ISSN 0002-306X

<u3чичит UU
 чроперзовностре
 чичите ичите ичите ичите ичите ичите ичите ичите ичите ичите из в
 Statual
 Академии наук армянской сср

ENERUV

EPEBAH

. Журкал издается с 5-1 1946 г. Выходит 6 раз в год на русском замие 1 1 15

. Harry Sallante

1 ml - 1 M

БИККЧГЦЧЦЪ ЧАЦБЧЕЦ

Ռ. Մ Սաստիսոսյան (պատասիսանատու իսերադիր), Վ. Վ. Ալիքսիևսկի. Ո. Վ. Աթոյան, Ռ. Ա. Ղազալուն, Ս. Ա. Ղազասյան, Մ. Վ. Կասյան, Ա. Հ. Սաստու Յու, Լ. Սասգայան, Մ. Կ. Ստակյան (պատ. իսեր. տեղ.), Չ. Կ. Սունփանյան (պատասիսանատու թարթուղար), Վ. Ս. հաստատրյան։

РЕДАКЦИОННАЯ КОИЛЕГИЯ

Р. М. Мартиросян (ответственный редактор) В. В. Алексеевский. Р. В. Атопн, Г. А. Казарян, С. М. Казарян, М. В. Касьян, А. О. Саакян, Ю. Л. Саркисян, М. Г. Стакян (зам. ответ. редакторя), З. К. Сталанян (ответственный оекретарь), В. С. Хачатрян.

and the second

С Излательство АН АрмССР. Известня АН АрмССР (сејиня телн. наук), 1989. Изв АН АрмССР (сер. ТИ), т. XLII, № 1, 1989. г. 3 -7.

машиностроение

УДК 539 3

л м. МУРАДЯН, Р. Н. БАРСЕГЯН

ТЕРМОПОЛЗУЧЕСТЬ КОРКИ ЗАТВЕРЗЕВАЮЩЕГО СЛИТКА

Изучено напряженно-деформиров иное состояние испрерывнолитого слитка 1 зоне вторичного охлаждения машиц импрерызного литья заготовок с учетом ползучести Слитоя рассмотрен как тонкая оболочка коробчатов сечения с жилиой затвердевающей по известному эзкону сердисовной. Проседены численные вычисления.

Ил 2. Библиогр 6 наза.

Apardud (wanty and an and the analysis and and ուսութի համաձազվածրի կեղեր և չէ ցրան առղջի dwanded Purger Swyadan 22 dh map athung putue 2 unnigdwy with wa ntynifinibri hinghop in ha gandrayog ind saidwyg giaworydaw i apaka iwaady do. wward and organize in walcoop on put through , app about ingly by by պատերի Հայորությունը մանակից է հրվալում է հեն թվային Հայվարկներ

Напряженно-деформационное состояние корки испрерызного слатка в зоне вторичного дялаждения (ЗВО) машин непрерыеного литья заготовок в упрощенных постановках изучено разными авторами [] -31. Однако эти решения позволяют оценить лишь да твенную картниу этого состояния и не могут служить основой для определения от тямальных конструктявных я технологических параметров манниц.

В настоящей работе научается состояние корки в ЗВО для геометрической модели слитка, пред- ложени зй и [1], т. е. пирокие грани слитка прямоугольного поперечного сечения рассматриваются как цилиндрические оболочки, соединенные между собой боковыми сторонами-балками (рис. 1). Учитывая, что в ЗВО слиток находится в высоком исстационарном температурном поле (900 С \leq 7 \leq 7 , T_{f} — тем – рис. 1. Разрез неврерыниолитого слитка пература-ликвилус стали), на основании имеющихся результатов ра-



a 380.

бот [4, 5] предложены феномекологические зависимости, описываю щие поведение стали при высоких температурах

$$u_{ij} = (a(\theta)T)h_{ij} + (a_{ij} - vS)K_{ij}(\theta) + (a_{ij} - vS)K_{ij}(\theta) + (a_{ij} - vS)K_{ij}(\theta),$$
(1)

где

$$K_1(\Theta) = (E^{-1}(\Theta) + z_1(\Theta - 0.5)^{z_5} + z_1(1 - \Theta)^{z_3}), \quad K_3(\Theta) = z_2'(1 - \Theta)^{z_3'},$$

 $K_{2}(\Theta) = (z_{1} - E(\Theta)/E^{2}(\Theta))\Theta + z_{1}^{*}\Theta^{2}, \quad S = \sum z_{ij} \delta_{ij}, \quad z = S(3, -1)$

 $a_0 = (a_{ij} - a_{ij} - cимвол Кронексра, <math>\Theta = T_i T_0 - 6езразмерная тем$ $пература, <math>z_i - постоянные анпроксимации (точка обозначает лиффе$ ревцирование по времени)

Для рассматриваемого дигназона изменения температуры модуль упругости и коэффициент теплового расширения можно аппрок. мировать следующими выражениями [1]:

$$E(\Theta) = E_0 \exp(-\lambda_0 T); \quad a(\Theta) = a_1 + a_2 T, \tag{2}$$

где Е., о. а. - постоявные анпроксимации.

Учитывая, что в исследуемой части технологической линие непрерывной разливки толщина корки слитка является малой величиной, температурное поле можно аппроксимировать следующим выражением:

$$H = H_0 - H_1 (0.5 + z (H(t))^{-1}) \exp(kt),$$
(3)

гле $\Theta_n = T_1 T_n$, $\Theta_1 = T_p/2T_n$, $H(t) = k | T_1, T_2 - вараметр, определяю$ ний температуру поверхности слитка в начале ЭВО, <math>k - коэффиниевткристаллизации, <math>k - вараметр, определяющий интенсивность наружного охлаждения, H(t) - толщина корки слитка в момент времени <math>t.

Применяя метод последовательных приближений Пикара к уравнению [1], можно его решить относительно напряжений, что поаволяет на основе известных допущений теории тонках оболочек получить основные зависимости между компонентами внутренних силовых факторов и деформационного состояния срединной поверхности для цилиндрической оболочки при наличии высокотемпературной ползучести

$$\begin{split} N_{ij} &= D_{i}(t, t)(\mathbf{e}_{ij} - \mathbf{v}^{c}) - N_{i}(t, t) - \int_{0}^{t} \left((\mathbf{e}_{ij} - \mathbf{v}^{c}), \frac{\partial D_{i}(t, t)}{\partial \tau} + \mathbf{e}_{ij} N_{T}(t, t) \right) d\tau, \end{split}$$

$$\begin{split} M_{ij} D_{\tau}(t, t) (\chi_{ij} - v\chi) &= M_{T}(t, t) - \int_{-\infty}^{0} \left((\gamma_{ij} - \chi) \frac{\partial D_{0}(t, t)}{\partial t} + \tilde{c}_{ij} M_{T}(t, t) \right) dt, \end{split}$$

где

$$e = \Sigma e_{ij} \tilde{e}_{ij}, \quad \chi = \Sigma \chi_{ij} \tilde{e}_{ij}, \quad D_{\bullet} = \frac{1}{1 - v^2} \int_{-N^2}^{N^2} \exp((-F(t - \tau)) R_1^{t-1}(\Theta, \tau) dz,$$

$$D_{3} = \frac{1}{1 - v^{2}} \int_{-H_{2}}^{H_{2}} \exp\left(-F\left(t - \tau\right)\right) K_{1}^{-1} \left(\Theta, \tau\right) (z - z_{0}(t))^{2} dz,$$

$$N_{F}(t, \cdot) = \frac{1}{1 - \int_{-H/2}^{H/2} \exp\left(-F(t - z)\right) K_{1}^{-1}(\Theta, z)(a(\Theta) T) dz,$$

$$M_{\tau}(t,z) = \frac{1}{1-\gamma} \int_{-H_2}^{H_2} \exp\left(-F(t-z)\right) K_1^{-1}(H_1,z)(a(H_1)(z-z_0(t))) dz_{\tau}$$

$$F(z) = z_1 \Theta^{z_0} (E^{-1}(\Theta) + z_1 (\Theta - 0.5)^{z_0} + z_1 (1 - \Theta)^{z_0})^{-1}.$$

Аналогично [6] введем неизвестную комплексную функцию N, с помощью которой определяются внутренние усилия и компоненты деформации средницой поверхности оболочки. Удовлетворяя условиям черазрывности деформаций и осредняя по времени температурную функцию в функции µ(1), получаем разрешающее дифференциальное уравнение поставленной задачи

$$\nabla \nabla \widehat{N} + \frac{\partial^2 \widehat{N}}{\partial \varphi^2} + i2b^2 \frac{\partial^2 \widehat{N}}{\partial x^2} = 2b^2 \left[i \left(R \nabla \varrho^* - \frac{1}{R(1+v)} \left(\frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \nabla \nabla \right) M_{\gamma}^* - \frac{1-v}{(2b^2)^2} \left(\frac{\partial}{\partial \varphi} - \nabla \right) A^{**} \right) + \frac{2b^2}{R(1-v)} \left(\frac{\partial^2}{\partial \varphi^*} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \nabla \nabla \right) M_{\gamma}^* - \frac{1}{2b^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial \varphi^*} + \nabla \nabla \right) A^{**} \right)$$
(5)

где

$$2b^{2} = R(D_{2}/(1-r^{2}))D_{2}V^{2}, \quad Q^{*} = Q - \int_{t_{0}}^{t} \frac{Q}{F_{0}} \exp\left(-F(t-t_{0})\right) d\tau.$$

R—раднус кривизны обелочки *г* — среднее значение функции в интервале (1₀, 1).

Решая полученное уравнение (5) при граничных условнях, моделирующих взаимодействие направляющих механизмов со слитком в ЗВО, и удовлетворяя условням конт. порования между собой широких граней слитка коробчатого сечения [1], получ. м выражения впутренних спловых факторов с компоненты вектора перемощений, которые из-за громоздкости здесь не приводятся.

Разработан элгоритм численной реализации решения задачи и составлена программа на илгоритмическом языке FORTRAN-IV, которая позволяет определить жапряжение сформ, новное состояние корки слитка с учетом истории нагружения по всей длине ЗВО и нарастания толщины корки во времени Разработанный алгоритм учитывает как влияние основных технологических параметр в процесса непрерывной разливки, так и конструктивных параметров машины непрерывном литья на прочностное состояние корки с учетом зависимости деформ тивных и прочностны, карактеристик заданной стали от температур и времени

Числовые вычисления проведены для стали со следующими деформатияными и теплофизическими характеристиками: $z_1 = 1.15 \cdot 10^{-1}$ (°C)⁻¹; $z_2 = 10^{-6}$ (C)⁻¹; $E_0 = 0.7 \cdot 10^{-3}$ М/7а; $\delta_a = 0.67 \cdot 10^{-3}$; $k = 2.75 \cdot 10^{-3}$ м c; $z_1 = 5.333 \cdot 10^{-2}$, $z_2 = 0.709 \cdot 10^{-4}$; 7; $z_1^2 = 2.54 \cdot 10^{-4}$; 1.04 10^{-4} ; $z_2 = 5$; $z_3 = 15$.



Рис. – Прогибы (а) и эпоры нап-яжений под родикции (б. а) тая продета t = 15, 1 с. 0.5 м мая, - 3 10 4 с. 1; 2 – v = 1 мемия, $t = 10^{-4} c = 3 - v = 0.5$ м = 10 4 с. 1 – v = 1 м. $t = 10^{-4} c = 3$.

На рис. 2 ариведены графики изменения прогибов для межролиювого расстояния с порядховым номером 15 в элюры распределения на-

- 6

пряжёний под роликовой парой в конце того же пролета, при начальном раднусе кривизны слитка R = 10 и и ширние слитка L = 2 л для различных значений скорости разливки и интенсивности наружного охлаждения.

Результаты вычислений показывают. что уколичение схорости разливки приводит к существенному росту прогибов корки слитка и посту величии растягивающих наприжений, нозникающих и зоне соприхосновения корки с жидкой фазой, гдс по существующим натурным наблюдеиням возникают внутренние трещины. На основе провеленного анализа можно утверждать, что при соответственном подборе скорости разливки и интенсивности охлаждения наружной поверхности слитка можно вредотвращать или довести до минимума возможность возникновения внутренних трещин в непрерывнолитом слябе в ЗВО

Полученные результаты использованы в НИШтяжмаш ПО «Уралмаш» при выборе оптимальных технических решений и определении параметров проектируемых машии испрерывной разливки

ЛИТЕРАТУРА

 Мурадян Л. М., Барсегян Р. Н. Напряженно-деформированное состояние корки затвердевающего слитка // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН — 1983.—Т. XXXVI, № 4.—С. 17—22.

- Grill A., Brimacombe J. K., Wenberg F. Mathematical analysis of stresses in continuous casting of steel frommaking and Steelmaking, 1976. No 2.
 P. 36 47.
- Kohet Fakawa Hiromi Matsamoto. Rheologic. analysis of bulging of confinuously cast slabs with elementary hending theory. Teny To Xarans. – 1982. – № 7. – P. 794 – 798.
- 4 Wray P. J. Effect of carbon content on the plastic flow of plain carbon steels at elevated temperatures. Metallurgical Transactions. -- 1982. -- V 13A, Nº 1. --P. 125 -- 134.
- Dorn J. E. Some fundamental experiments on hing-temperature creep fourn. Mech. Phys. Solids. - 1955. - No. 2, - P. 51 - 69.

6. Навожилов В. В. Теория танках оболочен. - Л.: Судпромина, 1962 431 с.

Еріін ны К. Маркса

20. VIII. 1985-

Нав. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 1, 1989, с. 7-11

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 678.5:621.891

А К. ПОГОСЯН, А. Н. КАРАПЕТЯН

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРА СФД

Приведены результаты песледокания триботехнических свойств полимерных комнозники на основе сополниера СФД, наполненных обычными и предварительно ходифицированными минеральными наполнителями. Показано, что при предеции и сополниер СФД модяфицарованных инверальных изполнителей, прошедших специальную химическую обработку, значительно позышаетсч изпосостойкость (а 4 6 раз) и снижается коэффициент треняя (в 1,2 1,7 разя). Высокая износостойкость полученных материалов объясняется тем, что и процессе трения на моталлической поверхность образуется прочная пленка фракционного переноса.

Ил. 2. Габл. З Бябяногр.: 5 наза

Անով և և նամապոլիվեր ֆորմալդենիդի նիմբի վրա պո մերային կազմությունների (որոնը հարստացված են սովորական և նախապես վերափոխված նանրային լցանլութերով) որիրոտեխնիկական շատկութկունների ուսումնասիրության արդյունըները

ույց է տրված, որ մամապոլիներ ֆորմայդենիդը նատուկ թիմիական մրակում անցած վերափոխված լցանյուներով ճարստացնելու դնարում բավականաչափ մեծանում է մասակայունունյունը (4-ն անդամ) և փորրանում չփման գործակիցը (1.3-1.7 շնդամ)։ Ատացված նյուների բարձր մաչակայունունյունը բացատրվում է նրանով, որ չփման պրոցեսի ըննացրում մետաղական մակերնույնի վրա առաջանում է ամուր պոլիմերայրն նաղանիլ

Известно [1—3], что при создании новых композиционных самосмазывающихся полимерных материалов (КСПМ) с задансыми свойствами первостепенной задачей является подбор наиболее эффективных тапов наполнителей из большого количества потенциально возможных, а также их радновальное использование в зависимости от эксплуатационных условий узла трения.

