ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СБОРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИЙ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

10 2014 (171)

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация сборочного производства

Аристова Н.И. Расчет стоимости повторной полуавтоматической сборки годного узла 3

Сборочное оборудование и его элементы

Давыдова Е.В., Прейс В.В., Провоторова К.Н. Математическая модель производительности дискового бункерного загрузочного устройства с тангенциальными профильными гнездами 7

Железникова О.Е., Амелькина С.А., Микаева С.А., Микаева А.С. Установки обеззараживания воздуха в системах вентиляции серии "Мегалит" 11

Кочкин Е.В., Матвеев Е.В., Медарь А.В., Меденков В.И. Автоматизированный стенд компьютерного контроля инерционных характеристик изделий в сборочном производстве 15

Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Голованчиков А.Б., Полупан И.В. Новая конструкция массообменной тарелки с переливным устройством подвесного типа 18

В помощь конструктору, технологу

Микаева С.А., Ашрятов А.А., Косицын А.А. Сборка модуля полупроводниковых источников света и методы его охлаждения 22

Сорокин М.Н., Колтунов И.И., Урманова Д.И. Определение минимального допуска на параметр сопряжения при селективной сборке изделий типа "вал–втулка" при условии полной собираемости 25

Труханов В.М., Крыхтин Ю.И. К вопросу разработки двухпоточного механизма поворота для легких гусеничных машин 29

Широкий А.В., Кристаль М.Г. Компьютерное моделирование потоков предметов производства в автоматических сборочных системах 35

Соединение деталей машин

Терехин Н.А., Ямников А.С., Ямникова О.А. Взаимное влияние погрешностей формы и расположения сопрягаемых поверхностей на относительную площадь пятна контакта 40

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Захаров О.В., Усынин С.М. Центрирование заготовок по окружности минимальной зоны при сборке и обработке 43

Информация

Международный научно-технический семинар "Прогрессивные технологии в машиностроении – ПТМ-2014" 47

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу "Роспечать" — **79748**, Объединенному каталогу "Пресса России" — **84967**, каталогу "Почта России" — **60257**) или непосредственно в издательстве

Тел.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.

E-mail: sborka@mashin.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Сборка в машиностроении, приборостроении", допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.

Председатель редакционного совета

Ф.М. МИТЕНКОВ, *академик РАН*

Редакционный совет

МОСКВА

А.С. ВАСИЛЬЕВ (главный редактор), д.т.н., проф.
М.В. ВАРТАНОВ, д.т.н., проф.
А.А. ГУСЕВ, д.т.н., проф.
И.Н. ЗИНИНА, к.т.н., доц.
Ю.Л. ИВАНОВ, д.т.н.
Ю.Г. КОЗЫРЕВ, к.т.н.
А.И. КУМЕНКО, д.т.н., проф.
А.В. МЕДАРЬ, д.т.н.
Е.А. МИКРИН, д.т.н., акад. РАН
В.В. ПОРОШИН, д.т.н., проф.
Б.В. ШАНДРОВ, к.т.н., проф.
А.А. ШАТИЛОВ, к.т.н., доц.
А.Г. ХОЛОДКОВА, к.т.н., проф.
Г.А. ЯРКОВ, инж.

Региональные советы

БЕЛГОРОД
Н.А. ПЕЛИПЕНКО, д.т.н.

БРЯНСК
О.А. ГОРЛЕНКО, д.т.н., проф.

ВЛАДИВОСТОК
Ю.Н. КУЛЬЧИН, д.т.н., чл.-кор. РАН
А.А. СУПОНЯ, к.т.н.

ВОЛГОГРАД
В.Г. КАРАБАНЬ, к.т.н., доц.
М.Г. КРИСТАЛЬ, д.т.н., проф.
В.И. ЛЫСАК, д.т.н., проф., чл.-кор. РАН
В.М. ТРУХАНОВ, д.т.н., проф.

ИЖЕВСК
И.В. АБРАМОВ, д.т.н., проф.
Б.А. ЯКИМОВИЧ, д.т.н., проф.
В.Г. ОСЕТРОВ, д.т.н., проф.

КАЗАНЬ
Р.И. АДГАМОВ, д.т.н., проф.

КОВРОВ
Ю.З. ЖИТНИКОВ, д.т.н., проф.

КОЛОМНА
Ю.Д. АМИРОВ, д.т.н., проф.

КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ
Б.Н. МАРЬИН, д.т.н.
В.И. ШПОРТ, д.т.н., проф.
А.М. ШПИЛЕВ, д.т.н., проф.

НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ
С.В. ДМИТРИЕВ, д.т.н., проф.
Р.М. ХИСАМУТДИНОВ, к.т.н.

НИЖНИЙ НОВГОРОД
С.В. ГОЛУБЕВ, инж.

ОМСК
В.Н. КОСТЮКОВ, д.т.н.

ОРЕЛ
Ю.С. СТЕПАНОВ, д.т.н., проф.
Г.А. ХАРЛАМОВ, д.т.н., проф.

ОРЕНБУРГ
А.Н. ПОЛЯКОВ, д.т.н., проф.
А.И. СЕРДЮК, д.т.н., проф.
А.П. ФОТ, д.т.н., проф.

РЫБИНСК
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ, д.т.н., проф.
В.В. НЕПОМИЛУЕВ, д.т.н., проф.
А.Н. СЕМЕНОВ, д.т.н., проф.

САМАРА
М.А. ЕВДОКИМОВ, д.п.н., проф.
Ю.А. ВАШУКОВ, к.т.н., доц.
Г.А. КУЛАКОВ, д.т.н.
В.А. НИКОЛАЕВ, к.т.н., проф.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
В.Ф. КУЗЬМИН, к.т.н.
Е.В. ШАЛОБАЕВ, к.т.н., проф.

СЕВАСТОПОЛЬ
Е.Л. ПЕРВУХИНА, д.т.н., проф.

