



ВЕСТНИК Машиностроения

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

9
2015

ИЗДАЕТСЯ С НОЯБРЯ 1921 ГОДА

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Журнал переводится на английский язык, переиздается и распространяется во всем мире фирмой "Аплертон Пресс" (США)

ООО «Издательство «Инновационное машиностроение»

Адрес издательства:

107076, Москва, Колодезный пер., д. 2А, стр. 2

Телефон: 8-(499)-269-52-98

Факс: 8-(499)-269-48-97

Адрес редакции:

107076, Москва,

Колодезный пер., д. 2А, стр. 2

Телефон: 8-(495)-661-38-80.

E-mail: vestmash@mashin.ru

www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован 19 апреля 2002 г. за № 77-12421 в Комитете Российской Федерации по печати

Учредитель: А.И. Савкин

Индексы: 70120 ("Роспечать"),
27841 ("Пресса России"),
60264 ("Почта России")

Цена свободная

Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО «Авансд солюшнз».

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.

Сайт: www.aov.ru

Главный редактор А.И. САВКИН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Алешин Н.П., д-р техн. наук, акад. РАН, Братухин А.Г., д-р техн. наук, Воронцов А.Л., д-р техн. наук, Гусейнов А.Г., д-р техн. наук, Дмитриев А.М., д-р техн. наук, член-корр. РАН (председатель секции обработки материалов без снятия стружки), Драгунов Ю.Г., д-р техн. наук, член-корр. РАН, Древаль А.Е., д-р техн. наук (председатель секции технологии машиностроения), Кутин А.А., д-р техн. наук, Омельченко И.Н., д-р техн. и экон. наук (председатель секции организации и экономики производства), Кузин В.В., д-р техн. наук, Попов Д.Н., д-р техн. наук, Попов А.В., д-р техн. наук, Рыбин В.В., д-р техн. наук, член-корр. РАН, Трегубов Г.П., д-р техн. наук, Скугаревская Н.В. (ответственный секретарь)

СОДЕРЖАНИЕ

Московскому государственному технологическому университету
"СТАНКИН" 85 лет

| | |
|--|----|
| Соломенцев Ю. М., Кабак И. С., Суханова Н. В. — Оценка и прогнозирование надежности программных средств САПР на основе искусственных нейронных сетей | 3 |
| Боровский Г. В., Шавва М. А., Захаревич Е. М., Грубый С. В., Маслов А. Р. — Ультрапрецизионная обработка хрупких оптических материалов | 6 |
| Идрисова Ю. В., Кудояров Р. Г., Фещак С. И., Маслов А. Р. — Влияние динамических процессов в технологической системе на волнистость и шероховатость поверхностей обработанной детали | 10 |
| Гречешников В. А., Пивкин П. М., Исаев А. В. — Математическое моделирование параметров срезаемого слоя при наружном точении для повышения качества сложно-профильных деталей | 15 |
| Филатов В. В., Чумаева М. В., Порватов А. Н. — Имитационные модели исполнительных двигателей электроприводов станочного оборудования | 19 |
| Дмитриев А. М., Коробова Н. В., Якубовская И. А. — Повышение стойкости пуансонов при холодном выдавливании детали типа стакана при активном воздействии сил трения | 24 |
| Сосенушкин Е. Н., Яновская Е. А., Сосенушкин А. Е., Емельянов В. В. — Механика немонотонных процессов пластического деформирования | 29 |
| Корниенко А. А., Толкачев О. И. — Направления импортозамещения в российском станкостроении | 34 |
| Иванова Н. А., Рябов С. А., Шварцбург Л. Э. — Оценка экологичности технологических процессов на основе их интегрального экологического показателя | 36 |

КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ, ИСПЫТАНИЯ И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

| | |
|---|----|
| Ивашов Е. Н., Кравченко Н. П., Яговцев В. О., Федотов К. Д. — Метод последовательного многоцелевого принятия решений при армировании устройств наноперемещений | 39 |
| Райков А. А., Бронштейн М. Д., Саликеев С. И., Бурмистров А. В. — Методика построения концевых участков спиралей вакуумных насосов и компрессоров | 42 |
| Афонин С. М. — Оптимальное управление многослойным пьезоманипулятором нано- и микроперемещений при продольном пьезоэффекте | 46 |
| Колотов Ю. В., Смирнов А. М., Сосенушкин Е. Н. — Новая схема гидропривода шаботного молота | 49 |
| Мюллер О. Д., Мелехов В. И., Малыгин В. И. — Теоретические основы упруго-пластического деформирования мелкодисперсных сред | 52 |
| Мамаев И. М., Морозов В. В., Федотов О. В., Филимонов В. Н. — Экспериментальные исследования точности роликовинтовой передачи актуатора для радиотелескопа | 59 |
| Архипов В. Е., Лондарский А. Ф., Мельшанов А. Ф., Москвитин Г. В., Пугачёв М. С., Фалалеев Н. С. — Технологические особенности газодинамического напыления покрытий | 64 |
| Безукладников А. И., Паршин С. В. — Конечно-элементный анализ процесса профилирования трубы дорнами разной формы | 70 |
| Муницын А. И., Белов И. А., Круглов А. В. — Идентификация механических характеристик нелинейно-упругого материала по результатам виброиспытаний | 72 |

Проблемы трибологии — трения, изнашивания и смазки

| | |
|---|----|
| Шрам В. Г., Лысянников А. В., Ковальский Б. И., Безбородов Ю. Н., Ковалева М. А. — Влияние температурной деструкции моторных масел на формирование граничного смазочного слоя | 75 |
|---|----|

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

| | |
|--|----|
| Еремин Е. Н. — Малоотходная технология изготовления кольцевых заготовок из жаропрочных никелевых сплавов | 78 |
| Табаков В. П., Верещака А. С., Верещака А. А., Батако А. Д. — Методологические подходы к формированию многослойных покрытий на режущем инструменте | 82 |

CONTENTS

85th Anniversary
of Moscow State Technical University "STANKIN"

| | |
|--|----|
| Solomentsev Yu. M., Kabak I. S., Sukhanova N. V. — Assessment and reliability forecasting of software utilities of computer-aided design on the base of artificial neural networks | 3 |
| Borovskiy G. V., Shavva M. A., Zakharevich E. M., Grabyi S. V., Maslov A. R. — Ultraprecision machining of brittle optical materials | 6 |
| Idrisova Yu. V., Kudoyarov R. G., Fetsak S. I., Maslov A. R. — Influence of dynamic processes in technological system on waviness and roughness of surfaces of machined part | 10 |
| Grechishnikov V. A., Pivkin P. M., Isaev A. V. — Mathematical modeling of cut layer parameters at external turning for improvement of quality of complex geometry parts | 15 |
| Filatov V. V., Chumaeva M. V., Porvatov A. N. — Simulation models of actuating motors of electric drives of machine-tool equipment | 19 |
| Dmitriev A. M., Korobova N. V., Yakubovskaya I. A. — Resistance improvement of punches at cold extrusion of cup-type part at active action of friction forces | 24 |
| Sosenushkin E. N., Yanovskaya E. A., Sosenushkin A. E., Emel'yanov V. V. — Mechanics of nonmonotonic processes of plastic deformation | 29 |
| Kornienko A. A., Tolkachev O. I. — Trends of import substitution in Russian machine-tool industry | 34 |
| Ivanova N. A., Ryabov S. A., Shvartsburg L. E. — Environmental compatibility assessment of manufacturing processes on the base of their integral ecological parameter | 36 |