Настоящая работа посвящена исследованию гра отехнических свойств новых КСПМ на освове сополниера СФД в зазисамости от используемых наполнятелей. Для создания КСНМ в качестве связующе го был выбран сополимер формальдегида с диоксоланом (СФД), освренный и влиутхаемый промышле...юстью. Сополнмер СФД характе ризуется комплексом ценаму физико-механических, антифракци нямх и хамических свойств, благоларя которым получил широкот распростравсние в наш и стране и зарубежом и является одним из перспективных материалов класса гермостойких полимеров. Оливко, ввиду сложности его синтеза и нез постойких полимеров. Оливко, ввиду сложности его синтеза и нез постойких полимеров. Оливко, ввиду сложности его синтеза и нез постойких полимеров. Оливко, ввиду сложности его синтеза и нез постойких полимеров. Оливко, ввиду сложности его синтеза и нез постойких солостах ско. Бизия гработехнических характеристик при высоких скоростах ско. Биз-ня, затруд няется дальнейшее распирение грании и сфер его использования.

Пля получения композиций в качестве наполнателей применялись как обычные м перальные матерчалы, не обладающие самосмазывающен способностью (травертан, мрамор, базальт и туф разных месторожлений с различной степенно абразничостя), так и те же минеральные наполнитет с продварятельно прошедшие специальную химическую обработку. Основные физико-механические свойства минеральних наполнителей приведены в табл. 1.

Наполнители вволялись в СФД в количестве от 1 до 60 мас: Но результатам триботехнических испытании, проведенных на машние трения СМШ-2 по схеме «зал-частичный изладыш», получены зацисимости линейного износа, коэффициента трения и поверхностной температуры от продолжительности скольжения, позволяющие судить э скорости изнашивания и потери на трение исследуемых материалов в не риод испытания. Результаты испытаний (рис. 1 и 2) показывают, что на синжение износа и коэффициента трения влияет как содержание наполнителя, так и, в большей степени, природа материала наполнителя.

Tabanna I

Парамстр	Туф артижский	Базальт	Травертин	Мрамор
REOTHOCTL, 2/CM3	2,57	2,53	2,93	2.7
Предел прочности, МПа-				
При сжатен	13,3	136.7	113,8	122,2
при изгибе	1,5	15.4	18,2	16,5
Мозуль упругости, МПа	1266,8	2986+4	3264,5	3312.6
Твердость по шкаде Мооса	4 6	4-6	2.5 3.5	2, a = 3
Пористость. %	46,6	9.7	7	1,36
Нодоноглошение по весу, %	23,3	1	1,7	0,23



Рис. 1. Зависимости коэффициента треняя / и понерхностной температуры 0 (а), а также линейного язноса ДА (б) от продолжительности скольжения по стали 45:1—СФЛ: 2 и 3—СФД+5 и 10 вес. % травертина: 4 и 5—СФД+5 и 10 нег. % мрамора; 6 и 7—СФД+1 и 5 вес. % туфа; 8 и 9—СФД+1 и 5 вес. % базальта



Рис. 2. Завысимости коэффициента трения і и поверхностной температуры в (а), а такжа линейного износ. <u>А</u>в (б) от продолжительности скольжения по стали 45: 1—СФД—вес. % модифицированный травертин: 2— СФД+вес % модифицированный мрамор: 3—СФД-вес. % модифицироивный туф

Как видно из рис. 1. для уменьшения износа полимера (СФД), в 1.5-1,7 раза, практически сохраняя коэффициент трения за исходном уровие, потребовалось всего лишь 5% травертина члк мрамора, и в случае использования более абразивных минералов (базальт, туф) с той же нелью понтробнарсь еще меньше-около 1% 😳 увеличением содержання первых до 10% и вторых до 5%, резко (в 1,5-2 раза) возра тают значения коэффициента грения и износа композиций. В этих условиях, веледствен увеличения суммарной контакт ой площади наполнителя с металлическим контртелом и понышения истирания между ними, возрастает генерируемое при грении тепло, приводящее к резмягчению поверхностного слоя полимера и, как результат этого, значительному изпосу материалов [4]. С увеличением скорости скольжения 2>1лн- триботехнические свойства исследуемых материалов сще более ухудянаются на-за дополимеризации поверхностного длоя

Совершенно иная картина наблюдается при введении в сополимер-СФД модифицированных минеральных наполнителей, прошедших специальную химическую обработку Как следует на рис. 2, значительно повышается износостойкость (в 4 б раз) и снижается коэффициент трення (в 1.2-1,7 раза). При этом имсют место расширение температурных грании стабильного трения и увеличение нагрузочной впособности композиционных материалов

Для сравнительной оценки триботехнических свойств исследуемых материалов и табл. 2 приведены значения скорости изнанивания / удельной скорости линейного изнашивания / ,, относительной износостойкости и, коэффициента трения / и поверхностной температуры в, а также линейного изпоса M образцов с обычными и модифилированными минеральными наполнителями. Как видно, наиболее низкой скоростью изнашивания (0.64-0.91 мкж/ч) и одновременно наиболее низким коэффициентом трения (0,09 0.12) обладают композники, наполненные модифицированными минеральными наполнителями

Гряботехнические характеристики композиций на основе СФ I с оптимальным

		Hocar 50 mus	При установившемся режимс трения					
СФ I- наполентель	испытания 24. жело	Т чжм ч	Гул. "мкм.ч. н	r,	1	n, ic		
Без наполні	теля	30	3.82	u.0255	1,00	0.15	90	
Травертин –	0	16	2,28	0,0152	1,68	0,18	90	
Мрамор = (1	17,3	2.47	0,0165	1,54	0,18	90	
Туф — О		20,6	2,61	0,0174	1,46	0,22	90	
Травертин -	- M	6,0	0,64	D.004-1	5,94	0.69	45	
Мрамор — Л	1	6,8	0,71	0,0047	5,36	0,10	48	
$Tv\phi = M$		· 9,6	0.91	0,0061	4,20	0,12	55	

количеством обычного (0) и модифисированного (М) минерального наполнителя при 1,91 31/1а и и 0,78 м'с

Адгезионная прочность пленок фрикционного переноса материалов

Tabauna 3

	У	словня трення	-рооп канцонсэлаА	
Материал	Время, ман Температура на фрик- ононном контакте, с.		ность пленок фП 10-3, Для ма	
	10	30	21	
СФД	360	\$ 14	72.36	
СФД+модифицированные	10	30	38	
травертни	360	52	101,26	
СФД-1-молнфицированный	10	30	31	
мрамор	360	55	97	
СФЛ модифинированный	10 -	35	26	
туф	360	72	86,5	

Высокая износостойность полученных модифицированных материалов объясняется тем, что в процессе трения на металлической новерхности образуется прочная пленка фрикционного переноса (ФП), которая играет главную роль в механияме самосмазывания при их трении. С образованием пленки ФП наступает период установавшегося наноса, зависящего от свойств и долговечности перенесенной пленки. Расчетвые аначения адгезионной прочности пленок фрикционного переноса и следуемых материалов, полученных с помощью соотношения Дюпре [5], приведены в табл. З. Как видно, адгезиопная прочность пленок, образованных после установившегося режима трения молифицированных композиций, в 1,2—1.5 раза больше, чем у исходного материала

Таким образом, введение в сополимер СФД модифицированных минеральных наполнителей приводит к значительному повышению износостойкости и снижению коэффициента трения. Эти материалы можно рекомендовать для изготовления, например, подшилинков скольжения, эксплуатирующихся в условиях отсутствия смазки ври значениях P-V \$2 МПа-м/с

литература

- I. Трение и износ материалов на основе полижеров / В. А. Белий, А. И. Свириленок, М. И. Петроковец и др — Минск: Наука и техника, 1976 — 431 с.
- 2 Погосяя А. К. Трение и износ наполненных полимерчых материалов.—М. Наука, 1977.—135 с
- 3 Триботехни кне свойства антифрикционных само мазык ющахся пластмасс. Обзор информ / Под ред. Г. В. Сисалаева и Шембиль Н. Л.—М.: Мад-во стандартов, 1982—64 с.
- 4 Погосян А. К., Карапетян А. Н., Австисян Ю. Л. Исследование механохимических явлений при трении материалов на основе сололимера СФЛ // Теория и конструпрование манзии: Межвуз сборник.—Ереван: Изд-во ЕрПИ, 1986.— С 3—7.
- 5 Вая Кревслев Д. В Свойства и химическое строевие полимеров Пер. анг. / Под ред. А. Л. Малкана — М.: Химия, 1976 — 416 с.

ЕрПИ ин. К. Маркси

11. V. 1987

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 1. 1989, 12-14

электротехника

.УДК 621.313.30

н г никиян, м е. рондем, г. к джанибекян

КОНТРОЛЬ МАГНИТНЫХ СВОИСТВ СЕРДЕЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Расимотрены особенности контроля сердечников ясянхропных машин малой мощности и описан принции действия разработанного устройства. Показана возможность оценки уарактеристики измагничения и потерь в стали контролируемого сердечника относительно чталонного.

Табл. 1 Библиогр.: 1 назв.

արկված հեն Հղորություն ասիեիրոն ժիտուկների ստուցման առանձ նաւատկությունները և Եկարագրված են սարքի ա տանցի սկզրունքը։ Ցույց է ռոված Հետադոտվող մազերսացման բնութադրի և պողպատի կորուստների գնա Հատման Հեպրավորությունը լափանմարչի Համեմատո

Сердечники серийных асинхронных машия малой мошности изгоговляются из малотекстурованной холоднокатаной стали. После штамповки листы сердечников водвергаются рекристаллизационному отжигу и оксидации. Нарушение режима термообработки и износ штампов приводят к отклонениям характеристики намагничавания стали и потерь в сердечниках от номинальных значений. Своевременное обнаружение этих отклоцений необходимо для корректировки технологического процесса и предотвращения брака уже готовых машин.

Обычно качество сердечников электрических машин средней мошности контролируют по величине потерь в них. Современные аснихроя ные машины малой мощности имеют относительно большой намагии чивающий ток, достигающий (0,6—1) номинального тока. Поэтому основную часть потерь холостого хода составляют электрические потери в статоре, близкие к потерям поминального режима Шама инчивающий ток в значительной мере зависит от характеристики намагничивания стали сердечников статора и ротора. В связи с этим возникают требо вания контролировать магнитиме свойства сердечников как по характеристике памагничивания (критерий 1), так и по величиве потерь (критерий 2).

В существующих устройствах магинтный поток в контролируемом сердечнике создают с помощью индуктора, вводимого в его полость При этом поток замыкается через зазор в стыке между индуктором и сердечником, что вызывает большую погрешиюсть в опрецелении харах теристики намагничивания. Авторами разработано устройство для контроля магнитных свойств сердечников электрических маннии малой мощности. Магнитный поток в контролируемом сердечнике создается здесь с номощью одновиткового намагничивающего контура, имеюще

го разъем и проходящего сквозь отверстие сердечника. При этом мятинтный поток замыкается почти целиком по ярму сердечника и на его пути отсутствуют воздушные зазоры. Это позволяет гочнее определить характеристику намагничивания кольцевой часта сердечника. Сердечник охнатывается также измерительным контуром, который замыкается аналогично намагничивающему. Устройство снабжено эталонным сердечвиком того же типоразмера, что и контролируемый. Намагничение сердечников произволится одним и тем же контуром, проходящем сквозь отверстия сердечников. Измерительные контуры, сердечников друг от друга независимы.

При синусондальном наматничивающем токе магнитный поток а ферромагнитном сердечнике имеет несинусондальную форму. Между средним значением ЭДС измерительного контура $E_{\rm TP}$ и максимальным значением магнитного потока Φ_n в сердечнике существует известная связь [1]. Магнитные потоки, замыкающиеся по отверстию и поперек пазов и зубцов сердечников, можно не учитывать из-за их малости (сердечники ненасыщены). Тогда можно принять, что эти потоки для кон тролируемого $\Phi_{\rm mk}$ и эталопиого $\Phi_{\rm nm}$ сердечников существуют только в ярмах. Так как сечения ярм сердечников одинаковы, то имеем

$$\frac{E_{Gx}}{E_{cux}} = \frac{\Phi_{\pi_u}}{\Phi_{\pi_x}} = \frac{B_{\pi_x}}{B_{\pi_x}}, \qquad (1)$$

где B и B — максимальные значения индукции в ярмах контролируемого и эталоиного сердечников при одном и том же токе возбуждения $I_{\rm R}$.

Чувствительность примененного способа контроля полтвержлается результатами измерений на сердечниках статоров асинхронного двигателя 4АА63А1 из стали 2012 при неизменном токе возбуждения (таблица) Сталь эталонного серлечника прошла нормальную термообработку и имела стандарт ные характеристики. Контролируемые сердечники № 1 и № 2 изготовлены из стали, термообработка которой выполвена с отклонениями от вормы. Намагничивающий ток измерался амперистром типа Э514 (кл. точи. 0.5) посредством трансформатора тока (кл. точи. 0.2) Индукция определялась по средней ЭЛС, измеренной аолыт метром типа Ф5053 (кл. точи. 0.5).

1 a6.

	Эталог ный серлечинк		Контролируемые сердечники				
Намагинчива он ая МЛС. Ц			N91		N	N62	
	Dear F		B_{exi} T	² k	$B_{\rm part}, T$	1	
75	1.29	70-30	1,049	591 50	0.650	57 45	
90	1,33	73 20	1,133	63 5'	0.564	59-17	
120	1,40	77.001	1.124	69° 30'	1,115	64 0	
150	1.44	79 201	1.277	73 10	1.242	68100	

Результаты измерения магнитных с сонств сертечников статора линсателя 4 XA6344 (250 /3/m, 1370 лб. учи)

В асинхронных машинах малей мощности контроль во критерию і имеет первостейенное значение. Если критерий і выполняется ($E_{cp,k} \approx E_{cp,p}$), то необходимо провеста контраль по величине потерь (критерия 2). При сормальном тжите листов помери в сердечнике могут иметь завышенных значения из-за плохой сксилации и больших заусенцев, вызванных износом штампов

Контроль по критерию 2 выполняется путем сравнения фазовых углов между током возбуждения /, и соответствующими ЭДС измерительных контуров контролируемого ½, и эталонного ½, сердечинков. Потери в стали контролируемого Р, и эталонного Р сердечинков определяются по формулам

$$P_{a} = k_{a} - \frac{1}{2} \cos \left(-\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos \frac{1}{2} \right),$$
 (2)

где k₁₆ в k₁₆ – козффициенты формы криной ЭДС контролируемого и эталонного сердечников, разные отношению действующего значения ЭДС к среднему

При выполнения критерия 1 можно считать, что кривые ЭДС имеют одинаковую форму, в тогда $k_{\mu} \approx k_{\mu}$. Обозначив $\Delta P = P_{\mu} - P_{\mu}$ из выражений (2) получим

$$\frac{\Delta P}{P_{a}} \approx \frac{2 \sin \left[\frac{\dot{\gamma}_{a}}{2} \left(1 + \frac{\dot{\gamma}_{a}}{\dot{\gamma}_{a}}\right)\right] \sin \left[\frac{\dot{\gamma}_{a}}{2} \left(1 - \frac{\dot{\gamma}_{a}}{\dot{\gamma}_{a}}\right)\right]}{\cos \dot{\gamma}_{a}}.$$
(3)

В тобыт свены также значения углов ψ_h и ψ_h для указанных выше сердечии ов. определенные по (2). Для этого ислытуемые сердечники были сва жены обмоткач. 2016 г. а-кия и измерения с одинаконым числом витков. Мощно, т. в мерялась электродинамическим ваттметром (кл. точн 0,5). Если $z_h = 0$ и $P_h = P_h$. Таким образом, для углов и можно определить степень отклонения потерь контролируемого сердечиная от этаго ного.