ТОЛЬЯТТИ
А.И. РЫЖКОВ, к.т.н.

ТУЛА
В.В. ПРЕЙС, д.т.н., проф.

ХАБАРОВСК
В.А. ЛАШКО, д.т.н., проф.

Украина

КИЕВ
А.С. ЗЕНКИН, д.т.н., проф.
В.А. МАТВИЕНКО, к.т.н.

ДОНЕЦК
А.Н. МИХАЙЛОВ, д.т.н., проф.

Беларусь

МИНСК
В.Л. БАСИНЮК, д.т.н.
М.Л. ХЕЙФЕЦ, д.т.н., проф.

ГОМЕЛЬ
В.Е. СТАРЖИНСКИЙ, д.т.н.

ПОЛЬША
П. ЛЕБКОВСКИ, д.т.н.
Е. ЛУНАРСКИ, д.т.н.

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

Ю.А. ЧИЧОВ, И.М. ГЛИКМАН

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1747 от 25 февраля 2000 г.

© Издательство "Машиностроение", "Сборка в машиностроении, приборостроении", 2014

THE MONTHLY NEWSMAGAZINE FOR SCIENTISTS AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

THE MAGAZINE IS PUBLISHED UNDER THE PATRONAGE OF INTERNATIONAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERS

THE JOURNAL IS AMONG THOSE APPROVED BY AAC RF FOR DISSERTATION PUBLICATION

10 2014 (171)

CONTENTS

Economy and the organization of assembly

Aristova N.I. Calculating the cost of reassembly of suitable semi-automatic assembly . . 3

Production tools and machinery for assembly

Davidova E.V., Preys V.V., Provotorova K.N. The mathematical model of the productivity of the disk hopper feeding device with tangential profile sockets . . . 7

Zheleznikova O.E., Amelkina S.A., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S. Installation of air disinfection in ventilation systems of a series "Megalit" 11

Kothkin E.V., Matveev E.V., Medar A.V., Medenkov V.I. Automatized stand computer control inertial product characteristic in assembly manufacture 15

Shibitova N.V., Shibitov N.S., Golovanchikov A.B., Polupan I.V. New design of mass exchange plates with overflow device suspended type. 18

Industrial and design engineer's aid

Mikaeva S.A., Ashratov A.A., Kositsyn A.A. The extension assembly of semiconductor light sources and methods of its cooling. 22

Sorokin M.N., Koltunov I.I., Urmanova D.I. Definition of the minimum tolerance on output parameter at selective assembly of "shaft-plug" products on condition of a full collecting. 25

Trukhanov V.M., Krikhtin Yu.I. The question of creating a double-flow mechanism for turning for light tracked vehicles 29

Shiroki A.V., Kristal M.G. Computer simulation of production lines in automatic assembly production systems 35

Connections of details mashines

Terekhin N.A., Yamnikov A.S., Yamnikova O.A. Mutual influence of errors of the form and arrangement interfaced surfaces on the relative area of the spot of contact 40

Quality assurance. Testing. Monitoring

Zakharov O.V., Usynin S.M. The centering of workpieces circumferentially minimum zone tolerance during assembly and processing 43

Information

International scientific-technical seminar "Innovative technologies in engineering LSM–2014" 47

Journal is distributed on subscription, whith can be issues in any post office (index on the catalogue of the "Rospechat" agency **— 79748**, the union catalogue "Pressa Rossii" — **84967**, the catalogue "Pochta Rossii" — **60257**) or directly in editorial of the journal.
Ph.: (499) 268-38-42; ph./fax: 268-85-26. Fax: (499) 269-48-97.
http://www. mashin.ru E-mail: sborka@machin.ru
Labor Red Banner Order Public Corporation "Publishing House "Mashine Building"
107076, Moscow, Stromynsky per., 4
The reference to the Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making Journal during reprint of the materials is mandatory.
Advertisers are responsible for the content of their advertisements.

Chair of Editorial Advisory Board —
Member of Russian Academy of Science
F.M. MITENKOV

Editors

MOSCOW
A.S. VASIL'EV (Chief editor)
M.V. VARTANOV
A.A. GUSEV
I.N. ZININA
Yu.L. IVANOV
Yu.G. KOZYREV
A.I. KUMENKO
A.V. MEDAR'
E.A. MIKRIN
V.V. POROSHIN
B.V. SHANDROV
A.A. SHATILOV
A.G. KHOLODKOVA
G.A. YARKOV

Regional editors

BELGOROD
N.A. PELIPENKO
BRIANSK
O.A. GORLENKO
VLADIVOSTOK
Yu.N. KULSHIN
A.A. SUPONIA
VOLGOGRAD
V.G. KARABAN'
M.G. KRISTAL'
V.I. LYSAK
V.M. TRUKHANOV
IZHEVSK
I.V. ABRAMOV
B.A. YAKIMOVICH
V.G. OSETROV
KAZAN
R.I. ADGAMOV
KOVROV
Yu.Z. ZHITNIKOV
KOLOMNA
Yu.D. AMIROV
KOMSOMOLSK-ON-AMUR
B.N. MARJIN
V.I. SCHPORT
A.M. SHPILEV
NABEREZHNYE CHELNY
S.V. DMITRIEV
R.M. KHISAMUTDINOV
NIZHNY NOVGOROD
S.V. GOLUBEV
OMSK
V.N. KOSTIUKOV
OREL
Yu.S. STEPANOV
G.A. KHARLAMOV
ORENBURG
A.N. POLYAKOV
A.I. SERDUK
A.P. FOT
RYBINSK
V.F. BEZIAZYSHNY
V.V. NEPOMILUEV
A.N. SEMENOV
SAMARA
M.A. EVDOKIMOV
Yu.A. VASHUKOV
G.A. KULAKOV
V.A. NIKOLAEV
ST.-PETERSBURG
V.F. KUZMIN
E.V. SHALOBAEV
SEVASTOPOL
E.L. PERVUKHINA
TOLIATI
A.I. RYZHKOV
TULA
V.V. PREYS
KHABAROVSK
V.A. LASHKO