DESIGN, CALCULATION, TESTS AND RELIABILITY OF MACHINES

| | |
|--|----|
| Ivashov E. N., Kravchenko N. P., Yagovtsev V. O., Fedotov K. D. — Method of successive multipurpose decision making at reinforcing of nanodisplacement devices | 39 |
| Raykov A. A., Bronshtein M. D., Salikееv S. I., Burmistrov A. V. — Construction methodic of end sections of spirals of vacuum pumps and compressors | 42 |
| Afonin S. M. — Optimal control of multilayer piezomanipulator of nano- and microdisplacements at longitudinal piezoeffect | 46 |
| Kolotov Yu. V., Smirnov A. M., Sosenushkin E. N. — New structure of hydraulic drive of anvil hammer | 49 |
| Myuller O. D., Melekhov V. I., Malygin V. I. — Theoretical foundations of elastoplastic deformation of fine mediums | 52 |
| Mamaev I. M., Morozov V. V., Fedotov O. V., Filimonov V. N. — Experimental research on accuracy of actuator roller screw drive for radiotelescope | 59 |
| Arkhipov V. E., Londarskiy A. F., Mel'shanov A. F., Moskvitin G. V., Pugachev M. S., Falaleev N. S. — Technological features of gas-dynamic spraying of coatings | 64 |
| Bezukladnikov A. I., Parshin S. V. — Finite element analysis of tube profiling process by draw bars of various shapes | 70 |
| Munitsyn A. I., Belov I. A., Kruglov A. V. — Identification of mechanical characteristics of nonlinear elastic material on vibration tests results | 72 |

Problems of tribology — friction, wearing away and lubrication

| | |
|---|----|
| Shram V. G., Lysyannikov A. V., Koval'skiy B. I., Bezborodov Yu. N., Kovaleva M. A. — Influence of temperature destruction processes of motor oils on formation of boundary lubricating layer | 75 |
|---|----|

MANUFACTURING ENGINEERING

| | |
|--|----|
| Eremин E. N. — Low-waste production technology of ring blanks from heat-resistant nickel alloys | 78 |
| Tabakov V. P., Vereshchaka A. S., Vereshchaka A. A., Batako A. D. — Methodological approaches to formation of multilayer coating on cutting tool | 82 |

Технический редактор Т. А. Шацкая
Корректор Т. В. Пчелкина

Сдано в набор 05.07.2015. Подписано в печать 14.08.2015.
Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,78.

Перепечатка материалов из журнала "Вестник машиностроения" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала; ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ, ИСПЫТАНИЯ И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

УДК 681.34:681.513

Е. Н. ИВАШОВ, д-р техн. наук, Н. П. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук, В. О. ЯГОВЦЕВ, К. Д. ФЕДОТОВ (Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"),
e-mail: eivashov@hse.ru zenflak@gmail.com

Метод последовательного многоцелевого принятия решений при армировании устройств наноперемещений

Рассмотрен метод многоцелевого принятия решений как задача нечеткого программирования. Для выражения уровней желаемости использован способ установления предпочтений критериев и оценки достижимости.

Ключевые слова: устройство наноперемещений, нечеткое программирование, оптимизация целевой функции, нечеткие цели.

The method of multipurpose decision making as a problem of fuzzy programming is considered. For expression of desire levels the method of preferences determination of criteria and achievability assessment is used.

Keywords: nanodisplacement device, fuzzy programming, optimization of objective function, fuzzy goals.

Рассмотрим метод последовательного многоцелевого принятия решений при формировании устройств наноперемещений, который по сути является переформулированной задачей многоцелевого принятия решений как задачи нечеткого программирования. Наиболее приемлемым выражением уровней желаемости посредством информации о предпочтениях является оценка процента достижимости поставленных целей и установление критериев предпочтений при принятии той или иной альтернативы.

Для лица, принимающего заключение (ЛПР), степень желаемости того, чтобы добиться оптимального значения целевой функции f_i ($i = 1, \dots, k$), можно выразить в процентах. Для любой целевой функции множество k значений предпочтений, отмеченных ЛПР с учетом множества вероятно возможных значений, называется предпочтением критериев (preference criteria).