сопред. измерений при контроле зависит от величины и формы кривой тока возбуждения /в. Величина тока должна быт. выбрана так, чтобы со-тветствующие значения индукций и в в ярмах контролируемогь и эталонного сердечников находились на иснасышенных участках характеристик намагничения. Практически синусоплальная форма тока возбуждения получается при использования линейного дросселя в спи намагничивающего контура

ЛНТЕРАТУРА

 Кифер И. И. Испытание ферромагнитных материанов—М: Гонанергов со.т. 1962.— 544 с.

ЕрПИ им К Маркса

28 IV 1987

Ила АН АрмССР (сер ТП), т XLII, № 1, 1989. с. 15-19

вычислительная техника

.....

УДК 621.391.81

- 12 1

Carlot and the second

THE ALL AND A REAL PROPERTY.

. Д. С. МЕЛКОНЯН, А. Р. САРКИСЯН

2. 4

. .

4

ЭФФЕКТИВНЫЯ АЛГОРИТМ ЦИФРОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПО НЕРАВНООТСТОЯЩИМ ОТСЧЕТАМ ПРОЦЕССА

Предлагается эффективный элгориты расчета косинус- и сипус-преобразований Фурь- от функции, задлиной и перавноотстоящих точках, когда точки отсчетоя функции расположены на оси абециес по закону геометрической прогрессии Для интерполяции и аппрокеммации исходной-функции (процесса) вводятся специальные фунции отсчетон, с помощью которых страится интерполирующее ныражение в виде некоторой суммы этих функций. Это используется при построении расчетных формулции отсчетон, с помощью которых страится интерполирующее ныражение в виде некоторой суммы этих функций. Это используется при построении расчетных формулции отсчетон, к синус-преобразовании Фурье, которые представляются (с помощью теорем: измещения масштяба) в виде суммы соответственно косинус- и сипус-преобразований Фурье функций отсчетов. Действительная и минмая частотные характерстики вычисляются для дискретных значений частоты, также имеющих сеометрическое распредсяение.

Ил 3. Библиогра в назв.

Առաջարկվում է Յուրյնի կոսինուս և շինուս-վերափոխության արդյունավետ ալդորիքվ որոնը վերափոխվող ֆունկցիան տրված է իր արժեցներով անձավասարապատ կետերում, որոնը արոցիսների առանցցի վրա տեղադրված են ըստ երկրաչափական արոգրեսիայի որները. Տրված ֆունկցիայի (պրոցնաի) գծայնացման և միջարկման համար ևերանցվում են առուկ հաջվանթային ֆունկցիաներ, որոնց ոգնուքյամը կառուցվում է միջարկման ար ուսհայտուքյանը, որն ունի այդ ֆունկցիաների գումարի տեսը։ Այս հանգամանը օգտապործվում Ֆուրյնի կոսրեսուս, և սինուա վերափոխունքյան հաշվարկային արժում կուների կառուցելիս՝ կիրառելով մասչտարի փոփոխության Բնորնվը։ Բրական և կեղծ Համախակա ծուլան բնութնարդերը հաշվվում են հանգանանության երկրալուփակուն բաշխման օրենթին ենքարկվող ընդնատ արժերների համարս

14.1

Для машинного расчета преобразования Фурьс в последние 20 лет разработаны несколько семейсть эффективных машинных алгоритмов быстрое преобразование Фурье (БНФ) [1], метод Винограда [2], методы максималы он энтропин [3] и др. Хотя эти алгоритмы основаны на различных теоретических конденниях и вычислительных схемах, вст они используют и качестве исходных данных равноотстоящие отсчеты обрабатываемых функций. Межлу тем в некоторых случаях, например. при обработке криных переходных процессов и частотных характеристик, начательный эффект в смысле сокращения избыточности неходных ланных дает введение неравномерного шага дискретизации [4-6] Однако выгоды от введения перавномерного шага обычно оказываются нереализованными, поскольку алгорятмы расчета преобразованна Фурье по перавноотстоящим отсяетам не являются эффективными в принят от смысле. Поэтому задача построения эффективных аэгоритмов шфрового спектрального янаянза, которой посвящена данная статыя, является актуальной

Пусть аппрокеньируемая функция f(x) задана на вещественной оси х дискретными отсчетами $f_b = f(x_b)$ в узловых точках $x_b = x_b c^b$, (k = 0, ..., N). где x_b и c – константы, удовлетноряющие условиям $x_b > 0, c > 1$.

Идея предлагаемого алгоритма заключается в том, что интерполирующая функция S(x), для которой должно выполняться условие $S(x_{a}) = f_{a}$, ищется в виде

$$S(x) = \sum_{n=0}^{\infty} f_n i(x/x_n),$$

где А(у) — так называемая функция отсчетов, удовлетворяющая следующим условиям:

$$L(c^{m}) = \begin{cases} 1 \text{ при } m = 0; \\ 0 \text{ при } m \neq 0. \end{cases}$$

Кроме того, эта функция должна быть ограничена и непрерывна на отревках $\{c^{k}: c^{k+1}\}$ (k = -1, 0, 1, ...).

Введем функции отсчетов следующих двух типов

1 Финитиая функция отсчетов (рис. 1а, хривая 1):

$$\tilde{\lambda}(x) = \begin{cases} \frac{1 - cx}{1 - c} & x \in [1/c; 1]; \\ \frac{c - x}{c - 1} & x \in [1; c]; \\ 0 & x \in [1/c; c]. \end{cases}$$



Рис 1 а — финитиан (1) и синусондальная (2) функции оссчетов; 6 — иринции аппроксимании с помощью финитиых такий отсчетов.

2. Синусондальная функция отсчетов рис 1а, кривая 2)

$$r) = \frac{\sin(\pi \log x)}{\pi \log x}$$

Принция аппроксимации функции с помощью финитной функции отсчетов приведен на рис. 16. О точности аппроксимации с помощью финитной и синусондальной функций отсчетов можно судить по результатам, представленным на рис. 2.



Рис. 2. Функция у xp + (а) в расчетные кривые ошибок аппроксимация финитацыми (б) и синусоцпальными (в) функциями отсчетов.

Для расчета косинус- и синус- преобразований Фурье

$$F_{r}(\mathbf{a}) = \int_{0}^{\infty} f(x) \cos \alpha x \, dx, \quad F_{s}(\mathbf{a}) = \int_{0}^{\infty} f(x) \sin \alpha x \, dx$$

от заданной функции [(x) последняя представляется а бе, конечной полуоси [0; ∞), рассмотренной интерполирующей функцией (x) ≈ S(x). Таким образом, задача сводится к вычисленню интегралон нила

$$R(\alpha) = F_{\alpha}(S(x)) - \int_{0}^{\infty} S(x) \cos \alpha x \, dx,$$
$$I(\alpha) = F_{\alpha}(S(x)) - \int_{0}^{\infty} S(x) \sin \alpha x \, dx.$$

Принцип построения расчетны формул используст то обстоятельство, что S(x) состоит из суммы функций отсчетов X(y).

Пусть

$$u(v) = \int_{0}^{\infty} i(y) \cos vy \, dy, \quad v(v) = \int_{0}^{1} i(y) \sin vy \, dy.$$

17

2-23

«Тогда с использованием теоремы изменения: масштаба получаем

$$F_{a} = (x, x_{a}) = x_{a} (x, z), \quad F_{a} = (x_{a} z), \quad F_{a} = (x_{a} z),$$

следонательно,

$$R(\alpha) = x_0 \sum_{n=0}^{N} f_n c^n u(x_n z), \quad I(\tau) = x_0 \sum_{n=0}^{N} f_n c^n v(x_n z).$$

Пусть функции R(x) в f(x) вычисляются для дискретных значений $a_j = x_0 h_1^r$ где $h = \frac{1}{r}$, r целое число.

Тогда

$$R(a_{i}) = R_{i} - x_{i} \sum_{n=0}^{\infty} f_{n} c^{n} u \left(a_{0} x_{n} h^{(n+1)} \right), \tag{1}$$

$$I(\mathbf{x}_j) \doteq I_j = \mathbf{x}_0 \sum_{n \neq 0} f_n e^n v(\mathbf{x}_0 \mathbf{x}_0 h^{(n+1)}); \quad (2)$$

В зависимости от используемой функции отсчетов и требуемой гочности расчетов может быть выбран некоторый интервал [v_n], вне которого функции *n* (v) и v (v) практически равны пулю или некоторым установнищимся значениям:

$$u(\mathbf{v}) \approx u_0, \ u(\mathbf{v}) \approx 0 \text{ при } \mathbf{v} < \mathbf{v}_0; \tag{3}$$

$$u(\mathbf{v}) \approx 0, \quad \boldsymbol{v}(\mathbf{v}) \approx 0 \quad \text{при } \mathbf{v} > \mathbf{v}_{\mathbf{u}}. \tag{4}$$



Рис 3. Частотные характеристики функции у же з. анпрокелянрованной финициой функцией отсячетов: а мещественная (1) и мнимая (2) частотных характеристики: 6—вривые ошибок вещественной частотной характеристики при различных частотах дискретизации исходной функцан (10 (1) в 20 (2) гочек на декаду); в крипые ошибок миямон частотной характеристики при различных частотах дискретизации исходной функции (10 (1) в 20 (2) гочек на декаду).

24

На оси у зададим сетку $= h^m$ (m = 0, 1, ..., M) и висдем обозначения: $u(v_m) = u_m$, $v(v_m) = v_m$. Примем $a_n = v_0 x_0$. В силу условна (3) и (4) и выражений (1) и (2) функции R(z) и f(c) приближенно равим нулю или установившимся значениям вне интервала a_m]. Таким образом, при заданном нате дискретизации (вараметр h) функции R(z) и f(z) определяются значениям

$$R_{ij} = x_i \sum_{n=0}^{N} f_n \subset u_{m+1}, \ f_j = x_i \sum_{n=0}^{N} f_n \subset u_{m+1}, \ (j = -\varepsilon N, \dots, 0, \dots, M).$$
(5)

Значення U_n и V_m (m=0, ..., M) для финитной функции отсчетов вычисляются по аналитическим формулам Для инусондальной функции отсчетов эти значения могут быть рассчитаны любым численным метолом, в частности, вышеописанным, используя в качестве интерполирующей функции финитную функцию отсчетов. Формулы (5) обеспечивают эффективный алгоритм расчета преобразовании Фурье, существсино сокращающий объем вычислений при полном расчете искомых функций. На рис. 3 пр иведены нещественная и мнимая частотные характеристики функции хехр (-x), полученные с помощью описанного алгоритма.

Представленный эффективный алгорнтм может иметь широкое практическое применение при анализе переходных процессов в инейных динамических системах, уравнения которых неизвестны. Геометрический шаг дискретизации оказывается целесообразным при расчете жестких систем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рабинер Л. Гоухо В. Теория и применси в шафровой обработки слипалов.— М.: Мир. 1978—848
- 2 Быстрые влюритмы инфровой обработке изображений / под ред. Хуанга Т. С.-М.: Радно и связь, 1984. 224 с
- 3. Джейнс Э. Т. О логичском обосповании митодов максимальной энтронии // ТИИЭР.—1982.—1 70, № 1—С. 33—51.
- 4 Меляюнян Д. С., Гозарян А. А. Бислевный метод расчета частотных характеристик по неравлюютствинии техетам крявой верех спесто процесс: // Изв. АШ. Арм. ССР. Сер. ТП.—1979 — Г. ХХХИ, № 6.—С. 22—27.
- 5 Газаран А. А., Меллович Д. С. А горитмы цифрового синтрального и за переходных вроцессов в биоле висских системах // Автометрия.—1979. «Nº 6.— С. 93—100.
- Heims H. D. Power spectra chained from expenentially a feeling -p. ng of sampling positions and frequencies. IEEE Trans. on Acoust, Speech and Sign. Proces. - 1976. - V. 24. - No. 1. - P. 63 - 71

Ин-т фязиологан им. Л. А. Орбеля II АрмССР

27, VI. 1986

19.

УДК 621.3.049.779

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Я Г КАРАПЕТЯН, А А КАРАГЕЗОВ

О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕНОСА В ПРИБОРАХ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

Исследуется илияние разброса чувствительности по ячейкам приборон с зарядовой связью на точность измерения неэффективности перенося. Приводятся эксперпментальные результаты, получени за матрии типа А 1042

Библиогр.: 3 плап.

Հետազոտվում է լիդրալին կապով սարջերի բշիջներում զգայության ցրման ազդեցու Բլունբ փոխադրման անարդյունավետության լափման ճշտության վրա։ Բերված են փորձարարական տվյալներ, որոնբ ստացված են չ 1042 տիպի մատրիցաների համար։

Неэффективность переноса является одним из важных нараметров приборов с зарядовой связью (ПЭС) [1]. Измерение величины неэффективности позволяет характеризовать качество того или иного образна ПЗС при его использования в ряде высокоточных исследований. Так, например, неэффективность переноса вносит определенный аклад в ре зультирующую ошибку при определении координат центра тяжести изображения [2].

Известный способ измерения неэффективности переноса [3] заключается в следующем. Оптический сигнал определенной величины вводится в ближнюю к выходному устройству ячейку ИЗС, индуширо ванный и ней зарядовый пакет считывается выходным устройством и замеряется значение напряжения U_1 , соответствующее образованному в ячейке заряду Q_1 . Затем такой же по величине оптический сигнал вводится в цальнюю от выходного устройства ячейку прибора и аналогично замеряется величина U_2 , соответствующая Q_2 . Значение неэффективности переноса с определяется согласно выражению

$$S_{nm} = \frac{U_1 - U_2}{nU_1}, \quad (1)$$

где и - число переносов вдоль прибора.