Ukraine
KIEV
A.S. ZENKIN
V.A. MATVIENKO
DONETSK
A.N. MIKHAILOV

Belarus
MINSK
V.L. BASINJUK
M.L. KHEIFETZ
GOMEL
V.E. STARZHINSKI
POLAND
P.LEBKOVSKI
E. LUNARSKI

Executive editors of current issue:
Yu.A. CHICHOV, I.M. GLIKMAN

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele-radio Broadcasting and Mass Communications Media.
Registration certificate ПИ № 77-1747, February 25, 2000 Free price

© "Mashinostroenie Publishers", "Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making", 2014

УДК 658.5.012.7

Н.И. Аристова, *канд. техн. наук*
(Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, Москва)
E-mail: avtprom@yandex.ru

Расчет стоимости повторной полуавтоматической сборки годного узла

Предложен математический аппарат, позволяющий оценить время сборки узла на предприятии, где в сборке узла участвуют человек и автомат, и предусмотрена процедура пересборки в случае выявления брака. Решена задача поиска оптимального уровня автоматизации сборочного производства, минимизирующего время сборки годного узла. Показано, что для достижения указанной цели в ходе сборки узла все технологические операции одного вида должен выполнять или целиком робот, или человек. При этом необходимо учитывать вероятность правильного выполнения операции человеком и/или автоматом и стоимость деталей узла.

A mathematical apparatus, allowing to estimate the assembly node in the enterprise, where assembling the people involved and the machine, and a procedure for rebuilding in case of marriage. Solve the problem of finding the optimal level of automation assembly production, minimizing the assembly of suitable host. It is shown that to achieve this goal during the assembly site all technological operations of one kind or shall perform the entire robot or human. It is necessary to take into account the probability of correct operation person and / or the cost of parts and machine assembly.

Ключевые слова: узел, технологическая операция, вероятность брака, автоматизация сборки, автоматизация технологической операции, повторная сборка.

Keywords: assembly, manufacturing operation, probability of marriage, assembly automation, automation technology operations, reassembly.

Введение

Зарождение и становление механизации и автоматизации начиналось с появления механических устройств, проходило через развитие технологий и методов управления и пришло к сложным "интеллектуальным" робототехническим устройствам и автоматизированным установкам, которые значительно повысили производительность предприятий, устранили ручной труд и повысили конкурентоспособность выпускаемой продукции и предприятия в целом [1]. Рассмотрим современное дискретное производство, на котором технологические операции по производству готового изделия могут выполнять люди и роботы [2].

Введем формальное описание технологических операций [3]. Будем характеризовать каждую технологическую операцию двумя параметрами: временем выполнения a и вероятностью правильного выполнения q (вероятность брака, соответственно, будет равна $1 - q$). Этими параметрами будем определять любую технологическую операцию, независимо от ее физического содержания. Будем предполагать также, что для изготовления изделия достаточно выполнить m разных видов технологических операций.

Рассмотрим алгоритм вычисления времени изготовления узла – основного элемента всех сложных изделий.

Полуавтоматическое изготовление узла

В статье [3] был рассмотрен алгоритм расчета стоимости узла на сборочном производстве, где для выполнения одних и тех же технологических операций используется труд людей и роботы.

Было показано, что среднее время изготовления узла на таком полуавтоматическом производстве можно вычислить по формуле

$$\bar{C}(\alpha) = \frac{\sum_{j=1}^{m}(1-\alpha_j)a_j n_j + \sum_{j=1}^{m}\alpha_j n_j \lambda b_j + \sum_{j=1}^{m} n_j d_j}{\prod_{j=1}^{m} p_j^{\alpha_j n_j} q_j^{(1-\alpha_j)n_j}}, \quad (1)$$

где m – общее число видов технологических операций, используемых при сборке узла;

α_j – степень автоматизации операции j-го вида, которая может принимать только значения в диапазоне;

a_j – время, затрачиваемое человеком на выполнение операции j-го вида;

n_j – общее число операций j-го вида, необходимое для изготовления узла;

λ – коэффициент для пересчета времени работы робота во время работы рабочего;

b_j – время, затрачиваемое роботом на выполнение операции j-го вида;

d_j – время, затраченное рабочим ранее на изготовление j-й детали для сборки;

p_j – вероятность правильного выполнения операции j-го вида роботом;

q_j – вероятность правильного выполнения операции j-го вида человеком.

Степень автоматизации находится в пределах

$$0 \leqslant \alpha_j \leqslant 1 \quad (j = 1, 2, ..., m). \tag{2}$$

При полной автоматизации, когда все n_j операций j-го вида выполняет робот, $\alpha_j = 1$. На полностью неавтоматизированном предприятии все операции выполняет человек и $\alpha_j = 0$.

Первая сумма в формуле (1) описывает прямые затраты труда человека на производство данного узла, вторая сумма – косвенные затраты труда человека на изготовление узла.

Как видно из формулы (1), стоимость узла монотонно возрастает при увеличении стоимости деталей d_j. Это очевидная зависимость. Однако оказалось, что стоимость деталей может существенно изменить стратегию сборки, что особенно важно при автоматизированной сборке.

Предположим, что все элементы собираемого узла заведомо годны и контроль позволяет с вероятностью, равной 1, определить бракованный узел. Тогда возможны две стратегии:

- бракованный узел выбрасывают;
- бракованный узел разбирают на элементы и заново собирают и контролируют.

Наша задача определить, какая из этих стратегий и при каких условиях позволяет изготовить более дешевый и одновременно годный узел.

Как будет показано, первая стратегия выгодна, как правило, при дешевых деталях, вторая – при дорогих. Докажем это.