Процент достижимости $p_{ai}(f_i)$ [1] (percentage of achievement [2]) является выраженным в процентах уровнем i -й целевой функции, рассчитанным соответственно всему ряду ее вероятных значений.

Далее через нечеткую функцию принадлежности, значение которой будет определять степень предпочтений ЛПР, будут назначены значения

предпочтений критериев и процента достижимости. Рассматриваемый способ основывается на концепции целевого нечеткого программирования. Подчеркнем, однако, что одним из значимых различий является калькуляция нечеткой входной информации ЛПР в качестве базовой при оценке допустимости принятого решения в интерактивном режиме.

Рассмотрим совокупную постановку задачи для формального отображения данного метода.

Необходимо минимизировать функцию $f(x)$:

$$f(x) \rightarrow \min \quad (1)$$

при наличии ограничений

$$q(x) \geq 0, \quad (2)$$

где f и q — некоторые вектор-функции, которые имеют соответственно k и m компоненты.

Подмножество допустимых решений ($X \subseteq R_n$) в пространстве n переменных определяется данными ограничениями.

Используя итеративную процедуру решения сформулированной задачи, пользователь может сформировать окончательное множество $r \geq k$ недоминируемых решений, удовлетворяющих его предпочтениям, и кроме того, сформировать множество опытных (испытательных) решений.

Введем обозначение этого множества:

$$U = f(x_u^*) \quad (u = 1, 2, \dots, r).$$

Недоминируемой точкой будем называть точку $x^0 \in X$, если не существует такого $x \in X$, при котором $f_i(x) \geq f_i(x^0)$ и $f_j(x) > f_j(x^0)$, где $i \neq j$.

Критериальный вектор в недоминируемой точке является неулучшаемым. Справедливо и обратное утверждение: всегда существует некоторая недоминируемая точка, которая соответствует данному неулучшаемому критериальному вектору.

Из данного множества следует отобрать лучшее компромиссное решение для того, чтобы согласовать все без исключения цели f_i . Следующие $(k + 1)$

критериев отбора $C(i)$ ($i = \overline{1, k}$) и $C(k+1)$ могут существенно помочь найти некоторое компромиссное решение:

$$C(i): 0 \leq pc_i \leq pa_i \leq 100, \quad \forall i = 1, 2, \dots, k,$$

где pa_i — процент достижимости i -й целевой функции; pc_i — предпочтительность i -го критерия, устанавливаемая экспертом;

$$C(k+1): 0 \leq \sum_i^k (pa_i^g - pa_i) \leq E_g,$$

где pa_i^g — глобальный (максимальный) процент достижимости для i -й целевой функции, который можно рассчитать путем решения оптимизационной задачи

$$\max_F \sum_{i=1}^k pa_i, \quad (3)$$

где F — совокупность достигаемых целей, характеризующая допустимым подмножеством X ; E_g — наибольшее неотрицательное значение разности между суммой глобальных и действительных достижимостей сообразно всем k целям, устанавливаемое ЛПР.

Более предпочтительное решение обязано одновременно удовлетворять требованиям $(k+1)$ критериев отбора $C(j)$ ($j = 1, 2, \dots, k+1$), которые могут формулироваться через высказывания ЛПР относительно значения желаемости для целевых функций. Это означает, что при отыскании компромиссного ответа испытательный шаг будет произведен таким способом, чтобы добиться процента желаемости pa_i по каждой из целевых функций f_i , причем эти значения должны, по крайней мере, быть эквивалентны установленному ЛПР уровню в виде предпочтения критериев pc_i или лучше такового.

Наилучшее компромиссное решение ожидается в такой точке, в которой сумма действительных процентов достижимости целевых функций отличается от суммы глобальных на наибольшее неотрицательное E_g . Другими словами, глобальный процент достижимости представляет собой идеальную точку, координаты которой соответствуют оптимальным значениям всех целевых функций.