Злесь предполагается, что чувствительность всех ячеек ПЗС эли накола. Однака в реальных приборах существует разброс чувствительности, среднее значение которого может находиться в пределах от 3 до 10% [4, 5]. При язмерении неэффективности переноса описанием способом разброе чувствительности вносит существенную погрешности в результат измерения

Проязве, см. оценку данной погрешности. Заряд, образующийся з ближней к выходному устройству ячейке, может быть определен ка $Q_1 = R_1 EIS$ где $R_1 -$ чувствительность ближней ячейка. Е энергия на дающего излучения. / время накопления. S—площадь систочувства тельной области ячейки ПЗС. Аналогично заряд, образуемый в дальней ячейке— $Q_2 = R_2 EtS$, где R_2 чувствительность дальней ячейки. Так как заряд ближней ячейки не переносится, то препеброгая шумами выходного устройства можно записать регистрируемое значе не U_1 и сле дующем виде.

$$U_{\gamma} = kQ_{\gamma} = kR_{\gamma}EIS, \tag{2}$$

лас k-коэффициент преобразования заряда в напряжение

Заряд дальней ичейки в результате переноса полвержен действию изэффективности. Величину заряда, достигшего выходного устройства, можно определить как

$$Q_2 = R_2 E t S (1 - n \bar{z}_0),$$

где с_р-реальное значение неэффективности переноса данного образца ПЗС Для регистрируемого значения напряжения U₂ можно записать

$$U_{2} = kQ_{2} = kR_{1}EtS(1 - n\bar{z}_{p}).$$
(3)

Объединия выражения (2) п. (3) для реального значения неэф фективности нереноса, получим

$$\tilde{s}_p = \frac{1}{n} \left(1 - \frac{R_1}{R_1} \frac{U_2}{U_1} \right)$$
(4)

Теперь, используя выражения (1) и (4), можно определить оннибку намерения неэффективности

$$\Delta \xi = \xi_{\rm p} - \xi_{\rm accor} = \frac{1}{n} \frac{U_2}{U_1} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right)$$
 (5)

Обобщая выражение (5), можно вместо неличниы 1—R₁ R₂ подставить значение среднего разброса чувствительности по ячейкам ПЗС уср. представляющее собой

$$\gamma_{\rm cp} = \frac{\left| -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (R_{\rm cp} - R_i)^i - \frac{R_{\rm cp}}{R_{\rm cp}} \right|^2}{R_{\rm cp}}$$

где R, - чувствительноть i-той яченки ПЗС, N - количество яческ.

$$R_{\rm cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} R_i.$$

Тогда будем иметь

$$\Delta \xi_{cp} = \frac{1}{n} \frac{U_2}{U_1} \gamma_{cp}.$$
 (6)

Выражения (4) и (6) появоляют определять реальное значенче неэффективности перевося и среднюю ошнбку ее измерения. Однако въ использование преднолагает предварительные измерения чувствите и ностей ячеек ПЗС, что не всегла представляется возможным. С это точки зрения более приемлемым представляется следующий способ измерения неэффективности. Оптический сигнал определенной величины вводится в ближнюю к выходному устройству ячейку ПЗС. индуцированный заряд считынается им и замеряется U. Затем в ту же ячейку вводится такой же по всличние сигнал, производится перенос индуцированного заряда в противоположную от выходного устройства сторону до конца прибора и снова перенос в обратную сторону в выходному устройству. Таким об разом, заряд подвергается количеству переносов, равному 2*n*. Далее он считывается, замеряется величина и и определяется значение пеэффективности переноса

$$s_{\rm res} = \frac{U_1 - U_2}{2\pi U_1} \tag{7}$$

Использование предлагаемого способа исключает влияние разброса чувствительности на результат, т. к. заряд оба раза образуется в одной и тои же ячейке ПЗС

Неэффективность переноса измерялась обоныя способами для виходного регистра трехфазных матричных ПЗС типа А1042. Число переносов вдоль выходного регистра прибора составлено п=234×3=702. Измерения проводилист с помощью осциллографического индикатора СК1—111. При измерении неэффективности переноса известным способом второй зарядовый пакет каждый раз индупировался в различныя ячейках из двадовый пакет каждый раз индупировался в различныя ячейках из двадован дальних от выходного устройства и для каждого из двадцати накетов измерялось значение спосо-

Для трех различных образцов матриц средние значения неэффекзивности переноса соответствовали значениям 2,77-10-4, 3,25-10-4 и 3,8-10-4 Рассинтав величину

$$\Delta \xi_{\rm cp} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^{M} (\xi_{\rm cp} - \xi_{\rm POM})^p},$$

определья в относительная погрешность измерения намффективности переноса Для трех образнов матриц она составила соответственно 26%, 18% и 32%.

Измерения неэффективности переноса предложенным способом для тех же образцов дали гледующие результаты: С. = 2,7 · 10⁻⁴, = 2.88 · 10⁻⁴, С. = 3,25 · 10⁻⁴. Относительная погрешность измерения оставила по ветственно — 10⁻⁶ и 9⁻⁶.

Кал видно из принеденных результатов, для испытуемых матриц точность измерения ловысилась примерно в (2-3) раза Эго дает основание утверждать ис разброе чувстьительности по ячейкам ПЗС поста ушественную толю ошибки в результат измерения и тивности переноса.

ЛИТЕРАТУРА

I Сисек Помпсет М. Приборы с переносом зарядя — М. Мир. 1978.—328 с.

 Лебесев Н. В. 1. м.т.-как координат точенного объекта телевизнонной камерой. ПЗС // Техныка средств связи Сер. Техника телевидения. 1. 1978 — Выл. 6. — С. 25.— 34.

- ЗаБэро Д. Кемпана С. Изображающие приборы зарядовой связью и Достажения в технике передали и воспроизведения изображений и Пол вед. Б М.: Мир. 1980.—Т. 3.—С. 200—210.
- Лебедев Н. В. Теометрические шумы в телевизионном ягнале, обусловленные фотоприемником на ПЗС // Техника редств связи Сер Техника слеянаенная -Л., 1980.—Вын 5.—С. 35—44
- 5 С. А. Иванов. Чувствительность телевезиенной камеры на матричном фотоприемвике с перевосом зарилов // Гам же --1982 -- Вып: 4.--С. 3.--9.

15 IV 1986

Изв. АН АрмССР (сед. ТН), т. XLII, № 1, 1989 с. 23-27

- СИДРАВЛИКА

2 1 1

1.1.19

УДК 628.38

Martin Street and Street

A CONTRACT OF A

121

В С САРКИСЯН А А САРГСЯН

МАССООБМЕН ИРИ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ СОДЕРЖАЩЕЛ ВЗВЕШЕННЫЕ «МУЛЬГИРОВАННЫЕ И РАСТВОРЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА, ЧЕРЕЗ ДВУХСЛОГНУЮ ПОРИСТМО СРЕДУ

Рассматриваются физико-ламические в гнародшиамические процессия при фильтрации жидкости, содержащей азвешенные, эмультированные и растворенные веще ства через двухслойную порт ую среду. Приводятся аналятические завжити оти позналиющие прогвозировать азмежение концентрации жидкости сосыщенность аористой среды веществами в замизамости от координаты и времени Биолногр.: 2 иззв

Դիտված հե հրկչերա ձակոտվե. Ճրդավայրերում լուծված էժուլսացված և կախված եյու պարոշեակող Շեղուկը : Շրրոդիհամիկական և ֆիզիկուրեժիական այրոցնո հերը։ Բերված են վերլուծական որոնց Օույլ են կանխագուլ մեղուկի կոր արգվան և մակոտկեն միյավայրի հաշներով ազնցվածության փոփոնտաթյունը կախված կարդիհատից և մամանակից։

¹¹ В большинстве случаев жилкость фильтруетс через двухлюйвую пористую среду, в которой одновременно и происходит массобмен (фильтрация сточных вол через слоистые групты зоны аэрании, очистка сточных вол на плоских и радиальных инухелойных фильтрах, нагистаине жидкости в глубокие слои земляной коры и т. т.). В работе [1] рассмотрен процесс во цематажа фильтров и противофильтровых юл воглощающих скважий (разнальная але в)

В данной статье рассматривается одномерная задача массообмена при стационарной фильтрации жизкости, содержащей взвешенные, эмультированные в растворенных вешество, через наухслойную пори стую среду. В этой задаче различаются две стадии фильтрации. В зе чение первой стадин"на поверуности слоя аористой среды ещ не то сдненута предельная насышенность поглощенными веществами, а до второй стадии достигается эта насыщенность, которая и занжется яглубь. Процесс массообмена при пренебрежения диффузионным переносом вещества описывается уравнениями фильтрации, материального баланса и кинетики поглошения вещества, имеющими вид

$$a \frac{\sigma^2 h_i}{\sigma x^2} = \frac{\sigma h_i}{\sigma t}, \quad a = \frac{k h_{cy}}{n_{o}}, \quad (1)$$

$$v \frac{\partial c_i}{\partial x} \cdot n_{ii} \frac{\partial c_i'}{\partial t} + \frac{\partial b_i'}{\partial t} = 0.$$
 (2)

$$\frac{\partial b_i^j}{\partial t} = a_i b_{ai} c_i. \tag{3}$$

Здесь і 1,2 и ј 1,2 – вомера слоев и стадин фильтрации, b_i – напор воды, a, k – козффициенты пьезопроводности и фильтрации, C'(x, t) – концентрации жидкой фазы, b'(x, t) – насыщенность пористой среды веществами, n_{ai} – предельная насыщенность в начальная гидродинамическая пористость 1-ого слоя, α_i – коэффициент скорости массообмена x и t – координата и время.

Если не учитывать явление кольматажа и процесс фильтрании считать стационарным, то при условии $h_1(0, t) = h_0$, $h_1(l_1, t) = h_1(l_1, t)$, $h_2(l_1, t) = k_2 \frac{d_1}{dx}$ для первого и второго слоев пористой среды имеем

$$h_{1} = h_{1} - \frac{k_{1}(h_{0} - k_{0})}{k_{1}l_{1} - (k_{1} - k_{1})l_{1}} x_{0}$$
(4)

$$h_2 = h_{0'} + \frac{k_1 (k_1 - k_{00})}{k_1 l_2 + (k_1 - k_1) l_1} (l_2 - x).$$
(5)

а скорость фильтрации определяется по формуле

$$v = k_1 \frac{k_1(k_0 - k_{01})}{k_1 l_1 + (k_2 - k_1) l_1}$$
(6)

Для первого слоя задача решается при следующих краевых условиях:

первая сталия фильтрация $(t = 1, 0 < t < t_{01}) =$

$$c_1^1(0, t) = c_0, \quad b_1^1(x, 0) = 0, \quad b_1^1(0, t_{01}) = b_{01};$$
 (7)

вторая сталия фильтрации (; = 2, t to) --

$$c_1^2(x, t_{01}) = c_1^1(x, t_{1-}); \quad b_1^2(x, t_{01}) = b_1^1(x, t_{01});$$

$$(8)$$

$$(x_{01}, t_1) = c_0, \quad b_1^1(x_{01}, t_1) = b_{01},$$

где I_m, х_и — предолжительность перяой стадии и координата фронта предельного насышения веществами 1-го слоя. Из решення задачи для первой стадий получаем

$$c_{1}^{1} = c_{0} \exp\left(-a_{1} \frac{b_{01}}{v} x\right), \quad b_{1}^{1} = b_{01} \frac{1}{l_{0}} \exp\left(-a_{1} \frac{b_{01}}{v} x\right),$$
$$a_{1} = (a_{1}c_{0})^{-1}.$$
(9)

Решая уравнения (2), (3) при условия (8), для второй стадии фильтрации первого слоя находим

$$c_{1}^{2} = \begin{cases} c_{0} & 0 \le x \le x_{01}, \\ c_{0} \exp \left[-a, \frac{b_{01} + c_{01} a_{01}}{v} (x - x_{01}) \right], & x_{01} \le x \le x_{01}, \\ 0 \le x \le x_{01}, \end{cases}$$
(10)

$$b_1^2 = \left\{ \left| b_{01} \exp \left[-z_1 \frac{b_{01} + c_0 a_{01}}{v} (x - x_{01}) \right] + x_{01} \leqslant x - x_{01} \right. \right\}$$
(11)

тде x_{0} — координата фронта промачивания пористой среды. Координата движущегося фронта насыщения определяется из условия $b_{1}^{*}(x_{01}, t) = b_{01}$:

$$\pi_{n} = \frac{c_0 v}{a_{01} + c_0 n_{c_0}} (t - t_{-}),$$

Во втором слое фильтрация начинается с момента времени $t = \frac{n_{01} l_1}{2}$. в красвые условия имеют инд:

 $c_{1}^{2}(L_{1}, t) =$

первая сталия фильтрации $(j = 1, n_0, l_1, v \leq t \leq l_{sol}, l_1 \leq x \leq l_s)$ —

$$\left| \frac{c_0 \exp\left[-\alpha_1 \frac{b_{01} + c_0 n_{01}}{v} (l_1 - r_{01})\right]}{v} + \frac{n_{01} l_1}{c_0 v} + \frac{c_0 n_{01}}{c_0 v} + \frac{c_0 n_{01}}{c_0 v} \right| + \frac{b_{11} + c_0 n_{01}}{c_0 v} + \frac{b_{11} + c_0 n_{01}}{c_0 v} + \frac{c_0 n_{01}}{c_0 v} + \frac{$$

$$b_{2}^{1}\left(x, \frac{n_{01}t_{1}}{v}\right) = 0; \quad b_{2}^{1}\left(t_{1}, t_{01}\right) = b_{22}; \tag{12}$$

$$\begin{aligned} (x, t_{02}) &= c_2^1(x, t_{02}); \quad b_2^1(x, t_{01}) = b^1(x, t_{02}); \\ b_2^2(x_{02}, t) &= c_2^2(x_{12}, t) = c_0. \end{aligned}$$
(13)

Из решения задачи для первой стадии второго слоя получим:

$$\begin{vmatrix} c_0 \exp\left[-\left(z_0 - z_1 \frac{b_{a_1}}{z_1}\right)(x - l_1) - z_1 \frac{b_{a_1} + c_0 n_{a_1}}{z_1}(l_1 - x_{a_1})\right] \\ \frac{a_{a_1}l_1}{z_1} \le t + \frac{b_{a_1} + c_0 n_{a_1}}{z_1}l_1, \qquad (14)$$

$$c_0 \exp \left[-x_0 \frac{b_{01}}{b} - (x - l_1)\right] = l_{01} - \frac{b_{01} - c_0 n_{01}}{c_0 v} l_1 \le t \le r_{02};$$

$$b_{2}^{1} = \begin{cases} \frac{a_{2}}{a_{1}} b_{00} \exp\left[-\left(x_{1} \frac{c_{0} n_{02}}{v} + a_{2} \frac{b_{02}}{v}\right)(x - l_{3})\right] \left\{ \exp\left[-\alpha_{1} \frac{b_{01} + c_{0} n_{01}}{v} \times (l_{1} - x_{01})\right] - \exp\left[-\left(1 + a_{1} \frac{b_{01}}{v} + l_{3}\right)\right] \right\}, \\ \times (l_{1} - x_{01}) \left[-\exp\left[-\left(1 + a_{1} \frac{b_{01}}{v} + l_{3}\right)\right] \right\}, \\ \frac{n_{01} l_{1}}{v} \leqslant t \leqslant t_{01} + \frac{b_{01} + c_{0} n_{01}}{c_{0} v} l_{1}, \\ \frac{a_{2}}{a_{1}} b_{02} \left[\exp\left[-\left(\alpha_{1} \frac{c_{0} n_{02}}{v} + \alpha_{2} \frac{b_{02}}{v}\right)(x - l_{1}\right)\right] \left[1 - \exp\left(\frac{1}{v} - 1 - \alpha_{1} \times \frac{b_{01} + c_{0} n_{01}}{v} + l_{1}\right) + \left(\alpha_{1} c_{0} l - 1 - \alpha_{1} \frac{b_{01} + c_{0} n_{01}}{v} + l_{1}\right) \exp\left[-\alpha_{2} \frac{b_{02}}{v}(x - l_{1})\right) \right] \right\}, \\ \left\{ \frac{b_{01}}{v} + \frac{b_{01} + c_{0} n_{01}}{c_{0} v} l_{1} \leqslant t \leqslant t_{02}. \end{cases}$$

Продолжательность первой стадии фильтрации второго слоя пределяется по формуле

$$t_{02} = \frac{1}{\alpha_2 c_0} + \frac{1}{\alpha_1 c_0 \exp\left(1 + \frac{b_{01}}{v} I_{1}\right)} + \frac{b_{01} + c_0 \pi_{01}}{c_0 v} I_{1}.$$

Решение задачи для второй стадии второго слоя дает

$$c_2^2 = \begin{vmatrix} \exp \left[-a_2 \frac{b_1}{v(1 - rn_{02})} (x - x_{02}) \right] + x_{02} - x - x_{22}, \\ c_{10} = x_{02} + x_{02}$$

$$b_{2}^{2} = \begin{cases} \frac{a_{2}}{a_{1}} b_{02} \left| \exp \left[-\left(a_{1} \frac{c_{0} a_{02}}{v} + a_{2} \frac{b_{02}}{v}\right) (x - l_{1}) \right] \left[1 - \exp \left(-1 - a_{1} \times \frac{b_{02}}{v} + a_{2} \frac{b_{02}}{v} + a_{$$

где $\gamma = \frac{I_1}{v(t - I_{01})} + \frac{c_s}{b_c + c_c n_{01}}$

26

.

