text{ А/м}$ и частотой 10 кГц . Структурно-чувствительные магнитные параметры пермаллоя, который является твердым раствором, зависят от состава вещества (примеси и основные элементы). Для концентрационных исследований применялся метод рентгеноспектрального микроанализа. Изучения проводились на микроскопе-микроанализатора ЛХА-5А. Режим исследования: напряжение ускорения — 25 кВ , ток пучка — $0,7 \cdot 10^{-8} \text{ А}$, время счета — 20 с . Изучались основные и примесные элементы Fe , Ni и Mo , Cr соответственно, а эталонами служили указанные чистые элементы. При определении концентрации элементов применялся метод трех поправок, а однородность образца и методе рентгеноспектрального микроанализа оценивалась статистической обработкой данных [5]. Образцы пермаллоя до исследования методом рентгеноспектрального микроанализа проходили предварительное морфологическое изучение. Выявлялись микрообласти, представляющие интерес для дальнейшего исследования методом рентгеноспектрального микроанализа. Изучались следующие марки пермаллоя: 81 НМА, который используется для изготовления сердечников магнитных головок, и 79НМ — для изготовления экранов толщиной $0,1$ и $0,5 \text{ мм}$. Параллельно подготавливались серии образцов для измерения магнитной проницаемости и дефектной структуры. Материал пермаллой, поступающий с завода, был получен холоднокатанным методом.

Магнитные параметры пермаллоя зависят от режимов термической обработки. Материал перед термическим отжигом погружали в окень магния. Этот процесс не допускает понижения магнитных свойств и спекания в процессе отжига. Отжиг пермаллоя проводился при температуре 1100°C в вакууме $\sim 10^{-4} \text{ мм рт. ст.}$ После трех часов выдержки образцы охлаждались со скоростью 200°C/ч до 600°C , от 600°C до 400°C — со скоростью 400°C/ч , а при 400°C печь отключалась.

Морфологические исследования показывают изменение текстуры поверхности после отжига. Как видно из рисунка, рельеф поверхности имеет анизотропию (а), обусловленную методом получения материала. После отжига (б) линейчатая структура заменяется сотовой. Параметры однородности определялись для образцов 81 НМА и 79 НМ до и после термического отжига. Образцы марки 81 НМА, идущие на изготовление магнитных головок, высокооднородны, тогда как пермаллой марки 79 НМ, используемый для изготовления экранов магнитных головок, неоднороден. Было получено, что термический отжиг, изменяя рельеф поверхности, не вызывает перераспределения основных и примесных элементов на границе зерен.

Исследование электротехнической стали показало сложную зависимость магнитных параметров от реальной структуры вещества [4]. Варьируя размерами блоков при помощи термического отжига обнаружено, что увеличение размера зерна и укрупнение сотовой структуры приводит к понижению магнитного отклика системы, который в значи-

тельной степени зависит от состава (основные элементы и примеси Mo, Cr). В настоящей работе показано, что термический отжиг не вызывает изменений в распределении основных и примесных элементов, а приводит к изменению текстуры. Контроль термического отжига позволит управлять магнитными свойствами вещества.