Перейдем к интерпретации предлагаемого подхода (fuzzy). Установим концепцию нечетких целей (fuzzy objectives) и функций принадлежности, объединяя их традиционное понимание с предпочтением критериев, процента достижимости, недооценки целей, которые и предполагаются в качестве практических компонент разрабатываемой процедуры для формулировки уровней желаемости цели.

Рассмотрим $k+1$ подмножества U_j множества U испытательных недоминируемых решений, которые определим следующим образом для $j = 1, 2, \dots, k$:

$$U_j = \{f(x_u^*); pa_j(f(x_u^*)), \text{удовлетворяющее } C(j)\};$$

$$U_{k+1} = \{f(x_u^*); pa_j(f(x_u^*)), j = \overline{1, k}, \text{удовлетворяющее } C(k+1)\}.$$

Отметим, что недоминируемые решения — это элементы нечеткого множества. Назовем некоторое решение, функция принадлежности которого приблизительно равна 0, слабо желаемым и сильно желаемым в случае, если эта функция близка к 1.

Определим также $k+1$ нечеткие цели, представляющие собой размытые множества, функции принадлежности которых определяются описанным ниже образом.

Определим функцию принадлежности h_j для каждого подмножества U_j ($j = 1, 2, \dots, k+1$) недоминируемых решений, удовлетворяющих j -му критерию выбора.

При $j = 1, 2, \dots, k$ выполнено:

$$h_j = \begin{cases} \frac{pa_i - pc_j}{100 - pc_j}, & \text{если } 0 \leq pc_j \leq pa_j \leq 100; \\ 0, & \text{если } pc_j > pa_j. \end{cases}$$

При $j = k+1$ выполнено:

$$h_{k+1} = \begin{cases} 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i)}{E_g}, & \text{если } 0 \leq \sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i) \leq E_g; \\ 0, & \text{если } pc_j > pa_j; \end{cases}$$

$$h_{k+1} = \begin{cases} 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i)}{E_g}, & \text{если } 0 \leq \sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i) \leq E_g; \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i) > E_g, \end{cases}$$

где $E_g \geq 0$ для $j = \overline{1, k}$.

Нечеткими целями (fuzzy objectives) будем называть нечеткие множества, определенные как

$$G_j = \{(f(x_u^*), h_j(u_j)): f(x_u^*) \in U_j\}, \quad j = 1, 2, \dots, k+1.$$

Задача сводится к необходимости поиска решения, удовлетворяющего сразу $(k+1)$ нечетким целям. Одним из путей получения пересечения $(k+1)$ множеств размытых целей является взятие минимального значения функции принадлежности по всем нечетким целям с тем, чтобы получить непус-

тое размытое множество M недоминируемых решений, которые могут удовлетворить в совокупности все критерии выбора $C(j), j = 1, 2, \dots, k + 1$. Это нечеткое множество выразим как

$$M = \{(f(x_u^*), \min_{1 \leq j \leq k+1} \{h_j(U_j)\}) : f(x_u^*) \in U\}.$$

В нечетком множестве M наилучшее компромиссное решение $f(x^*)$ есть недоминируемое решение, имеющее максимальное значение функции принадлежности, что в свою очередь соответствует оптимальному решению максиминной задачи

$$\max_M \min_{1 \leq j \leq k+1} \{h_j(U_j)\}. \quad (4)$$

До сих пор рассматривали дискретное множество альтернатив из r недоминируемых решений. Далее разовьем идею нечеткого программирования как метода, позволяющего получить недоминируемое решение, удовлетворяющее всем критериям выбора и в случае неограниченного множества допустимых недоминируемых решений.

Максиминную постановку задачи (4) можно использовать для нахождения наилучшего компромиссного решения из всех полученных недоминируемых решений исходной постановки задач (1) и (2).