Для определения координаты фронта насыщения веществам: по втором слое можно использовать кинематические условия Н. И. Верч гина

$$\frac{dx_0}{d\xi} \{c_0 \, u_{01} + b_{02}\} = c_0 v, \tag{21}$$

откуда при услович хо. (142) = 1 получается

$$x_{02} = l_1 + \frac{c_1 c}{c_1 c_2 + b_{12}} (t - t_2).$$
 (22)

Вторая стадия фильтриции может начинаться сначала в периом слое, либо во втором и либо вместе в двух слоях. Но практически, если не имеет место $\alpha_1 \ll \alpha_2$ и $l_1 \ll l_2$, вгорая стадия фильтрации почениется в первом слое, а потом во этором

Для прогноза изменения функции $c_1 = b_1^*$ необходимо знать параметры, характеризующие перенос и поглощение веществ $a_1, a_2, b_0, n_{01}, a_{02}, k_1$ и k_2 , которые определяются из эксперимента. Методика определения k_1, k_2, a_{01} и освещена в [2]. Параметры a_1 и b_2, u_0 иожно определять из решения (10) при известных значениях c_1^{11} и c_1^{22} для моментов времени t_1 и в сечения t_1^* , а параметры a_2 и b_{02} на решения (16) при известных значениях c_1^{21} и b_2^{22} и b_{02} на решения (16) при известных значениях c_2^{21} и c_1^{22} для моментов времени t_2 и t_3 в сечения t_1^* .

ЛИТЕРАТУРА

 Вариган Н. Н., Коммунар Г. М., Улодроз А. С. - Кольматаж фильтров и готяво фильтровых дон ноглошающих склажит // Труды ТНИНАСХ. — Тапкент, 1976. — Выв. 82. — С. 129—137.

Тидродинамичение и физико-химические слойства горимх пород / Н. Н. Верасия.
 С. В. Васильев, В. С. Саркисян и др. М. Нера. 1977 – 270 с.

ApuHHIBEInt

5 111 1987

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. ХІЛІ Ме 1, 1939, с. 27 - 31

ГИДРАВЛИКА

УДК 532.529 - 621 867 82

Р. Е. АКОПЯН, И. Г. КРИСТОСТУРЬЯН. В. Г. САНОЯН

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРО- И ПНЕВМОТРАНСПОРТА В НАПОРНЫХ СИСТЕМАХ

Используя уравнения г дроменания двухкомпонентной гурбулетной среды, ныводены одномерны, уравнения движения взвесскесущего газа в напорных безвая првых, системах. Решение последних применительно с изпорным трубам тр ходит с ил тематические моделам гидротранснорт: когда несущий и пата онесущий компоненты нескимаемые) и внеимотранспорта на гла с ило поключенты нескимаемые) и внеимотранспорта на гла с ило поключенты нескимаемые).

Кл. 1. Табл. 1. Библиогр.: 2 нали.

Ելեւլով Հիդրոմեխանիկայի երկրադագրիչ Հեղուկների շարժման Հավասարումներից, Հոդվածում արձարծված են առնչություններ, որոնց Շնարավորություն են տալիս Հաչվարկելու այն Շեշումները, որոնչ անհրաժեշտ են տրված խողովակով և Հեռավորության վրա տեղափոխել Հեղուկ-կոշտ (Հիդրոտրանսպորտ) և դազ-կոշտ մասնիկներից (պենմոտրանսպորտ) բադկացած որոշակի բանակությամբ խառնուրդներ։

Перенос сылучих материалов путем гидро- и писвмотранспорта все шире применяется в различных областях народного хозяйства. В рядеслучаев (химаческая технология, угольная промышленность, горно-обогатительное производство) эти вилы транспорта значительно эффективны и экономи-иы, чем использование обычных методов.

Для установления оптимальных параметров энергосиловых установок, трубопроводов, раннональных режимов работы системы и проектирования исего комплекса в целом, обеснечивающего его бесперебойкую и надежную работу, необходимо опираться на научно обоснованные расчетные зависимости, моделирующие действительное лвижение авухкомпонентных потоков в напорных или безнапорных системах. Для этого естественно обратиться к уравнениям гидромеханики двухкомпоцентной турбулентное среды [1], которые после добавления некоторых дополнительных членов возникающих при вероятностном осреднения [2] записываются в виде

$$\frac{\partial}{\partial t}(\psi_{s} \,\overline{s} \,\overline{U}_{sl}) + \frac{\partial}{\partial x} - [\psi_{s} (\overline{s} \,\overline{U}_{sl} \,\overline{U}_{ss} + \overline{s'} \,\overline{U}_{sl} \,\overline{U}_{ss} + \overline{U}_{sl} \,\overline{U}_{ss} \,\overline{s'})] =$$

$$= \rho_{s} \,\overline{s} \,X_{l} - \frac{\partial}{\partial x_{s}} \,i\psi_{s} \,\overline{s} \,\overline{U_{s} \,\overline{U_{s}}}) - \overline{s} \,\frac{\partial \rho}{\partial x_{s}} - \overline{s' \,\frac{\partial \rho}{\partial x_{l}}} + R_{l}, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(s,s) + \frac{\partial}{\partial x}\left[y_{s}\left(sU_{s} + \overline{s'U_{ss}}\right)\right] = 0,$$
(2)

 $\frac{\partial}{\partial t} \left[\psi_{w} \left(1 - \tilde{s} \right) \tilde{U}_{wl} \right] + \frac{\partial}{\partial x_a} = \left[(1 - s) \tilde{U}_{ws} + s' U' - \tilde{U}_{ws} - \tilde{U}_{wl} \tilde{U}'_{ws} \tilde{s'} \right] =$ (3)

$$=(1-\hat{s})\frac{\partial p}{\partial x_{i}} + \frac{\partial \varphi_{i}}{\partial x_{i}} + \varphi_{w}(1-\hat{s})X_{i} - \frac{\partial}{\partial x_{i}}\left[\varphi_{w}(1-\hat{s})\overline{U_{w}}\overline{U_{w}}\right] + s'\frac{\partial p'}{\partial x_{i}} - R_{i},$$

$$\frac{\sigma}{\sigma t} = (1-\tilde{s}) + \frac{\sigma}{\sigma x} \, \gamma_{w} \left[(1-\tilde{s}) \, U_{w} - \tilde{s' \, U} \right] = 0, \tag{4}$$

гле буквенные обозначения общепранятые, индексы в и 20 соответствуют твердым частицам и жидкости (или газа), черточки над буквами обозначают вередненные, а штриха—пульсационные величины.

Система уравнений (1) — (4) преде авляет собой навестные законы гидромеханики в дифференциальной форме, в которой, как и в се общеизвестном прототипе—системе уравнений Реннолдса—число неизвестных значительно больше числа уравнений, т. е. система незамкиута Для ее замыхания в данной стазые используются результаты полу-

q

эмпирической теории турбулентности и общирный экспериментальный материал по турбулентным характеристикам однородных и взветенесущих потоков Кроме того, принимается модель так называемого «преймущественного движения», когда течение происходит в одном главном направлении.

Упомянутые предпосылки позволяют оценнть порядок различных членов уравнений и отбрасывать малые высшего порядка, в результате чего система уравнений замыхается. Осредняя полученные уравнения по живому сечению потока, приходим к следующим одномерным уравнениям количеств движения и баланса массы двухкомпонентной смеси:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{U^2}{2} + \int \frac{dP}{P} + gz \right) = -\lambda \frac{U^2}{8R} \tag{5}$$

$$\frac{\partial(\mu u)}{\partial t} + \frac{\partial(t/u)}{\partial x} = 0.$$
(6)

где плотность смеси р определяется по выражению

$$p \leftarrow \tau p, \qquad (7)$$

а 🧕 -- ПЛОТНОСТЬ ГАЗА

Уравнения (5) и (6) сонладают с аналогичными уравнениями сжимаемого газа, ол ако переменность плотности смеси обусловлена не только вариацией илотности газа, но и переменностью концентрации твердого компонента s-Полагая s=0, (5) и (6) превращаются в однородные уравнегия движения газа по трубам. Пользуясь уравнением Клапейрона $P = \rho RT$, согласно (6) и (7) для стационарного и изотеринческого движения газа получим следующие зависимости:

$$F = \frac{P_0}{s_0 + (1 - s_0)P_0P}; \quad s = \frac{s_0}{s_0 - (1 - s_0)P_0P}; \\ U = U_0[s_0 + (1 - s_0)P_0P], \quad (8)$$

устанавливающие связь параметров *P*, к и *U* т их начальных значений и отношения *Pd/P*. Последнее легко установить интегрированием уравнения (5). Полученные результаты жены в основу вывста математических молелей и разработки метод в гидравлического расчета гидро- и пневмотранспорта.

1 Система жидкость—твердое (гидрогранспорт). Из (5) и (6) следует, что в случае двухкомпонентного лотока гидравлический уклон определяемый как потери напора на единицу длины, отнесенные к единице веса суспензии, может быть рас литан по форму не

$$I = i \frac{1}{D} U^{\alpha} 2g. \tag{9}$$

Это означает, что при прочих равных условиях при движении сус пензии потери напора на трение выраженные высотой столба суспензия, численно равны потерям напора пли движений чистой воды, выраженной водным столбом. Тогда уравн ние (9) запишется в виде:

$$I = \lambda / D \frac{U^{1}}{2g} \left(\frac{\rho_{s} - \rho_{w}}{\rho_{w}} + 1 \right).$$
 (10)

Takama

Уравнение (9) или (10) позволяют определить всло ину напора, необходимого для перемещения взвесенесущего согока аданной концентрации в трубопроводе заданного подметта, следовательно, устанавливать необходимую мошность энергосило в устан вки. Поэтому очи являются математической моделью гипротранспортных установок.

Для экспериментальной проверки сказанного испытывались две установки-лабораторная и полупромышленная. Последняя представляла собой замкнутое кольцо из трубопровода с центробежным насосом. В таблине приведены параметры установок и материалов, использованных в экспериментах.

				5 (61) (610 g
Материал	Hatthoers, weimt	Размеры частка, лим	Днаметр труб, .ч.к	Объемная концентрация
Ганнозем	3470	0,042	11	
Машали -	2400	0,028	3,53, 7,13	5
Кварцевый	2650	0,225	7,13	5
RECOR	2650	0,225	14, 24	0,05-0,35
	2650	0,225	36, 69	
Хвосты	2700	0,087	69	
Калжаранской фабрики	2700	0.135	69	
d. no butteri	2700	0,170	-59	
	2700	0,246		

Результаты экспериментов обрабатывались в виде трин кризых по методу, предложенному В. С. Кнорозом. Для примера на рисунке приведена кривая для кварцевого неска при дизметре трубы D=14 мм



Ветви а, b, c, d на рисунке показывают сидравлический уклон с суспензиями различных концентраций - Пересечение это ветвейс кри-

.30

вой 1-1 дает крытическую скоросты движения сустензии данной концентрации. Из рисунка видно то гидравлический уклон суспензии оди изхов для всех концентраций, если потери напора выражены высотой сполба суслензии. Его зависимость от скорости представляется кривой 1-1.

2. Система зая-твердое (иневмотранскорт мелкозсриистых митериалов в плотном слое). В этом случае решение системы уравнений несколько осложияется тем, что кроме параметров P s и U переменным является и коэффициент сопротивления λ , зависяйий от числа Рейнольноса Re, которое и свою очередь зависит от плотности потока и вязности, являющихся функциями от коннентрации. Но исходя из того, что λ по' s меняется практически по линейному закону: переменный λ можно, заменать постоянным отношением $\psi = 2/s = const.$ Тогда, вво-

сти груболровода q — Qiw и интегрируя (5) с учетом' (8) — (10), получаем ураминие для определения напора или градисита давления, не обходимого для переноса твердого материала задалного количества в г убопроводе с заданным лиаметром. Для случая, наиболее частно встречающегося на практике, когда трасса трубопровода горизонтальна, это уравнение имеет вид

$$P_{g} - P_{g} - \frac{nP_{g}q^{2}}{g} \left(\frac{1}{P_{g}} + \frac{1}{P_{g}}\right) = \div \frac{T}{D} \frac{q^{2}}{2gP_{g}},$$
 (12)

тде P, и P, - давления в начале и конце участка трубы длиной l.

Уравнение (12) представляет собой математическую модель пневмотранспорта-

ЛИТЕРАТУРА

1 Франкль Ф. И. К тоорин движения наяосов // ДАН СССР.—1953.—Т. 92, № 2.— С. 247—250.

2 Фидман Б. А. Об уравненика тидромсканаки для эногокомпсии ной турбулентной среды //СО АН СССР — 1965 — № 2, вып. 1 — С 133—135.

Арм НИИВНИГ

15, IX, 1986

ГИДРАВЛИКА

₩ДК 532.528

В. С. БАГДАСАРЯН, А. А. ГАРЯН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ АНАЛИТИЧЕСКО О О'ІРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ОБЪЕМА ПАРОГАЗОВЫХ КАВИТАЦИОННЫХ ПУЗЫРЬКОВ

С учетом вляяния поверхностного натяжения составляются уравнения баланса цавления между внешной средой и внутренней массой кавитационного пулирыха. По уразнению Ван-дер-Ваальса определяются значение поверхностного патяженая в зависимости от наданной температуры, о также зеличияся внешнего давления Затем чо яидоязмененному полузипирическому уравнению состояния газообратыми температуры, о также зеличияся внешнего давления затем чо зидоязмененному полузипирическому уравнению состояния газообратыми температуры, о также зеличияся и полово всем диалазове изменения температуры, определяется давление внутри кавитационного пузырька. По найденным значениям внешнего давления, поверхностного натяжения и шиутрезнего давления кавитационного пузырька определяется его объем нан радиус, исходя на уразнения баланса давления.