Повторная полуавтоматическая сборка узла

Рассмотрим подробнее алгоритм выбора стратегии сборки.

Предварительно обозначим:

$$Q(\alpha) = \prod_j^m q_j^{(1-\alpha_j)n_j} \quad \text{– вероятность правильной сборки узла рабочим;} \tag{3}$$

$$P(\alpha) = \prod_j^m p_j^{\alpha_j n_j} \quad \text{– вероятность правильной сборки узла роботом;} \tag{4}$$

$$D = \sum_j^m d_j n_j \quad \text{– стоимость деталей, из которых собирается узел;} \tag{5}$$

$$A(\alpha) = \sum_j^m (1-\alpha_j) a_j n_j \quad \text{– время сборки узла рабочим;} \tag{6}$$

$$B(\alpha) = \sum_j^m \alpha_j b_j \lambda b_j \quad \text{– время сборки узла роботом.} \tag{7}$$

Тогда формула (1) с учетом выражений (3)–(7) примет вид

$$\bar{C}(\alpha) = \frac{A(\alpha) + B(\alpha) + D}{P(\alpha)Q(\alpha)}. \tag{8}$$

Для примера рассмотрим случай, когда для изготовления узла используются только два типа технологических операций, и соответственно вектор автоматизации α содержит две компоненты. Как видно из таблицы, минимальная стоимость достигается, если эти компоненты суть 0 или 1 – всего четыре варианта.

Параметры сборки узла

Параметр	$\alpha(\alpha_1, \alpha_2)$			
	00	01	10	11
$A(\alpha_1, \alpha_2)$	$(a_1 + a_2)n$	$a_1 n$	$a_2 n$	0
$B(\alpha_1, \alpha_2)$	0	$b_2 n\lambda$	$b_1 n\lambda$	$(b_1 + b_2)n\lambda$
$Q(\alpha_1, \alpha_2)$	$q_1^n q_2^n$	q_1^n	q_2^n	1
$P(\alpha_1, \alpha_2)$	1	p_2^n	p_1^n	$p_1^n p_2^n$

Используя формулу (8), выпишем четыре варианта вычисления стоимости узла для разных

способов автоматизации двух технологических операций:

$$\bar{C}_1(00) = n\frac{a_1 + a_2 + d}{q_1^n q_2^n}; \quad (9)$$

$$\bar{C}_1(01) = n\frac{a_1 + b_2\lambda + d}{q_1^n p_2^n}; \quad (10)$$

$$\bar{C}_1(10) = n\frac{a_2 + b_1\lambda + d}{q_2^n p_1^n}; \quad (11)$$

$$\bar{C}_1(00) = n\frac{(b_1 + b_2)\lambda + d}{p_1^n p_2^n}. \quad (12)$$

Рассмотрим алгоритм повторной сборки. Узел собирают и контролируют. Если узел признан годным, то процесс сборки заканчивают. Если узел признан плохим, то его разбирают, снова собирают и снова контролируют. Если узел признан годным, то процесс сборки заканчивают. Если узел признан плохим, то процедура повторяется.

Относительно контроля будем предполагать, что он идеален, т. е. годный узел признается годным с вероятностью 1 и негодный признается негодным с вероятностью 1. Брак при сборке будем считать статистически независимым.

Если проведено s процедур сборки, то вероятность того, что хотя бы в одной процедуре узел будет признан годным

$$Q_s = 1 - (1 - Q)^s. \quad (13)$$

Время разборки будем считать равным времени сборки. Тогда средняя стоимость годного узла после s процедур сборки/разборки

$$\bar{C}_s = \frac{(2s-1)(A+B)+D}{1-(1-PQ)^s}. \quad (14)$$

Для одной дополнительной сборки ($s = 2$) получим

$$\bar{C}_2(\alpha) = \frac{3\left[A(\alpha) + B(\alpha)\right] + D}{P(\alpha)Q(\alpha)\left[2 - P(\alpha)Q(\alpha)\right]}, \quad (15)$$

а для параметров из таблицы получим стоимости узла с пересборкой для различных схем автоматизации:

$$\bar{C}_2(00) = \frac{3(a_1 + a_2)n + D}{q_1^n q_2^n (2 - q_1^n q_2^n)}; \quad (16)$$

$$\bar{C}_2(01) = \frac{3(a_1 n + b_2 n\lambda) + D}{p_2^n q_1^n (2 - p_2^n q_1^n)}; \quad (17)$$

$$\bar{C}_2(10) = \frac{3(a_2 n + b_1 n\lambda) + D}{p_1^n q_2^n (2 - p_1^n q_2^n)}; \quad (18)$$

$$\bar{C}_2(11) = \frac{3(b_1 + b_2)n\lambda + D}{p_1^n p_2^n (2 - p_1^n p_2^n)}. \quad (19)$$

Найдем условия, при которых повторная сборка выгодна, т. е. приводит к снижению средней стоимости узла. Для одной повторной сборки это условие выглядит как

$$\bar{C}_1 > \bar{C}_2. \quad (20)$$

Используя формулу (14), выпишем подробно условие выгодности повторной сборки:

$$\frac{A + B + D}{PQ} > \frac{3A + 3B + D}{PQ(2 - PQ)}. \quad (21)$$

Сформулируем выводы, которые следует из анализа неравенства (21).

1. Если изготовление узла происходит без ошибок (т. е. $PQ = 1$), то повторная сборка всегда вредна, так как увеличивает среднюю стоимость годного узла.

Действительно, подставляя в неравенство (21) значение $PQ = 1$, получим, что неравенство не выполняется никогда.