Тогда задачу можно представить как $\max_F Z$ таким образом, чтобы $h_j(U_j) \leq Z, \forall j = 1, 2, \dots, k + 1$, где $h_j(U_j), \forall j = 1, 2, \dots, k + 1$ — функции принадлежности, определенные выше; F — допустимое пространство целей, заданное ограничениями (2) исходной задачи.

Эту последнюю постановку также можно переписать в виде задачи нечеткого программирования, т. е. fuzzy programme (FP).

Надо максимизировать Z таким образом, чтобы для $i = 1, 2, \dots, k$ выполнялись условия:

$$\frac{pa_i - pc_i}{100 - pc_i} \geq Z; \quad (5)$$

$$0 \leq pc_i \leq pa_i \leq 100; \quad (6)$$

$$-\frac{\sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i)}{E_g} \geq Z; \quad (7)$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^k (pa_i^g - pa_i) \leq E_g; \quad (8)$$

$$pa_i = \left[1 - \frac{f_i(x) - f_i(x_i^*)}{f_i^+ - f_i(x_i^*)} \right] 100; \quad (9)$$

$$f_i^+ \neq f_i(x_i^*), \quad (10)$$

где $f_i(x_i^*) = \min f_i$ при выполнении ограничений (2);

$f_i^+ = \max_{1 \leq j \leq k} \{f_i(x_i^*)\}$; $pc_i, i = \overline{1, k}$ — входная информация о предпочтительности критериев; E_g — наибольшая разность между суммой глобальных и действительных процентов достижимости всех целей;

$pa_i^g, i = \overline{1, k}$ — глобальный процент достижимости целевых функций, который является результатом решения задачи (3); F — пространство допустимых решений, соответствующее области допустимости X , определенной согласно ограничениям (2).

Данная формулировка задачи включает в себя все необходимые для ее решения вычисления.

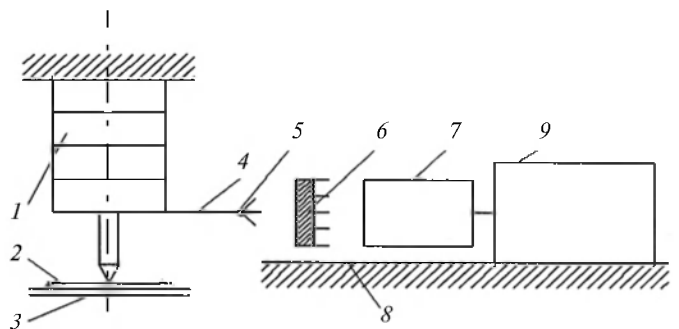
Наилучшее решение размытой многокритериальной модели FP всегда будет соответствовать недоминируемому решению исходной задачи.

Максимизация Z в качестве целевой функции в FP предполагает, что любой процент достижимости $pa_i, i = \overline{1, k}$ в ограничениях (5) и (6) обязан иметь значение, максимальное из возможных и превосходящее минимальное значение предпочтения критерия $pc_i, i = \overline{1, k}$, т. е. наилучшее решение FP требует максимального из возможных значений всех без исключения процентов достижимости $pa_i, i = \overline{1, k}$.

Ограничения (9) характеризуют проценты достижимости, непосредственно указывающие значения относительных координат компонент решения в целевом пространстве F , очерченном выражением (10). Наилучшее решение (FP) ассоциируется с оптимальным достижением целей в направлении минимизации их значений в F и, не считая этого, ограничения (7) и (8) требуют, чтобы решение приближалось предельно близко к образцовому решению, предполагающему соответствие наибольшей сумме процентов достижимости. Последнее условие возможно лишь для недоминируемой точки целевого пространства F .

На основании вышеизложенного можно утверждать, что оптимальное решение размытой многокритериальной модели FP всегда соответствует недоминируемому решению исходной.