Предлагаемый метод по сразнению с существующими облады т высокой стеденью точности и может быть использован для практических целей взамен экспериментальных методов, которые связаны с большами техническими грудностями

Таба. 1. Библиогр. 4 назв.

Առաջարկվող մեβոդը, Համենմատած գուուβլուն ունեցոռների շետ ունի բարձր աստի<mark>նանի</mark> ճյութ.թյուն և կարող է ոգտագործվել գործնական նպատակներով փորձարար-ւկան մեթոդների փոխարեն, որոնջ կատված են աշխնինական մեծ դժվարությունները էետ

В настоящее время практике в большинстве случаев объем нарогаловых кавитационных пузырьков рассилтывают, основываясь на уравнение идеального газа и равновесны: давлений между внешней средой и внутренней массой в пузырьке, г.е. ил уравнение боланса давлений, имеющего авд [1]

$$p_{\rm sp} + 2z, r = p_{\rm cst} = p_{\rm rap} - p_{\rm rap}, \tag{1}$$

где *p*_и — внешнее давление среды, окружающее пузырек, э — коэффициент поверхостного натяжения, *г* — раднус кавитационного пузыръка, — суммарное давление внутри пузырька, *p*_{п.э} — давление насыщенного пара данной жидкости, *p*_{газ} — общее лавление растворенных газов в пузырьке.

a

Однако определение *p*_{см} на основе уравнения состояния идеального газа, когда максимальный объем кавитационного пузырька не превышает порядка 10⁻²⁰ м², а давление доходит до нескольких тысяч *кПа*, приводит к значительным погрешностям, доходяшим до 300 %.

В статье предлагается новый полход к аналитическому определеиню объема парогазоного кавитационного пузырька, основанный на видонамененном полуэмпирическом уравнении состояния газообразных зе шеств [2]. При этом делаются следующие цопушения: масса вещества в кавитационном пузырьке остается постоянной; отсутствует мгновенимй теплообмен между средой в массой в пузырьке; кавитационных пузырьки имеют форму шара; приведенное суммарное число молей Π_{ap} всех компонентов в пузырьке липейно зависит от его объема V а выражается соотношением $\Pi_{np} = 0.041613$ V: кажущаяся температура иниения смеси в пузырьке является аддитивной функцией температуры кипения присутствующих компонентов.

Сущность в порядок реализации метода заключается в следующем. Раднус парагазового пузырька выражается через его объем и по уравниению (1) определяется его значение

$$V = \left(\frac{3.224 \pm}{p_{xx} - p_{yy}}\right)^{2}$$
(2)

где с выражено в κ м. а p_{cM} и $p_{m} - H M^2$.

Определяется коэффициент поверхностного натяжения как функция ивмпературы жидкости для чего рекомендуется уравнение Ван-дер--Ваальса [3] в виде

$$s = k_{\rm s} T_{\rm kp}^{13} p_{\rm kp}^{23} \left(1 \to T^* T_{\rm kp} \right)^{11}, \tag{3}$$

где k, и II₂ — эмпирические константы, T_{тр} и p_{кр} — критические темперятура и давление данной жидкости, T — текущая темперазура. Для воды ураниение (3) представляется в виде рабочей формулы

$$z_{1} = 0,115 (1 - T 647,3)^{0.777}.$$
(4)

Вненное давление *р* рассчитывается, основываясь на уравнение зависимости давления инсыщенных парон от его температуры [4]

$$\ln p_2 p_1 = -\frac{L}{R} \quad (1 T_{n_1} - 1 T), \tag{5}$$

где р₁, р. – давление наров жидкости при температурах илавления Т_{п1} и Г. L_{исп} – теплота испарения: *R* – универсальная газовая постоянная.

and have a first

Для воды уравнение (5) имеет вид

$$p_{\pm} = 963,333 \exp\left[1,741 \left(3,663 - 1000 \ T\right)\right] \tag{6}$$

Для определения суммарного давления внутри кавитационного пузырька *р*_{см} рекомендуется видоизмененное полуэмпирическое уравнение состояния тазообразных веществ, представленное в форме

$$\left[22,4\left(1 - T_{\rm Kp}\right)^3 + 3,4 V_{\rm Kp}^* - M_{\rm ap}'d_{\rm n}^* \right] \left(n + \frac{74,796 M_{\rm es} T_{\rm ep}}{a_{\rm ap}} \right) = R_{\rm f} \left[\left(\frac{5,1 T_{\rm KNK}}{4T + 3,4 T_{\rm KNK}} \right)^2 \left(\frac{3.M_{\rm ap} P_{\rm cM}}{M_{\rm ap} P_{\rm cM} + 5560 d_{\rm ap} T_{\rm KNK} \omega_{\rm ap}} \right) - \left(\frac{5,1 T_{\rm KNK}}{4T + 3,4 T_{\rm KNK}} \right) \left(\frac{1.M_{\rm ap}}{M_{\rm ap} P_{\rm cM} + 5560 d_{\rm ap} T_{\rm KNK} \omega_{\rm ap}} \right) + 1 \right],$$

$$\left(\frac{1.M_{\rm ap}}{M_{\rm ap} P_{\rm cM} + 5560 d_{\rm ap} T_{\rm cM} \omega_{\rm ap}} \right) + 1 \right],$$

$$(7)$$

где 22,4 — мольный объем идеального газа, *м клиль*, $M_{\pi p}$ — приведенная молекулярная масса, *кг*, — приведенная плотность массы в пузырьке, *кг м³*, $V_{\mu \mu}$ — приведенный критический объем парогазовой смесн в пузырьке, *м' клоль*, «_{пр} — приведенный фактор асимметрии молекул в парогазовой смеси в кавитационном пузырьке, $T_{\kappa \mu}$ — кажушаяся температура кипения парогазовой смеси. *К*.

Сначала, исходя из данных химического анализа, определяются массовые доли насыщенного паря m_{ex} и растворенных газов m_{e1} m_{e2} и растворенных газов m_{e1} m_{e2} и затем, исходя из массовых долей и известных физических параметров, определяются приведенные и кажущиеся величины. Приведенная молекулярная масса и цлогность определяются уравненнями

$$M_{\rm np} = M_{\rm co} m_{\rm n} + M_{\rm cl} m_{\rm cl} + M_{\rm c} m_{\rm cl} + \dots - M_{\rm cc} m_{\rm rs}, \tag{8}$$

$$d_{\rm m} = \frac{1}{m_{\rm m}/d_{\rm m} + m_{\rm m}/d_{\rm m} + m_{\rm m}/d_{\rm m} + \dots + m_{\rm m}/d_{\rm m}},$$
 (9)

где M_{un} , M_{r1} , M_{r2} , ..., M_{rx} и d_{un} , d_{r2} , ..., d_{rx} — молекулярные массы и плотности насыщенного пара и растворенных газов ири $p \to \infty$ и $T \to 0$, $\kappa z/m^3$. Эти плотности можно принять равными плотностям компонентов в жилком состоянии.

Кажушаяся температура кипения смеся определяется следующим приближенным уравнением:

$$T_{\kappa n\kappa} \approx T_{\kappa n} + T_{\kappa n 1} m_{r1} + \dots + T_{\kappa n'} m_{r\kappa'}$$
(10)

а приведенный фактор асимметрии одо

$$\omega_{np} = \omega_{n1} m_{n3} + \omega_{r1} m_{r1} + \dots + \omega_{rk} m_{rk}, \qquad (11)$$

где фактор асимметрии каждого компонента определяется зависимостью

$$= -\left[\sum_{j=1}^{n} \left(\frac{N_j}{\Lambda}\right)^{\frac{\sigma_j+2}{\sigma_j}} \left(\frac{18}{10+\Gamma_j}\right)^{\frac{\sigma_j(N-1)}{\sigma_j+0(N+1)}}\right]^{\frac{23}{\sigma_j}},$$
 (12)

здесь С, N₁, N — числа разнородных, однотипных атомов и их общее число в молекуле, z₁ — атомный номер данного элемента, Г₁ — номер группы атомов в периодической системе Менделеева.

Для идлюстрации метода предлагается решение четырех примеров применительно к водной среде. Исходные данные приводятся в таблице. В первом варианте мас а кавитационного пузырька состоит из 90° H₂O, 5° O₂ и 5°/ N₂, во в эром варианте только H O, третьем — О₂ и четвертом —

Tab.mua

Параметр	Размерность	Зпачения параметров по вариантам				
		1	E	111	IV	
		H2O+O + N2	1.0	0 ₁	Ng	
		$m_{\rm rl} = 0.05$ $m_{\rm rl} = 0.05$	m _{an} 1	- m _i = 1	$m_r = 1$	
Ten	K	617,3	647,3	647,3	647,3	
V	.43	0.0589	0,050	0,978	0,0921	
Mar	K.	19,2	18.0	32,0	28.0	
d.00	Neg.W ¹	947.2	920,3	1331,7	1046+2	
TKON	ĸ	344+1	371,3	90,2	77+4	
ap	-	0,867571	0,853620	0,994410	0,991850	

По уравненням (4) и (6) определяются коэффициент поверхностното натяжения σ_{μ} и внешнее давление $\rho_{\mu\mu}$ как функции принятых температур. Исходя из уравнения (7), рассчитывает суммарное давление внутри кавитационного пузырька ρ_{cm} для исех четырех варнантов и по уравнению (2) определяются объемы и ралиусы кавитационного пузырька.

Величниа объема (радиуса) парогазового кавитационного пузырька, получениая расчетным путем по предложенной методике для умеренных температур (от температуры плавления до температуры кинения жилкости), соответствует экспериментальным давным, приведенным а литературе ((0.32—0.12)-10⁻⁶ м)

ЛИТЕРАТУРА

1 Розсиевы шенский В. В. Кавитация. Л: Судостроение, 1977 - 247 с.

- 3. Рид Р Шервид Т Своиство галов жидкостей. -- Л.: Химия, 1971 -- 700
- 4. Кирес В. Л. Краз ий курс физическ и химии М. Химия, 1978 620 с.

НИНавтоматика

2. IV 1986

N.1K 532,529,5

К П. ИВАНОВ, А. А. КАРПОВ, Н. Ф. МОРОЗОВ, В. Я. РИВКИНД

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМЫ КАНАЛА МАЛОГО ПРОХОДНОГО СЕЧЕНИЯ

Рассматривается течения жидкости в кач дах малого пролодного сечения. Учитнивается явление тепло-моссоперсиола, а кже процессы выпадения находящияся в жидкости сол й и осадок. Приведена система дифференциальных уравнений, получениая на основи законов сохранения и с использованием физически оправданных уврощений. Проведены расчаты течений в каналия с расширением. Даны значения овто утла скоса (расширения) при данной нача. — с ературе и размерая, ще и Приводится формула скорости зарастания осадка.

Ил. З. Табл 2. Библиогр.: З ивзв

Существует ряд аппаратов, работающих в специальных условиях, (например, при повышенной токсичности), в которых возникает проблема герметичности. Причинами негерметичности являются, загрязнение используемой жидкости, химическое воздействие и несовершенность обработка. Щеля, возникающие в таких условиях, малы и течение жидкости в них сопровождается активным тепли-массопереносом, а также процессом выпаления солей в осадох, аблитерацией и др. Гидродинамичесние течения в таких условиях имеют пленочный характер, сопровождаются интенсивным испарением и температурными изменениями.

Широко используемые цилиидрические каналы, обладающие рядом преимуществ, ямеют малый диапазон люфт — (смещение в горизонтальном паправлении). Возникает задача: соран в основны скачества имлиндрического, расширить его эксплуатационные характерастики. В работах [1, 2] была предложена модель пленочных течений в шели, на основе которой проведен численный анализ течения. В холе асследования выявлены закономерности процесса отложения осалка, форма мениска и гомпературные характеристики. В са сались высота щели, матераал и тепловые режимы. Оказалось, т. аля различных значений входной шели. H_0 и начальных температур 7 момент стабилизании разный: для гидродинамических процессов $\tau_{ста0} = 10^{-1} c$, а для тепловых $\tau_{1} = 10^{-1} c$. Формы менисков—параболы, а область выпа-

дения осадка—конен мениска (рис 1). Скорость выпадения осадка с достаточной точностью может быть аппроксимирована линейной зависимостью вида $v^{H_a} = H_0 [T - 270] \ 10^{-3} см c$ для щелей в диапазоне 0.1 $\leq H_0 \leq 1$ мкм. Формула V^{H_a} позволяет вычислять время нарастания осадка до данной высоты по тепловым характеристикам процесса (280 $\leq T \leq 320$ K). Более точная зависимость приведена на рис. 2. По задачной H_0 , зная скорость истечения жидкости на нее, можно вычислить площаль осадка и его вели ину по высоте



Рис 1. График устанонившейся зависямости высоты мениска и и осадка и от раднуса для начальных температур 7, 370, 310, 300, 290, 280 К время = 1,6-10-1с, Кривые 1 – 5 – 5, а 1' – 5' – а,



Эксперименты показали, что распределение температуры по пленже имеет точку милимума на расстоянии 0.4 от конца мениска, а перепад не превышает 3—4°, чт. характерно для всех режимов истечения. Это позволило построить упрошенную модель расчета нараметров течения в расширяющемся канале (рис. 3) Будем считать, что мениск, образующийся при истечении из шели, имеет филму параболы



Рис 3. Осеснимстрическое счение эли онлинарической неан с распиряющимся углом

$$R(z) = -az^2 \cdot bz \cdot c \tag{1}$$

с коэффициентами, зави ящими от времени, и углами смачивания въ вс. Тогда в каждый момент времени

 $a = (\lg (b - \beta_i) + \operatorname{clg} \beta_i)^2 = c_1 2z^*, \quad b = \operatorname{clg}^2$

де z¹ (t) — неподвижная точка на "скосе". Уравнение прямой «скоса»:

$$r = (H_0 - z) \log \theta + R_0 = (H_0 - z) K + R_0 = 1 - Kz.$$

Если рассмотреть контрольный объем жидкости в области h <r<R(2) при предположении осесимметрии задачи и применить закой сохранения массы, то получим соотношение

$$|Mz^{*2} - Nz| \frac{dz^*}{dt} = Q_1 + \Phi_1 z^* + \Phi_2 z^{*2}, \qquad (2)$$

1112 4

где

$$M = -A (A - bi2) + c_1^2 20 - bc_1/8, \quad N = -d (c_1 - 6 + A),$$
$$Q_1 = R \int_0^{\infty} u dz, \quad Q_1 = Q_1 - a o d [0 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2].$$