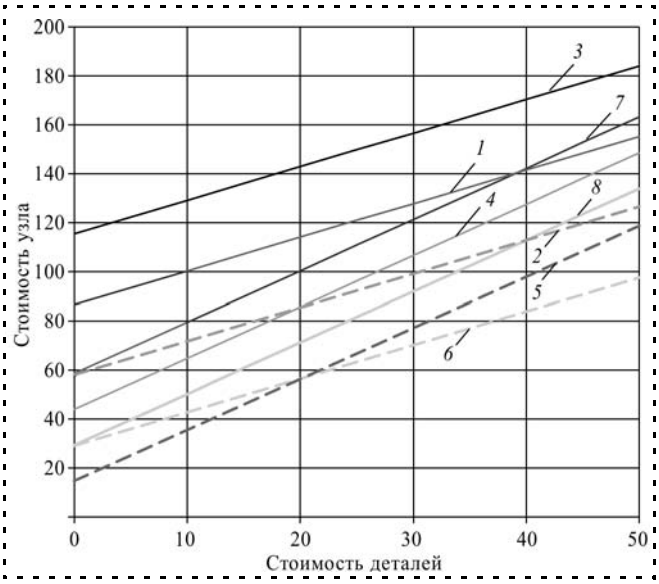
2. Если изготовление узла происходит из бесплатных деталей (т. е. $D = 1$), то повторная сборка всегда вредна, так как увеличивает среднюю стоимость годного узла.

Для более тонкого анализа условия выгодности повторной сборки (21) преобразуем его к следующему виду:

$$\rho < \frac{1 - PQ}{1 + PQ}, \quad (22)$$

где $\rho = (A + B)/D$ – отношение стоимости сборки к стоимости деталей.

Если в неравенстве (22) знак "меньше" заменить на "равно", то получим уравнение для определения границы, разделяющей область выгодного и невыгодного применения повторной сборки.



Зависимость стоимости узла от стоимости деталей:
1 – $C_1(00)$; *2* – $C_1(01)$; *3* – $C_1(10)$; *4* – $C_1(11)$; *5* – $C_2(00)$; *6* – $C_2(01)$; *7* – $C_2(10)$; *8* – $C_2(11)$

Пример. Пусть для изготовления узла требуется выполнить технологические операции двух видов со следующими параметрами: $a_1 = 1$; $a_2 = 1$; $b_1 = 1$; $b_2 = 7$; $n = 7$; $\lambda = 1$; $p_1 = 0{,}9$; $p_2 = 0{,}9$; $q_1 = 0{,}9$; $q_2 = 0{,}9$. Результаты вычислений приведены на рисунке.

При получении зависимостей, показанных на рисунке, стоимость $C_1(\alpha)$ вычислялась по формулам (9)–(11); $C_2(\alpha)$ – по формулам (16)–(19) для параметров сборки: $a_1 = 1$; $a_2 = 1$; $b_1 = 1$; $b_2 = 7$; $n = 7$; $\lambda = 1$; $p_1 = 0{,}9$; $p_2 = 0{,}9$; $q_1 = 0{,}9$; $q_2 = 0{,}9$.

Из рисунка видно, что наименьшая стоимость сборки и пересборки узла достигается при стратегии автоматизации, соответствующей $C(0; 1)$. Из рисунка также следует, что повторная пересборка выгодна при стоимости деталей $d > 20$, при стоимости деталей в диапазоне 0...19 повторная пересборка вредна. В этом случае выгоднее собрать новый узел из новых деталей. Границей, разделяющей зоны выгодной и невыгодной пересборки, является значение $d = 20$.

Выводы

Найдены условия, при которых повторная сборка снижает стоимость узла при полуавтоматическом изготовлении, если заданы параметры выполнения технологических операций роботом и человеком (времена выполнения и вероятность брака).

Найденные условия позволяют определить оптимальный уровень автоматизации производства.

Библиографический список

1. **Иванов А.А.** Промышленные роботы в сборочном производстве // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2013. № 1. С. 19–22.

2. **Чадеев В.М.** Стратегия автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2003. № 2. С. 7–8.

3. **Аристова Н.И.** Расчет стоимости полуавтоматической сборки годного узла // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 6. С. 3–7.

ООО "Издательство Машиностроение"
продолжает подписку на журнал

"СБОРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ"

☑ *За наличный и безналичный расчет.*
☑ *С любого номера и на любой срок.*
☑ *Без почтовых наценок.*

Присылайте заказ и обращайтесь за дополнительной информацией в отдел продаж, маркетинга и рекламы:

107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4,
Тел.: (499) 269-66-00, 269-52-98, факс: (499) 269-48-97
e-mail: realiz@mashin.ru, www.mashin.ru

УДК 658.562:621.9

Е.В. Давыдова, *канд. техн. наук,* **В.В. Прейс**, *д-р техн. наук,* **К.Н. Провоторова**
(Тульский государственный университет)
E-mail: elen-davidova@mail.ru

Математическая модель производительности дискового бункерного загрузочного устройства с тангенциальными профильными гнездами

Рассмотрена математическая модель производительности механического дискового бункерного загрузочного устройства с тангенциальными профильными гнездами для деталей формы тел вращения с явно выраженной асимметрией торцов.

The mathematical model of productivity of the mechanical disk hopper feeding device with tangential profile socket for details forms of rotary bodies with a pronounced asymmetry ends is considered.

Ключевые слова: бункерное загрузочное устройство, производительность, автоматическая загрузка.

Keywords: hopper feeding device, productivity, automatic feeding.

Механическое дисковое бункерное загрузочное устройство (БЗУ) с тангенциальными профильными гнездами (рис. 1) предназначено для загрузки стержневых осесимметричных деталей формы тел вращения, составленных из цилиндрической и конической частей, с явно выраженной асимметрией по торцам при отношении длины детали к диаметру ее цилиндрической части не более трех. В данном БЗУ функции захвата и ориентирования деталей совмещены, а ориентирование реализовано пассивным способом.