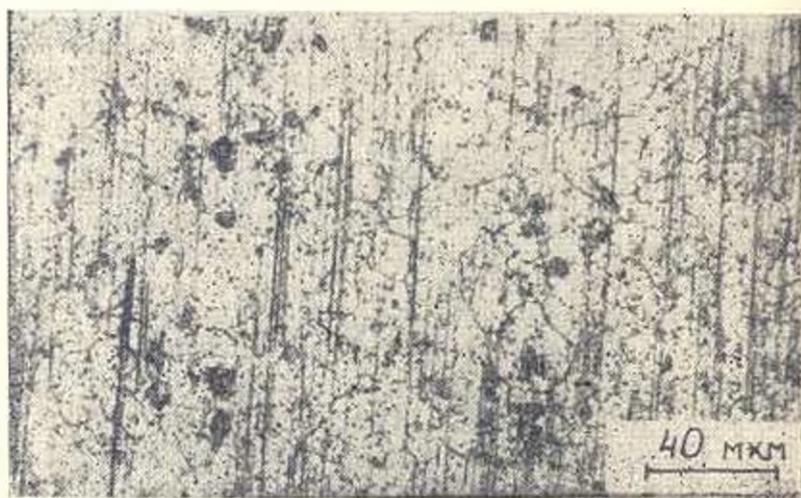
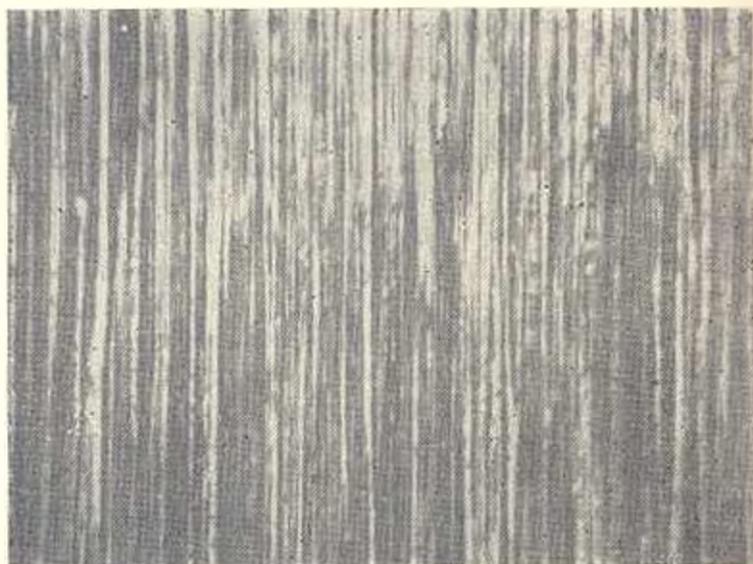


Рис. 1. Микрорельеф поверхности образца цермета: а) до (1) и после (б) термического отжига.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бургов В. А. Основы залиса и взаимодействия металлов. М., Искусство, 1954. 704 с.

2. Domain observation in ferromagnetic and reentrant $\text{Eu}_x\text{Sr}_{1-x}$. S. J. F. Dillon, S. D. Albiston, B. Bailloy et al. J. Appl. Phys. — 1984. — № 6. — P. 1673–1675.
3. Ban G., Arato P., Szentmiklosi L., Determination of average domain size on permalloy and permalvar by means of complex permeability measurements, J. Magn. and Mater. — 1983. — № 3. — P. 309–314.
4. Преображенский Л. А. Магнитные материалы. — М.: Высш. школа, 1965. — 234 с.
5. Практическая растровая электронная микроскопия / под ред. Дж. Гюластеоба и Х. Яковича. — М.: Мир, 1978. — 656 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание XLIII тома Изв. АН Армении
(серия техн. наук)

МАШИНОСТРОЕНИЕ

- А. Т. Аракелян, Э. Л. Шахбазян.* Методика расчета характеристик звукового поля заглушенных камер 4—157
- В. Г. Аракелян, К. Д. Аветисян.* Динамический синтез механизмов по коэффициенту неравномерности движения и условию уравнивания динамических нагрузок на фундамент 5—203
- К. С. Арзуманян.* К управлению 1-координатными манипуляторами 4—149
- Г. Л. Артемян, Г. Г. Шахян, Л. А. Туманян, В. В. Еремян.* Колебание пластичной системы с присоединенным элементом 2—51
- Д. А. Асатрян.* Кинематика микрорезания при тангенциальном зубонарезании многошлицевыми кругами 1—3
- Г. Л. Петросян, В. Г. Саакян, Г. В. Мугасяян, К. Н. Эдялян, А. О. Симонян.* Особенности расчета толстостенных титановых фильтров по допускаемым нагрузкам 5—206
- М. Г. Стаян, Г. А. Манукян.* Расчетная оценка сопротивления коррозионной усталости валов при сложно-напряженном состоянии 4—164