 $K = tg \theta, \quad d = R_0 + H_0 K, \quad b = ctg \beta_1, \quad A = -K - b + c_1 2,$ $\Phi = -u_2 \{1 + ((b^2 + 1)/c_1 + 2A)(\theta - \beta_1 + \pi (2 - \beta_2))\} 2 - 2\mu \Delta p dK_1/c_1,$ $\Phi_n = -2\mu \Delta p [AK_1/c_1 + 2K_2/c_2],$

$$K_{1} = \frac{1}{4} \left[\frac{\sin\left(\theta - \beta_{1}\right)}{\cos^{2}\left(\theta - \beta_{1}\right)} + \frac{\cos\theta_{2}}{\sin^{2}\beta_{1}} + \ln\left(\frac{1 + \sin\left(\theta - \beta_{1}\right)}{\cos\left(\theta - \beta_{1}\right)} \operatorname{ctg}\frac{\beta_{2}}{2}\right) \right] + K_{2} = \frac{1}{64} \left[(4b^{2} + 1)K_{1} + 2\left(\frac{\sin\left(\beta_{1} - \theta\right)}{\cos^{4}\left(\theta - \beta_{1}\right)} - \frac{\cos\beta_{2}}{\sin^{4}\beta^{2}}\right) \right] + c_{1} = \operatorname{tg}\left(\theta - \theta_{1}\right) + \operatorname{ctg}\theta_{2}.$$

К (2) добавляем уравнение сохранения массы в канале

$$\frac{dM}{dt} = 2\pi \rho_2 \int_0^{\infty} m \left[1 - R_{\perp}^{2} R dz - Q_1(t) \right], \tag{3}$$

тде *ти* массовая скорость испарения в канал, а М и Q' имеют смысл расхода массы из канала А также напишем:

$$C_{\star}\frac{dMT_{\star}}{dt} = -C_{\star}T_{\star}Q'(t) + 2\pi q_{t}\int_{0}^{t}CT\left(1+R_{z}^{t}\right)mRdz.$$

где C₂, p₂, M--теплоемкость, плитность и масса газа в канале, T₁, T температура в канале и в жидкости. Для давления и канале, имеем

$$p_*V_* = M_*T_*R.$$

Соглаено предылущему, температуру жидкости можно считать, в среднем, постоянной по пленке: T = T(t) и тогда баланс тепли дает

$$\frac{d}{dt} (CT V_{\theta}) = pCTQ_{0} + S^{1} + S^{2} - 2\pi \int p(CT + i_{0}) mR + \frac{1}{1 + R_{z}^{2}} dz,$$

где С—теплоемкость жидкости. Q_{их}—поток через щель. S₁, S -теплоприток от материала, ограничивающего жидкость, C7 + —теплосодержание, *m*—масса газа. испарившаяся в канал, V—рассматриваемый контрольный объем. T- температура установления Для S¹ и S² имеем

задачу теплопроводности на соответствующих материалах, откуда поток вычисляется как

$$S^{t,2} = p_{1,2}C_{1,2}a_{1,2}\frac{\partial T_{1,2}}{\partial 2}S_{1,2}^{*}$$

$$F_{i}(z) = (Mz^{*2} + Nz^{*})[\Phi_{i}z^{*2} + Q_{i}]^{-1}$$
(4)

с начальным условнем $z^{+}(0) = H_0$.

Решение уравнения (4) дает координату $z^*(l)$ полвижной точки мениска. Заметим, что для этого необходимо знание углов смачивания β_l и β_2 , которые должны задаваться. Эти углы имеют смысл в среднем, ибо реальная в верхиссти мениска возможно отличается от параболяческой и поэтому β_l и β_2 разумнее назвать эффективными углами смачивания. Из численных экспериментов, оказалось, что при больших углах расширения $\alpha \ge 15^\circ$ значения β_{\cdot} и β_2 малы, т. е. имеет смысл углов смачивания, а если же значения α малы, то $\beta_2 \approx 1^\circ$, $\beta_1 \approx 90-91^\circ$.

Очевидно, ис очень сильнос расширение ненитересно с точки зрения отличия от цилиндрического случая ибо как показано на рис. 2, если с больше предельного значения $\alpha_{m,s}$ вычисленного по максимальной высоте мениска на станнонаре в цилиндрическом случае, то не произойдет касание мениска подложки. Таким образом, угол раснирения не должен превышать в среднем 5-1500 другой стороны $\alpha=0$ гаж же соответствует цилиндрическому случаю. Таким образом:

Были просчитацы варианты при ра личных $\alpha = 90 - \theta$ до времени $\tau = 10^{-2}c$ (время стабилизации в силиндрическом случае) и сравнивались времена нарастания осалка да размуров щели.

				1	аблица і
a", 2pite	0,9	1	1.5	1.8	2
c(t) · 10-2_4.0	7,860	7,870	7,901	7,812	7.940
53. C	46	30	60	87	66

В табл. 1 представлены углы «скоса» α в градусах, 1 ложение точки конца мениска c(t) при $\tau = 5 \cdot 10^{-1}$ с. $T_{2} = 300 \ k$, а также время зараставия τ_{3} . Видно, что для указанных характеристик канала угол $\alpha = 1.8^{-1}$ является оптимальным по времени зарастания.

Таблица 2

1 ^{16.06} . 1	70	64	51	33	20
∆ ₁ -10-1_ <i>жж</i>	1,4	2	4	6	6,9
de i exosa	2:)	20	20	20	20

В табл. 2 проиллюстрировано преимущество гакого канала по сраннению с обычным без скоса не только в смысле та, но и во более ипрокому диапазону наличия горизонтальных смещений Δ_1 (для $T_0 =$ 300 К и $H_0 = 0.6$ мкм) ито технологически язляется существенным. Проимущество каналов расширением перед эбычным подтверждается также и практикой ах эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- Ентон В. М. Карион А. А., Рибкинд В. Я. Модели развития изгерметичности каналов гидравлических систем // Математические мотоды теория экергоперевоса в неоапородных в неравновесных средах: Сборник.—Минск, ИТМО АН БСССР, 1982. -С. 36-38.
- 2 Об одной модельной задаче движения жидкости в щели / К. П. Иванов А. А. Карлов. Л. К. Орлов и др. И. Энерговереное в нелинейных, неоднородчых и неравновесных спедах: Сборник —Мияск, ИТМО АН БСССР, 1984 —С. 48—58

3. Ландан Л. потин Е. Теорети еская физика.- М. Выс. шяны, 1953.- 788 с.

25 11. 1986

JITY -

УДК 681 3:382.326.73

H3B AH APMCCP (cep. TH), T. XLII, Nr 1, 1989, 40-44

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В А. ВАГАРШАКЯН, В. Г. НИКОГОСЯН, А. М. КРКЕЯН, С. Л. ЛОРЯН

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ НА БАЗЕ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА 60»

В сояременном станкостроении разработка оптамальных методов испытания станков по донамическим характеристикам является весьми важной и актуальной задачей [1, 2]. Частная задача при испытании станка заключается в построения его амилиту по-частотной и АФЧ характеристик.

На рис. 1 приведена блок-схема системы автоматизированного исследования линамических характеристик станка, где 1—ЭВМ Электроника 60». 2 -электронный усилитель мощности, 3—электромагнитный вибратор. 4—объект исследования, 5—лисилей, 6—пишущая машина. АЦПІ, АЦП2—аппаратуры регистрации виброси нала от станка [3, 4]

Периодические колебания с выхода программного генератора, вы полненного на баче явичнелительной машины, усилизаются с помощью блока 2 и поступают за вход злен громаснятного вибратора 3. Информационный сигиал о динамическом состоянии станка снамается датчика, установленного в определенной точке на поверхности станяны станка, усиливается и измеряется с помощью анцаратуры регистрации вкоросигнала и вволится в память ЭВМ.





Ниже приволится математическое описание задачл. Л ия ее решения необходимо вычислить функция $A(\omega)$ и $\varphi(\omega)$ для исслетуемой полосы частот ($\omega_e - \omega_n$), гле $A(\omega)$ амилитудно-частотная, а $\varphi(\omega) - \varphi$ т зо-частотная зависимости выходного сигнала при гармоначеских и мущениях на вхоле чеследуемого объекта. Решение задачи усложняется тем, что сигнал возмущения при строгох подходо не чи ляется гармоническим—а точках $a, b \in d$ (рис-2) закой $U_e = x(t)$ не риодический с квазигармонической формой. Представим функцию в ниле гармоническої ряда Фурье



Рис. 2

$$X(t) = \frac{a_1}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} [a_k \sin(k\omega t) + b_k \cos(k\omega t)], \quad a_0 = 0$$
 (1)

и ыграничимся перкыми гармониками ряда

$$X(t) = a_1 \sin \omega t - b_1 \cos \omega t,$$

гле коэффициенты a₁ и b₁ определяются с помощью известных формул

$$a_1 = \frac{1}{T} \int_0^T X(t) \sin w_1 t \, dt, \quad b_1 = \frac{1}{T} \int_0^T X(t) \cos w_1 t \, dt.$$

Для вычислений на ЭВМ более удобны приближенные формули для a₁ и b₁

$$a_{1} = \frac{1}{T} \sum_{k=0}^{n} X(\omega_{1} \Delta tk) \sin\left(\frac{2-\Delta t}{R}\right) \Delta t,$$

$$b_{1} = \frac{1}{T} \sum_{k=0}^{n} X(\omega \Delta tk) \cos\left(\frac{2\pi \Delta t}{t} - k\right) \Delta t,$$
(2)

rne $n = \frac{T}{\Delta t}$.

При составления программы для вычисления коэффициентон о и 4 функции sin tot) и cos (ot) можно разложить в алгебранческий ряд и ограничиться вервыми членами так, чтобы ошибка вычислений севышала 10%, которую можно оценить, с помощью выражения g(i)

 $g(t) = \{x(wt) - [a_1 \sin w_1 t + b_1 \cos w_1 t]\}.$

В комплексном виле функция X (61) представляется зависимостью

$$X(jw) =$$
 (3)

где А-амплитуда в ф. фаза сигнала X (ω'), которые вычисляются с помощью следующих выражений:

$$A - 1 a^2 + \bar{b} + tg = \frac{b}{a_1}, \quad v = \operatorname{arctg} \frac{b}{a} - \varphi$$
 (4)

Аналогичным образом получим зависимость иля выходного сигнала g(1).

$$Y(\omega,t) = \frac{A_c}{2} = \sum_{i=1}^{\infty} |A_c \sin(\kappa \omega t) - B_{\mu} \cos(\kappa \omega t)|,$$

а для коэффициентов A₁ и B₁-----

$$A_{1} = \frac{1}{T} \int_{0}^{T} I(t) \sin(\omega t) dt, \quad B_{1} = \frac{1}{T} \int_{0}^{T} I'(t) \cos(\omega t) dt.$$

которые заменяются выражениямы!

$$A_{1} = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^{n} Y(\omega \Delta t k) \sin(\omega \Delta t k) \Delta t,$$

$$B_{1} = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^{n} Y(\omega \Delta t k) \cos(\omega \Delta t k) \Delta t.$$

Аналогично (3), (4) для сигналь УСС можно записать

гле

$$A' = \int \overline{A_{\parallel}^2 + B_{\parallel}^2}, \quad \varphi' = \operatorname{arctg} \frac{B_1}{A_1} = \varphi_{\chi}.$$

Для построения АФЧХ исследуемого объекта необходимо вычислить фазовый сдвиг между входным и выходным сигналами

$$\varphi(\omega) = \varphi_y - \varphi_z - \operatorname{arctg} \frac{B_1}{A_1} - \operatorname{arctg} \frac{B_1}{B_1}$$
 (5)

Изменсине амплитуды выходного сигнала по откошению к аходному определяется выражением

$$A(\alpha) = \frac{A'}{A} - \frac{\frac{1}{a_{1}} + \overline{B}_{1}^{2}}{\frac{1}{a_{1}} - \overline{b}}$$

Вычисляя функции A(w) и q(w) для заллиного диапазона частот, можно по троить амплитулно-фазовую карактеристику исследуемого объекта

При автомътизации описанного эксперимента необходимо обратить внимачие из экстремальные точки амплитулно фазовой характеристики, т.е. программно должен быть обеспечен повторный анализ области, в кото от имеется точка экстремума. При измерениях значений $A(\omega_1), A = \dots, A(\omega_n)$ для частот $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$, если имеет место условие

$$A(\omega_{k-1}) = A(\omega_k) = A(\omega_{k-1}),$$

точка ок может быть максимумом. В этом слу не необходимо уменьшить длительность шага отсчета зыходного спината, т к в этом интервале может быть другая точка максимума, как это показано на рис. 5.



Рис 3.

Исходя из этого, предлагатся следующий алгоритм вычислений функции A(ω) и φ(ω).

1. Измеряют значения и одного сигнала в точказ кА/ в периоде 7 и. вставляя эти инфры в (2), вычисляют коэффициенты 4: и м

2. По значениям a₁ и t₁ для конкретной частоты по формулам (4) вычисляют амплитуду и фазу входного сигнала. 3. Аналогичную процедуру повторяют для выходного сигнала Y(l) (измерения на входе и на выходе должны быть выполнены одновременно).

4. По формулам (5) вычисляют A (ω) в φ(ω).

5. Строят кризую АФЧХ исследуемого объекта-

6. Выделяют точки резонанса.

Управляющая программа разработана на языке Ассемблер и отлажена на ЭВМ «Электропика 60».

ЛИТЕРАТУРА

- Типовые методики и программы испытаний металлорежущих станков.—М.: НПИ1МАНІ. 1984 — 108 с.
- 2. Воронов .1. А. Основы теорыя датоматического удравления -М. Энергиздат. 1981.—304
- Центральный процессор М 2 Техническое описание в пиструкния по эксплуатаили.—М.: ППП Электроника», 1979. 160 г.
- Электронная вызналительная машина Электроннка 60» 15ВМ 16. Перфаленточная операционная система, програзовоесностикие 0.005.027 ПО. - М. ПЕНИ - Электроника», 1980. – 265 с.

НПО «Арметанов».

20, 41, 1986

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 1, 1989, 44-46.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УЛК 621.30

Э. Н. МАНУКЯП

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕНЕЙ МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНО-ФИЗИЧЕСКОГО ПРАВДОПОДОБНЯ

При диагностике и анализе состояния непрерывных объектов элек трической природы зозникает необходимость определения значений недоступных для исмерсянй нараметров внутрениех элементов по резуль татам измерений потеньна ов и токо доступных узлон и ветвей электрической схемы и по априорной информации о возможных значчиях параметроч Наличие случайных ошибок измерсний паразятных пара метров реальной схемы на практике позволяет поставить зопрос лишь о получении вероятностных оценох искомых нараметров. Однако, традиционные методы теория оценки не козволяют учесть физическую природу исследуемого объекта, получать точные оплика зараметазо. Ниже предлагается метод, эркентированный для оцепновныя параметроз объектов электрической природы, основанный на принципе макси мально-физического правдоподобия (МФП) [1]. Пусть в электрической схеме замещения исследуемого объекти каждая і-ая зетвь состоит на последовательного включенного резистора с сопротивлением R, и источника напряжения . . л. с. Ег. Введем 2 рассмотрение: Е вектор. составленный из элементов ЕС Я -диагональная матрыца, составленнат из элементов R:: С матрица инцеплентции анализируемой схемы, U и I—векторы, элементами которых являются потезциалы и токи узлов и ветвей анализируемой схемы.