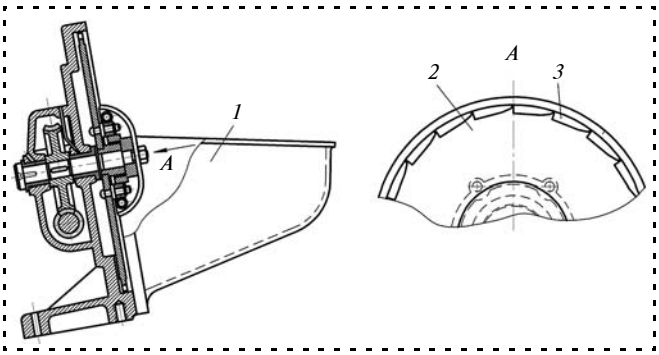


Рис. 1. Механическое дисковое бункерное загрузочное устройство с тангенциальными профильными гнездами

Захватывающие органы – гнезда *3* расположены тангенциально по периферии вращающегося диска *2* и выполнены в соответствии с конфигурацией внешнего контура детали. Детали, засыпанные в бункер *1*, при вращении диска *2* могут запасть в гнезда *3* в двух положениях (рис. 2): в неправильном положении I и в правильном положении II. В первом случае детали значительно выступают из гнезд, а во втором – помещаются в гнездах полностью и надежно удерживаются в них. Поэтому детали, запавшие в гнезда в неправильном положении I, в верхней части БЗУ выпадают из гнезд под действием силы тяжести обратно в бункер, а правильно запавшие детали переносятся к приемнику (на рис. 1 не показан) и выдаются из БЗУ.

Для надежного захвата детали гнездом, движущимся с постоянной окружной скоростью v (см. рис. 2), необходимо, чтобы длина гнезда была больше длины детали l на величину Δt, называемую зазором по шагу. Величина Δt должна быть такой, чтобы при движении гнезда на протяжении пути Δt деталь успела бы запасть в гнездо на определенную глубину, обеспечивающую его надежный захват в положении II. Для механических дис-

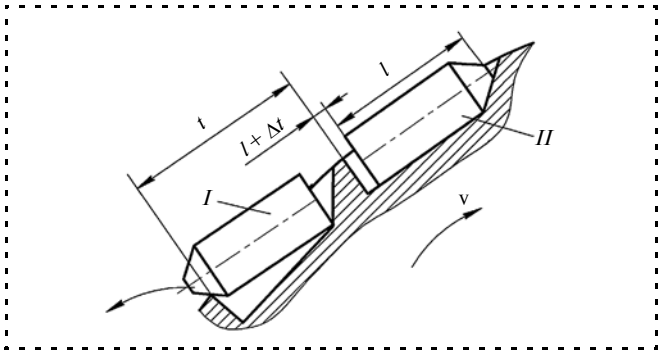


Рис. 2. Положения деталей в тангенциальных профильных гнездах бункерного загрузочного устройства

ковых БЗУ с тангенциальными захватывающими органами $\Delta t = (0{,}1...0{,}2)l$.

Математическую модель производительности механического дискового БЗУ с радиальными профильными гнездами, в отличие от предыдущих работ [1–4], запишем в несколько другом виде:

$$\Pi_{\text{БЗУ}} = 30\frac{\text{v}u}{\pi R}(\eta_{\max} - a\text{v}^4), \qquad (1)$$

где v – окружная скорость вращающегося диска БЗУ по оси захватывающих органов;

u – число захватывающих органов;

R – радиус диска БЗУ по оси захватывающих органов;

$\eta_{\max}$ – максимальное значение коэффициента выдачи, соответствующее окружной скорости диска с захватывающими органами, стремящейся к нулю;

a – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности БЗУ.

Коэффициент выдачи $\eta_{\max}$ по аналогии с работами [1, 2] представим в виде произведения двух вероятностей

$$\eta_{\max} = p_{i_p} p_{\text{с}}, \qquad (2)$$

где p_{i_p} – вероятность нахождения детали на пути захватывающего органа в положении, благоприятном для захвата;

$p_{\text{с}}$ – вероятность того, что захвату не помешает взаимная сцепляемость деталей.

Для определения p_{i_p} используем выражение

$$p_{i_p} = 1 - \left(1 - p_{i_{p_{\max}}}\right)^m \left(1 - p_{i_{p_{\min}}}\right)^{r-m}, \qquad (3)$$

где $p_{i_{p_{\max}}}$, $p_{i_{p_{\min}}}$ – максимальная и минимальная вероятности нахождения детали на пути захватывающего органа в положении, благоприятном для захвата;

m – показатель, зависящий от длины участка в нижней части бункера БЗУ, свободного от деталей, $m = 1...3$;

r – число деталей, которые могут одновременно поместиться в зоне захвата на пути захватывающих органов ($r = 0{,}5(r_{\max} + r_{\min})$; $r_{\max} = \dfrac{\pi\left(R - d_1\right)}{l}$; $r_{\min} = \dfrac{2R}{l}$; d_1 – длина цилиндрической части детали).

Максимальную и минимальную вероятности нахождения детали на пути захватывающего органа в положении, благоприятном для захвата, определим по выражениям:

$$p_{i_{p_{\max}}} = p_k \frac{1}{\pi}\left[\begin{array}{l} 180^\circ - \arccos\left(\dfrac{x_{\text{ц.м}}}{\sqrt{x_{\text{ц.м}}^2 + 0{,}25d_1^2}}\right) - \\ -\arccos\left(\dfrac{l_1 - x_{\text{ц.м}}}{\sqrt{\left(l_1 - x_{\text{ц.м}}\right)^2 + 0{,}25d_1^2}}\right) - \\ -\,2\arcsin\dfrac{\mu}{\text{tg}\alpha_{\text{бун}}} \end{array}\right], \qquad (4)$$

$$p_{i\,p_{\min}} = p_k \frac{1}{\pi}\left(\arcsin\frac{\Delta t + l}{\sqrt{{l_1}^2 + {d_1}^2}} - \text{arctg}\frac{d_1}{l_1}\right), \qquad (5)$$

где p_k – вероятность того, что деталь ляжет на поверхность вращающегося диска образующей своей цилиндрической части;

l_1 – длина цилиндрической части детали;

$x_{\text{ц.м}}$ – расстояние координаты центра масс детали до ее цилиндрического торца;

$\alpha_{\text{бун}}$ – угол наклона дна бункера к горизонту;

μ – коэффициент трения деталей об элементы конструкции БЗУ.