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

- В. Е. Арутюнян.* Индуцированный светом поворот оптической индикатрисы показателей преломления в монокристалле селенида цинка 4—168
- В. М. Арутюнян, А. Л. Карагезов.* К анализу неоднородности фоточувствительности матричных фотоприемных приборов с зарядовой связью 4—173
- А. В. Габриелян, А. В. Сиявский.* К определению координат световых пучков 3—111
- М. М. Мириджанян, Р. А. Симонян.* Прецизионный терморегулятор 6—303
- Р. А. Симонян, Э. Г. Везилям.* Цифровой термометр 6—305

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

- А. С. Шахкмилян, Н. А. Назарян, Г. Ч. Саркисян, Г. Л. Седракан.* Расчет параметров цифрового линеаризатора функции преобразования датчика температуры 1—25
- Б. М. Маликомян.* Резистивный преобразователь угла поворота 6—286

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- А. В. Наполян.* Система автоматической регистрации спектров импульсных оптических излучений 6—290

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

- Р. А. Казарян, А. Л. Казарян.* Сравнительная эффективность различных реализаций когерентно-разностного метода приема оптического сигнала 5—225

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

- Р. В. Авагян, А. А. Варданян, Г. Г. Киракосян, А. С. Шаболян.* Силовые твердотельные транзисторные ключи с многокаскадным усилением 5—220
- М. А. Карапетян.* Электрическое поле в монодисперсной системе со сферондальными включениями при синусоидальном внешнем поле 5—216

Э. В. Қазарян, М. К. Багдасарян. К расчету магнитной цепи бесконтактно-токоизмерительного устройства на ЭВМ	4—188
Б. М. Мамиконян. Аналого-цифровой преобразователь амплитуды переменного тока	4—193
В. Л. Ачбарцумян, А. Г. Абовян. Колебания перекрытий, опирающихся на точечные опоры и имеющих квадратные отверстия	2—54
Г. А. Гемиев, А. Р. Минасян. О формах потери устойчивости физически нелинейных цилиндрических оболочек при движении в них потока идеального газа	2—60
Р. О. Саакян, Ю. Х. Газарян, Э. С. Саркисян. К определению периодов свободных изгибно-крутильных колебаний многостаяных зданий ствольной конструктивной системы	5—212

ЭНЕРГЕТИКА

В. М. Аракелян. Метод и алгоритм оптимизации режимов электроэнергетических систем	3—105
А. М. Аракелян, В. И. Сааков, А. А. Арутюнян. Спикой моделированием графиков электрических нагрузок	6—265
Л. В. Егиазарян. Разработка нормативных характеристик энергоустановок	6—269
Ю. А. Қазарян. Вариантное определение пропускной способности магистральных газопроводов	1—17
А. А. Марджанян. О возможности исследования статической устойчивости электрических систем с помощью метода продолжения	3—101
А. А. Марджанян, Г. С. Петросян, К. В. Хачириян. К вопросу оценки ветровыергетического потенциала Армении	4—177
С. Р. Папикян. Развитие методов исследования режимов работы теплофикационных турбин	1—21
В. И. Сааков. Расчет токов и напряжений при двух одновременных коротких замыканиях на подстанциях с короткозамыкателями	1—8
Л. А. Унякян. Нечеткая оптимизация развития газотранспортных систем	1—13
Л. А. Унякян. Многоцелевая вариантная задача оптимизации распределительных газотранспортных систем	3—141

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. М. Асаков. Итерационный алгоритм восстановления размывших изображений с оптимальным выбором числа итераций	6—277
В. В. Багдасарян. Статистические модели селективного выхода кислот	5—233
Ю. М. Вишняков. Параллельный поиск сокращенных дизъюнктивных нормальных форм частично-определенных булевых функций	1—28
В. Н. Нерсисян, К. Б. Берберян. Синтез корректирующих устройств	5—229
А. Г. Саркисян, Г. А. Саркисян. Разработка вычислительного метода расчета параметров многократных преобразований Фурье	6—283

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Л. Е. Саркисян. Новые концепции механизма восстановления смесей оксидов и их соединений	6—259
---	-------