Рассмотрим применение метода последовательного многоцелевого принятия решений для конкретного устройства виброперемешений (рисунок),



А. А. РАЙКОВ, М. Д. БРОНШТЕЙН, канд. физ.-мат. наук, С. И. САЛИКЕЕВ, канд. техн. наук,
 А. В. БУРМИСТРОВ, д-р техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет),
 email: burm@kstu.ru

Методика построения концевых участков спиралей вакуумных насосов и компрессоров¹

Разработан метод построения концевых участков спиралей вакуумного насоса. Рассмотрены разные варианты концевых участков, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: спиральный насос, концевой участок, подвижная спираль, неподвижная спираль.

The method of construction of spiral end sections of spiral vacuum pump is developed. The various structures of end sections and their advantages and disadvantages are considered.

Keywords: spiral pump, end section, flexible spiral, fixed spiral.

Вакуумные спиральные насосы (ВСН) относятся к безмасляным насосам среднего вакуума и используются для получения вакуума в составе различного оборудования — напылительных вакуумных установках, атомно-силовой микроскопии, ускорителях элементарных частиц, камерах-имитаторах космического пространства, сублимационных ус-

¹ Статья подготовлена в ФГБОУ ВПО "КНИТУ" при финансовой поддержке проекта "Создание высокотехнологичного производства безмасляных спиральных вакуумных насосов для индустрии наносистем и наноматериалов" в рамках конкурса по созданию высокотехнологичного производства согласно постановлению Правительства РФ № 218 "О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства".

тановках и т. д. Не меньшее значение в классе машин малой и средней производительности имеют "сухие" спиральные компрессоры.

ВСН относятся к высокотехнологичным изделиям. Это обусловлено точностью изготовления спиральных элементов, которые обеспечивают бесконтактное движение с зазором в сотые доли миллиметра, что с учетом тепловых и силовых деформаций спиралей является сложной задачей. Поэтому по наличию их производства можно судить о научно-техническом потенциале страны [1].

Основные показатели спиральных машин — производительность, потребляемая мощность, температура газа и стенок ВСН, во многом зависят от профиля спирали и ее геометрических параметров (рис. 1), т. е. определяются шагом, эксцентриситетом, радиусом базовой окружности, высотой пера. Наряду с перечисленными параметрами техническая характеристика насоса или компрессора определяется концевым участком спиралей, от которого в первую очередь зависит минимальный объем (объем повторного расширения), а следовательно, геометрическая степень сжатия, потребляемая мощность и силы, действующие на спирали со стороны газов.

Изменяя параметры концевого участка, можно добиться уменьшения проводимости радиального канала между спиралями, а следовательно, снижения обратных перетеканий, увеличения продолжи-

(Окончание статьи. Начало см. на стр. 39)

которое содержит пьезопривод 1 и подложку 2, закрепленную на подложкодержателе 3. На подвижном торце 4 пьезопривода 1 жестко закреплен источник 5 гамма-квантов с возможностью взаимодействия с поглотителем 6 и счетчиком 7, которые закреплены на неподвижном основании 8. Причем источник 5 гамма-квантов и поглотитель 6 идентичны по химическому состоянию мессбауэровских атомов и структуре, а счетчик 7 связан с регистрирующей электронной схемой.

Устройство виброперемещений работает следующим образом.

При измерении вибраций источник 5 гамма-квантов излучает поток гамма-квантов, которые проходят через поглотитель 6, фиксируются счетчиком 7 и регистрирующей электронной схемой 9,

с помощью которой измеряют разность интенсивностей гамма-квантов при вибрирующем и покоящемся торце 4 пьезопривода 1.

Применение предлагаемого устройства виброперемещений обеспечивает возможность измерения амплитуды виброперемещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Слободин М. Ю., Царев Р. Ю. Компьютерная поддержка многоатрибутивных методов выбора и принятия решения при проектировании корпоративных информационно-управляющих систем. СПб.: Инфо-Да, 2004. 223 с.
2. Слободин М. Ю. Многоатрибутивное формирование гарантированных структур информационно-управляющих систем: Дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2004. 140 с.