Для стержневых осесимметричных деталей с асимметрией по торцам вероятность p_k определяется выражением

$$p_k = \frac{x_{\text{ц.м}}}{\sqrt{4x_{\text{ц.м}}^2 + {d_1}^2}} + \frac{l - x_{\text{ц.м}}}{\sqrt{4\left(l - x_{\text{ц.м}}\right)^2 + {d_2}^2}}, \qquad (6)$$

где d_2 – диаметр торца детали со стороны ее конической части (в случае заостренной конической части $d_2 = 0$).

Вероятность $p_{\text{с}}$ для стержневых деталей, внешняя поверхность которых приближается к ци-

линдрической, может быть определена по известной зависимости

$$p_c = 1 - \frac{\operatorname{arctg}\mu}{\pi}\frac{0{,}9 + 1{,}4\dfrac{l}{d_1}}{1 + 2\dfrac{l}{d_1}}. \qquad (7)$$

Из выражения (1) следует, что при $\Pi_{БЗУ} = 0$ коэффициент

$$a = \frac{\eta_{max}}{v_{max}}, \qquad (8)$$

где v_{max} – максимальная окружная скорость диска БЗУ с захватывающими органами – гнездами, при которой деталь не сможет запасть в гнездо на глубину Δh, необходимую для ее надежного захвата (см. рис. 2), за время прохождения центром масс детали пути Δs.

Будем считать, что процесс западания детали в тангенциальное гнездо происходит путем ее поворота вокруг точки B края гнезда (рис. 3) до касания торцом дна гнезда. Пользуясь расчетной схемой, можем записать:

$$\Delta h = AB + BC;\ AB = 0{,}5d;\ BC = b\sin\beta;$$

$$b = (1 - k)l - 0{,}5d\operatorname{ctg}\beta, \text{ где } k = \frac{x_{ц.м}}{l},$$

Тогда $BC = [(1-k)l - 0{,}5d\operatorname{ctg}\beta]\sin\beta = (1-k)l\sin\beta - 0{,}5d\cos\beta$.

Учитывая, что $\sin\beta = \dfrac{h_1}{l}$ и $\cos\beta = \sqrt{1 - \dfrac{h_1^2}{l^2}}$, получим $BC = (1-k)h_1 - 0{,}5d\sqrt{1 - \dfrac{h_1^2}{l^2}}$.

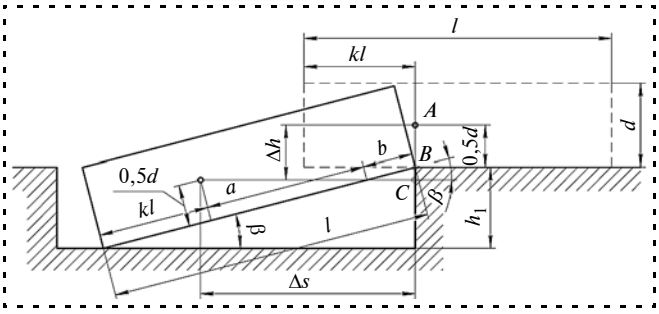


Рис. 3. Расчетная схема западания детали в тангенциальное гнездо бункерного загрузочного устройства

В результате получим

$$\Delta h = 0{,}5d\left(1 - \sqrt{1 - \frac{h_1^2}{l^2}}\right) + (1-k)h_1, \qquad (9)$$

$$\Delta s = \sqrt{l^2 - h_1^2} - kl, \qquad (10)$$

где h_1 – глубина гнезда.

Используя формулы (9)–(10), запишем выражение для максимальной окружной скорости диска БЗУ с захватывающими органами, при которой деталь не сможет запасть в гнездо

$$v_{max} = \Delta s\sqrt{\frac{g}{2\Delta h}} = \left(\sqrt{l^2 - h_1^2} - kl\right) \times \sqrt{\frac{g}{d\left(1 - \sqrt{1 - \dfrac{h_1^2}{l^2}}\right) + (1-k)h_1}}. \qquad (11)$$

Таким образом, математическая модель производительности дискового БЗУ с тангенциальными профильными гнездами представлена выражениями (1)–(8), (11).

Верификация математической модели производительности БЗУ была проведена с использованием результатов экспериментальных исследований, полученных ранее В.Ф. Прейсом [5] для БЗУ с параметрами: $\alpha_{бун} = 30°$, $R = 0{,}13$ м, $u = 20$ и деталей, имеющих конический торец, с габаритными размерами $l = 0{,}035$ м, $d_1 = 0{,}008$ м.

Максимальные значения коэффициента выдачи η_{max} и окружной скорости v_{max} диска с гнездами, полученные из предложенной математической модели, и соответствующие им экспериментальные значения, полученные В.Ф. Прейсом путем аппроксимации экспериментальных данных, практически близки, что видно из таблицы.