ГИДРАВТИКА

Л. И. Высоцкий, Г. А. Григорович, О. В. Токмаджян, Ф. Т. Сумчалаян. К расчету траншейного водосброса	4—181
К. А. Дагян, В. С. Саркисян, А. Ж. Чигчян. Фильтрация суспензий через двухслойные радиальные фильтры	1—31
Р. А. Мұрадян, Г. Т. Тер-Қазарян. О гидродинамических характеристиках противоземболоческих кави-фильтров	6—293

<i>Р. М. Рафаэлян, Г. К. Акопян</i> Исследование гидравлического режима за затвором при напорном и безнапорном движении воды	6—299
<i>Э. С. Саакян, Л. Б. Мкртчян, Р. Э. Саакян</i> Сравнительный анализ методов решения уравнений движения механизмов	4—153
<i>А. А. Саруханян</i> Развитие течения вязкой жидкости на входном участке круглой цилиндрической трубы	3—121
<i>А. А. Саруханян</i> Нестационарное ламинарное движение вязкой жидкости в кольцевой цилиндрической трубе	4—185
<i>С. Дж. Халатян, Р. С. Исаханян</i> Решение осесимметричной задачи фильтрации с учетом возрастающей нагрузки	3—117
<i>Э. А. Хачатрян</i> Фильтрационный расчет водоизборов подземных вод в многослойной среде	2—77

АВТОМАТИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

<i>К. Х. Галфяни, Г. Г. Арунянц, Е. А. Шаробханян</i> Автоматизированный анализ и выбор оптимальной организации химического производства	2—66
<i>С. Р. Даллакян, Н. А. Назарян</i> Об одном методе оптимизации допусков первичных параметров изделий	2—74
<i>С. С. Захарьян, Э. В. Карелки, С. А. Чилишкян</i> Принцип удовлетворения проблеме проектирования робастных многосвязанных САР	5—237
<i>А. М. Карапетян, А. А. Мурадян</i> Итерационный алгоритм решения задачи оптимальной упаковки	2—70
<i>С. Г. Кюреjian</i> К вопросу о построении автоматизированной системы распределения и учета жидких продуктов в резервуарах	6—273
<i>В. В. Овсепян</i> Методика построения корневых годографов ЛСМСАГ, основанная на сведении проблемы к задаче Коши второго порядка	5—241
<i>С. А. Товмасьян</i> Об одной модели приоритетного распределения ресурсов и ее применении	3—109

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>С. С. Авадяян, Э. А. Гомкцян, Э. Г. Саркисян</i> Формирование и смещение синхронимпульсов при исследовании процессов прерывистого резания	1—39
<i>Г. Е. Айвазян, А. Г. Бахшсцян, Г. А. Микарян</i> Влияние структурных эффектов на качество высоковольтных транзисторов	5—252
<i>Э. Н. Ациянц</i> Определение минимального напора в начале нагнетательного трубопровода насосной станции при остановке насоса	1—44
<i>Ш. Г. Валесян, М. М. Миртиросян</i> Конструкции оправок самопрессования с регулируемым эффектом	3—137
<i>С. С. Гаспарян, Т. А. Мнацикян</i> Программно-управляемый анализатор спектра лазерного дилатометрического измерителя скорости	3—123
<i>А. Г. Гаспарян, М. А. Иspirян, Р. Р. Симонян</i> К вопросу о реальной структуре ферромагнитного материала пермаллой	6—306
<i>Э. В. Казарян, Г. Г. Колодян, Г. А. Казарян</i> К оценке показателей надежности транспортных средств на магнитном подвешивании	5—245
<i>М. М. Мириджанян, Р. А. Симонян</i> Прецизионный терморегулятор	6—303
<i>И. Г. Никитян, Н. Г. Барсегян</i> Устройство для исследования влияния эксцентриситета на характеристики электрических машин	5—249
<i>Р. А. Овнанян, С. С. Чибухчян</i> Исследование нестационарного процесса в гидроцилиндре автоподъемника	3—130
<i>Г. Т. Оганесов, А. Г. Абрамян, С. Н. Согникон</i> Анализ механизма деформации шейкообразующих полимеров	2—85
<i>с. П. Папоян</i> Анализ погрешностей двухканальной системы измерения перемещений	2—85
<i>Р. М. Рафаэлян, Э. Н. Ациянц, А. А. Каринфильян</i> Регулятор давления	3—134