Согласно МФП нанболее близкими к истивным следует считать значения искомых параметров, при которых в стохастической моделя исследуемого объекта с наябольшей вероятностью обеспечивлются ис ходные количественные соотношения законов физики, описывающие реальные пронессы, протекающие в объекте. При реализанат МФП, как это показано в [1], точность полученных оценок зависит от формы записи математических описаний объекта. При всем разнообразии имеющихся законов физаки в инх отмечаются общие черты -исе они являются отображенаями, преобразованными формами перезаписи чеиногочисленных фундаментальных принципов физики, таких как привципы сохранения чилимума, самметрии и т д [2] Поэтому математаческие модели исследуемых объектов можно составать, опираясь не посредственно на эти законы

Согласно принципу минимума, реальное распределение токов по ветням электрической дени обеспечивает минимум выделяемой тепловой энергии на нассияных элементах цепя, т. е. имеет место

$$\min_{I} \langle I^{T} R I \rangle_{c}$$
(1)

в то же время гог. ясно принципу сохранений имеем

$$l^{r}Rl = E^{l}l \ \text{w} \ Cl = 0, \tag{2}$$

Таким образом, токи в ветнях схемы можно предстанить как решеине за тачи (1) при ограничениях (2). Пользуясь метолом неопределеяных множителей Лагранжа, тоставим функцию Лагранжа [3]: $\Phi(U, I) = I^T R_{I-1}^T i_n (I^T R_I - E^T I) + i_n^T C_I$, где $i_1 = i_2$ ый множитель Лагранжа: i_2 — вектор- толбец множителей Лагранжа. Токи I являются координатами седловой точки функция — е. решеннем системы уравнения

$$\frac{\partial \Phi}{\partial l} 2Rl + \gamma (2lR - k) - C^{2} h_{2} = 0, \qquad (3)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t_1} = I^T R I - E^T I = 0, \tag{4}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t_0} = CI = 0. \tag{5}$$

Слева перемножим (3) на 17 и преобразуем к виду

$$2I^{t}RI - i_{1}(I^{t}RI - E^{t}I)^{t} - (CI)^{t}i_{2} + i_{1}I^{t}RI = 0.$$

Подставия в последнее выражение (4) и (5), а также учитывая, что $I^{T}RI \neq 0$, получим $i_{1} = -2$. Тогда функцию $\Phi(.)$ можно представить в виде $\Phi(U, I) = I^{T}RI + 2E^{T}I + i_{2}^{T}CI$. Если в (3) водставить $i_{1} = 2U$ и уже найденное значение $i_{1} = -2$, то (3) булет совнадать с уравнениями, полученными по второму заколу Кархгофа для вствей анализируемой цели. Таким образом, реальные токи и потенциалы электрической цепи можно определить как координаты седловой точки функции

$$\Phi(U, I) = -I^{T}RI + 2E^{T}I + 2U^{T}CI,$$
(6)

т. е. как результат решения минимаксной задачи: max (min $\Phi(U, I)$). Значение функции $\Phi(U, I)$ определяет энергетическое состояние исследуемой, цепи, поэтому при некоторых оценках переменных \overline{U} , \overline{I} в качестве меры близости к реальному энергетическому состоянию можно использовать функционал $\Delta \Phi = \Phi - \Phi_0$, где Φ и Φ_0 – значения функции $\Phi(U, I)$ при значениях L, \overline{I} и в седловой точке. Определим выражение для $\Delta \Phi$. Представим (6) в виде

гле

$$\Phi\left(U_{1}|I\right)=\Phi_{1}=\Phi_{2}=\Phi_{3},$$

$$\Phi_1 = (-I^{t}R + E^{T} + U^{T}C)I = I^{t}(-RI + E + C^{T}C),$$

$$\Phi_2 = U^{T}(C), \quad \Phi_3 = E^{T}I$$

В седловой точке, как это видно из (4) и (5), имесм $\Phi_1 = 0$. $\Phi_2 = 0_1$ $\Phi(U, I) = \Phi_{in}$ т. с. для произвольных значений U и I: $\Delta \Phi = \Phi_1 +$ - Ф₂ + 2Ф₃. В окрестностях седловой точки функцию 2Ф заменим первым приближением функции 1ф Ф1 - Ф2, учитывая, что в самой седловой точке $\Delta \Phi' = \Delta \Phi = 0$. Таким образом, применительно к процессам, протекающим а электрических цепях, условия соблюдения фундаментальных законов физики можно представить в виде системы равенств $\Delta \Phi' = 0$, а также (4) и (5). Из равенств (4) и (5) и $\Delta \Phi' = 0$ можно получить: $Z_{1} = I_{1} (-RI - E - C^{T}U) = 0, Z_{1} = U_{a}CI = 0, где I_{a}$ и U. – диагональные матрицы, диагональными элементами которых якляются элементы вскторов I и U соответственно. Пекоторые элементы векторов R и I являются результатами измерений, лоэтому Z₁ и Z₂ являются случайными величинами. Тогда согласно принципу максимально-физического правдолодобия наилучшими оценками следует считать те значения недоступных параметров, входящие в R и E, при которых обеспечивается абсолютный максимум функции физического правлово- $AO5H8 P(Z_1=0, Z_2=0).$

В заключение отметим, что при данной методике обеспечивается ксимальная вероятность соблюдений фундаментальных законов физики: в стохасть ской модели анализируемой цели ч при этом не возникает иопрос неопредстсилости формы записи уравнений исследуемой схемы.

ЛИТЕРАТУРА

 Манукия № И. Основы метода макенмально-физического правдоподобня // Изв. АН АрмССР Сер. ТН. – 1980 – Т. XXXIII, № 4. – С. 51–57

2. Федман И. П. Характер физичения законов -М : Мир. 1968-232 с.

3. Вом ная В. М. Теория маженына - М.: Сов. радно, 1970.-431 с

Ерінгам К. Маркса

8 IV. 1986

УДК 537.611:621.396

Г Г КАРАПЕТЯН

ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛНОВОДА МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН ПОЛОСКОВОИ АНТЕННОЙ

Одно из перспективных направлений в миниатюризание устройств аналоговой обработки СВЧ сигналов основано на применении магнитостатических спиновых воли (МСВ) в узких, шириной 0,1 і мля ферриговых пленках—волноводах МСВ [1]. В данной работе рассчитывается возбужление волновода МСВ полосковой антенной, перлендикулярной волноводу и внешнему намагничивающему полю (рис.).

I Сделаем допущения выполняющиеся на СВЧ с большим западом, которые упрощают решение залачи:

$$a \ll L \leqslant i = \frac{2\pi\epsilon}{\alpha}$$
 (1)

· Wm/W.

10

10

Ę

10





Таким образом, можно рассматривать упрощенную мольль, сле илоский слой феррита возбуждается полосковой антенной с равномерным распределением тока по длине. Полобная задача для антенны, ле жащей на новерхности слоя, рассмотрена в [2]. Она сволится к решению на ЭВМ системы алгебранческих уравнений, чисто которых, однако, возрастает с уменьшением длины волны. Это обстоя тельство позволяет получать аналитические зависимости лишь и длиноволновом приближении. Применим другую методику расчета и, когда антенна будет находиться на некотором расстоянии от слоя, получим зависимости, пригодные при произвольных длинах воли МСВ.

2. Представим магнитное поле МСВ в виде H = grad ф Кроме чене вне волновода существует и собственное магнитное поле антенны. Функция ф внутри и вне волновода удовлетноряет соответственно уравнениям

div (p grad
$$\frac{1}{2}$$
) = 0, $\nabla^2 \frac{1}{2} = 0$, (2)

гле и тензор магнитной проницаемости феррита.

Решая (2) с соответствующими граничными условнями на воверх ностях слоя, получаем выражение в виде бесконсчного ряда, описынающего объемные симметричные (по z) и антисимметричные моды MCB внутри слоя и сопутствующие им поверхностные моды вне слоя. Полная мощность излучения равна

$$P = L \frac{2-l^2}{c^2} \frac{\omega}{1-v} \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon^2 \frac{|s(k_{-})|^2}{k_m d} \exp\left(-2k_m^2\right).$$
(3)

 $3\operatorname{aecb} = 1 + \exp\left(-k_m a - \gamma m\right), \qquad = \gamma (\operatorname{2arclg} \gamma + \gamma m) a, \qquad = 1 + \mu,$ $s(x) = \int_{-d^2} \sigma(t) \exp\left(-ixt\right) dt.$

Для определения неизвестного распределения тока по ширине антенны $I_{2}(x)$ вычислим поле H_{1} на поверхности антенны, которое наводит в ней дополнительный ток cH_{1} 4=. Для a(x) получаем интегральное уравнение

$$\sigma(x) = \frac{1}{d} - \frac{1}{1 - p} \sum_{a=1}^{d} \left[\frac{\exp((-2\pi a^2))}{\pi a} \right] 2\sigma(x) + ik_m \int_{-dt}^{d/2} e^{iR_m} x - t} z(t) \, dt,$$
(4)

решение которого можно записать в виде последовательных приближений. Прелположим, и антенна удалена от волновода на расстояние порядка его толшины. Тогда (3) упрошается, а для нахождения п(x) из (4) достаточно первое приближение. В результате, для сопротниления излучения получаем

$$R = L \frac{4\pi}{c^*} \frac{1}{1 - \mu} \frac{1}{k_{\rm eff}} \frac{|s|k_{\rm eff}|^2}{|s|(0)|^2} \exp\left(-2k_0 \tilde{c}\right).$$
(5)

$$s(0)|^{2} = 1 - 2x \frac{\sin k_{0}d}{k_{0}d} + e^{i} \left(\frac{\sin k_{0}d/2}{k_{0}d/2}\right)^{2}, \quad x = \frac{2z_{0}}{1 - \mu} \frac{\exp(-2k_{0}b)}{k_{0}a},$$

$$|s(k_0)|^2 = \left(\frac{\sin k_0 d/2}{k_0 d/2}\right)^2 + \frac{x^2}{4} \left(1 + \frac{\sin k_0 d}{k_0 d}\right)^2 - \frac{\sin k_0 d}{k_0 d} \left(1 + \frac{\sin k_0 d}{k_0 d}\right).$$
(6)

Относительная погрешность (5) мала: например, при б=а, v-? она менее 1%.

Если полагать ток равномерным по ширине антенны, то (5) упрошастся Расчеты показывают, это разназа между ними меньше, чем этимянутые выше погрешности, это практически можно пользоваться упрощенной формулой. На нижних частота: $|k_{m}| \ll 1$ -то обусловлено однородностьк: МСВ по ширине антенны, а на высших ($k_{c}\delta > 1$) экспоненциальным уменьшением наведенного в антенне тока.

На рис. приведены частотные зависимости сопротивления излучеиня, вычисленные по формуле (5). В масштабе рисунка графики, построенные по упрощенной формуле, уже при $\delta \ge a^2$ неразличимы от основных. Начиная с частот k = 1 кривые резко спадают, что свидетельствует об эффективном подавлении сигналов на высоких частотах.

лнтература

Новиков Г. М., Петринскин Е. З. Эженериментальные респедования распро гранения МСВ в пленочных волноводах // РЭ – 1984 – Т 29. № 6 С 1691–1695.
 Визалетер Г. А., Махолин В. Н. Отражение воябуждение прямых ОМСВ металлической полосков // РЭ.—1984.—Т 29. № 7.—С. 1252—1260.

28. X. 1986-

L. W. Warmanjull, 16 S. Burshijun. Sudminiplastic spill of a supp	3
Մ. հ. Գողուլան, Ա. հ. հարտագետյան, «Հ. Հահ այրի հյուքերի ազգեցու	
Այունը կամապորիներ ֆորմայրենիդի կաղմությունների արիբոտեխնիկական	
Saundan Bindidalopp dana	7
ի, Դ. Նիկիլան, Մ. Ե. Յոնդեմ, Դ. Կ. Ջանիբեկյան, <i>Կարը Հղորովել և Արարական մե</i> լ	
plandshipp off and a galanapole in mignifignitalipp and	2.
Գ. Ո. Մելքոնրան, Ո. Բ. Ոազգոյան ար ան ան անգայիներով էա	
Surface dependent generalised a gappillat	15
է. Հ. Կաբապետլան, Ա. Ա. Կաբապազալ, քիր այրն կապով սարջերում փոխադրման	
անարդյունավետութքյան առիման ճառաքյան մ	_0
4. D. Harquink, H. U. Harquink, liphilipia salpartely despired have upday lipe-	
թավականակունյունը յունված (մուլստրված և հղովներ պա <mark>րունակող</mark>	
Sugarph Sandyand grappant	23
16 և Հակոթյան, Ի. Գ. Քշիստողատության, Վ. Գ. Սունոյան, ռևտումային ռամազաթցեթում	
pyper to adulatingenting part drafted amplied with a	27
1 U. Bungamarian, R. H. Turial. Sudparaghab anapath ip amounts	
Appreductive analast of stephage dwapte	32
հ. Պ. հվանով Ա. Ա. հաշպով, Ն. Ֆ. Մոշոգրվ, Վ. Ցա. Աիկվինդ, Փաթը - հղուժային	
inconfindent enaby to the acquirely grigd whi Swaph	36
վ. Ա. Վաղաբանիան, Վ. Դ. Նիկողոսյան, Ա. Ա. Սոկելան, Ս. Լ. Լո-թոն, Ա	
anunnyklipp pin yplipp ilmagnadade dandariandad in	
duchagy diplying the second	40
է, հ. Մանուկյան, էլեկտրական այժաների դես կես հատում	
առուվելադույն համարտուննմունություն հղունակով	44
A 9. Ineromptoning. Hanglowaranashi anglowarana populari populari populari	
autombhangad	-47

СОДЕРЖАННЕ

.7.	M	 1¹ П. Биргесни. Термоволаучесть корки затвердевающего слятка. 3
5	K	Истехо 1. И. Каланс это влачит молефициров инъх зищеры на на
		полнотелезі на трабок хинческие зойства композиции на основе со- останмена С.2.1
u.	<u>.</u>	HEREIN HEREIN MER F. K. TWOMPER OF KONTOON MATHIERER CROSCIE
		серденных клектрических малии малой мощности 15
Л.	C.	Малон Л. С. Сарчисян. Эффективный влюритя инфрового сисктраль-
		пого спализа на дерациоотстоящим отсячнам процесса . 15
$\cdot I_{*}$	T.	Каран тянг. 1. Карэлезен. О точности измерения неэффективности не-
		репоса а приборах с зарядовов связью
B_{-}	l^-	Сарысов 3. 1. Сарсов, Млесообмен пр. филиролят жалости, солер-
		жащей в окщен ыс, скультированные в растворенные вещества, через
		двухедойское порастую среду
p	Е	Аконян В. Г. Коисто годовяя В. Г. Соновн. Махемали иское молелиро-
		вание гидро- и плевмотрансибрта в напорных системах
В.	С.	Баздасаряя, 1. Гаряя. Об шов методе виалитического определения
		статического об ма нарогазовых казитанизных вузирьков
K	$R_{\rm c}$	Наше с. А. А. Корно /// Ф. Мароно В. Я. Рилкино! Об оптимизания
		фирмы влиять малото проходную сочения
<i>B</i> .	л.	Валарианов, Б. Г. Нико осво А. М. Кркеви, С. Л. Лории, Автоматизи.
		рованныя системы вселедования лицамических характеристик металло-
		режущих станков на одне микро-ЭВМ «Электроника» 60 40
9,	11	Нанасло Оцента нараметров лектрических ценен методом максималь-
		Ro-durst rest upon rous
T.	Γ .	Каратеряя, Возбуюле не соляннода манимостализских ноли полосковой
		янтевной

- 1