<i>Р. О. Саакян, Р. А. Котикян, К. А. Саакян.</i> Исследование ползучести железобетонных колонн 16-ти этажных зданий, возводимых методом подъема перекрытий	2—87
<i>М. Б. Саркисян.</i> Обоснование решений о развитии электроэнергетических систем с учетом неопределенности исходной информации	2—90
<i>Г. К. Сафарян.</i> Динамические характеристики асинхронных и индукторных двигателей	4—197
<i>Р. А. Симонян, Э. Г. Везирян.</i> Цифровой термометр	6—305
<i>Р. А. Симонян, С. А. Шашикян.</i> Основные средства для измерения параметров источников питания	3—125
<i>Р. Г. Степанян, С. Г. Арутюнян, Р. С. Маркарян.</i> Число режущих зерен на рабочей поверхности алмазных кругов	2—82
<i>С. С. Чибухчян, Р. А. Ованяян.</i> Динамика прямолинейного движения автопогрузчика с объемной гидropередачей	1—41
<i>Л. Г. Шекия, Р. О. Саргсян.</i> Надежность подшипниковых узлов электрических машин как функция от уровня собственных вибраций	1—36

Լ. Ե. Սուրգույան: Գրգռիչների խոտանորոգների և միջատնշիչների փերահանգիման մեխանիզմի նոր մտաբանումներ	259
Ա. Մ. ԱսոՒկլյան, Վ. Ե. ԱսեՒկով, Ո. Ա. Հատուրյան: Կախարդան ընկճածների զծապատելների մաշկափայտան եղանակ	265
Լ. Ե. Եղիարզյան: Էներգետիկաների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	269
Ս. Գ. Կյուրեղյան: Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	273
Ա. Ո. Ազիզով: Արտադրական պատկերների փերահանգիման մեխանիզմի միջոցով խեղդանների երատակարարուն որոշման միջոց	277
Ա. Գ. Սուրգույան, Գ. Ո. Սուրգույան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	283
Ո. Մ. Մամիկոնյան: Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	286
Ա. Վ. Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	290
Ի. Ս. Սուրգույան, Գ. Ս. Սուրգույան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	293
Ի. Մ. Սուրգույան, Հ. Կ. Հարություն: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	299
Մ. Մ. Միրզախանյան, Ս. Հ. Աբրահամյան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	303
Ս. Հ. Միրզախանյան, Կ. Գ. Աբրահամյան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	305
Ս. Գ. Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	308

СОДЕРЖАНИЕ

Մ. Ե. Սուրգույան: Новые концепции механизма водородообмена между клеткой и их соединений	259
Ա. Մ. ԱսուՒկյան, Վ. Ե. ԱսեՒկով, Ո. Ա. Հատուրյան: Кахарадан Ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	265
Լ. Ե. Եղիարզյան: Էներգետիկաների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	269
Ս. Գ. Կյուրեղյան: Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	273
Ա. Ո. Ազիզով: Արտադրական պատկերների փերահանգիման մեխանիզմի միջոցով խեղդանների երատակարարուն որոշման միջոց	277
Ա. Գ. Սուրգույան, Գ. Ո. Սուրգույան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	283
Ո. Մ. Մամիկոնյան: Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	286
Ա. Վ. Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	290
Ի. Ս. Սուրգույան, Գ. Ս. Սուրգույան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	293
Ի. Մ. Սուրգույան, Հ. Կ. Հարություն: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	299
Մ. Մ. Միրզախանյան, Ս. Հ. Աբրահամյան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	303
Ս. Հ. Միրզախանյան, Կ. Գ. Աբրահամյան: Կախարդան ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	305
Ս. Գ. Պատկերավորումներում ընկճածների լաբորատ ընկճածների մաշկափայտան	308