Результаты верификации математической модели производительности бункерного загрузочного устройства с тангенциальными профильными гнездами

Вид данных	η_{max}	v_{max}	a
Экспериментальные данные (по В.Ф. Прейсу)	0,350	1,007	0,340
Теоретические данные (по математической модели)	0,374	0,986	0,396

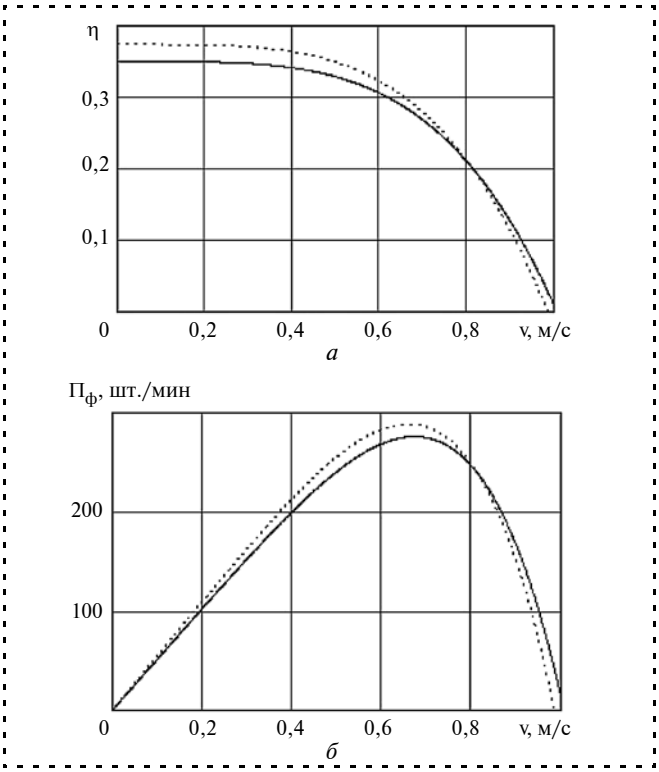


Рис. 4. Зависимости коэффициента выдачи η (*а*) и фактической производительности $П_ф$ (*б*) бункерного загрузочного устройства с тангенциальными профильными гнездами от окружной скорости v захватывающих органов:

—— – экспериментальные зависимости по В.Ф. Прейсу; ····· – теоретические зависимости по предложенной математической модели

Графики теоретических и экспериментальных зависимостей коэффициента выдачи и фактической производительности БЗУ с тангенциальными профильными гнездами от окружной скорости захватывающих органов представлены на рис. 4. Визуально зависимости показывают хорошее совпадение. Относительное отклонение теоретических от экспериментальных значений производительности по всему диапазону значений окружной скорости диска с захватывающими органами не превышает 10 %. Так как случайные колебания производительности БЗУ могут достигать 25 % от среднего значения, то такое отклонение допустимо.

Предложенная математическая модель адекватно описывает закономерность изменения производительности БЗУ с тангенциальными профильными гнездами в зависимости от его основных кинематических и конструктивных параметров и параметров, характеризующих деталь, что позволяет рекомендовать ее для практических расчетов при проектировании БЗУ на заданную производительность.

Библиографический список

1. **Давыдова Е.В., Прейс В.В.** Теоретические основы проектирования механических дисковых бункерных загрузочных устройств // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 7. В 2 ч. Ч. 1. С. 10–20.

2. **Давыдова Е.В., Прейс В.В.** Аналитическая модель производительности бункерного загрузочного устройства с радиальными гнездами и кольцевым ориентатором // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2009. № 11. С. 23–30.

3. **Давыдова Е.В., Прейс В.В.** Аналитическая модель производительности вертикального бункерного загрузочного устройства // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2010. № 9. С. 27–31.

4. **Голубенко В.В., Давыдова Е.В., Прейс В.В.** Аналитическая модель производительности дискового зубчатого бункерного загрузочного устройства с кольцевым ориентатором // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. Вып. 6. В 2 ч. Ч. 2. С. 104–113.

5. **Автоматизация** загрузки прессов штучными заготовками / В.Ф. Прейс и др. Под ред. В.Ф. Прейса. М.: Машиностроение, 1975. 280 с.

УДК 628.91

О.Е. Железникова, С.А. Амелькина, *канд-ты техн. наук*
(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева),
С.А. Микаева, *д-р техн. наук,* **А.С. Микаева**, *канд. экон. наук*
(Московский государственный университет приборостроения и информатики)
E-mail: mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

Установки обеззараживания воздуха в системах вентиляции серии "Мегалит"

Дано описание установок обеззараживания воздуха серии "Мегалит". Приведены основные параметры и технические данные, общий вид и габаритные размеры установок. Представлена кривая бактерицидного действия ультрафиолетового излучения.

The description of the plants of disinfection of air of a series "Megalit". The basic parameters and technical data General appearance and overall dimensions of the units. Presents curve of bactericidal action of ultraviolet radiation.

Ключевые слова: установка, обеззараживание, ультрафиолетовое излучение, лампа.

Keywords: installation, disinfection, ultraviolet radiation, lamp.

Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) – часть солнечного спектра в диапазоне длин волн от 100 до 400 нм [1]. Максимальная эффективность инактивации микроорганизмов наблюдается при длине волны излучения от 250 до 270 нм.

Установки обеззараживания воздуха "Мегалит" (далее – УОВ), предназначены для обеззараживания воздуха УФ-излучением в системах приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования помещений общеобразовательных, пищевых, торговых, производственных и прочих общественных организаций в присутствии людей.

Спроектированы УОВ в соответствии с требованиями Р 3.5.1904–04 Минздрава РФ "Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях". УОВ обеспечивают снижение микробной обсемененности воздуха и препятствуют распространению воздушно-капельной инфекции.

В состав УОВ входят корпус из коррозионностойкой стали, бактерицидные УФ-лампы, электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) и элементы индикации и контроля. Опционально УОВ комплектуют пультом управления, индикации и контроля.

В зависимости от типа корпуса и способа монтажа в вентиляционный канал УОВ разделяют на бактерицидные ячейки и УФ-модули.

В бактерицидных ячейках УФ-лампы крепят снаружи корпуса и защищают каркасом из прутка. Бактерицидные ячейки врезают в существующий вентиляционный короб, в УФ-модулях бактерицидные лампы закреплены внутри корпуса, представляющего из себя короб из коррозионно-стойкой стали с фланцами для крепления к вентиляционным коробам. Монтируют УФ-модули в вентиляционный канал посредством переходников – конфузора и диффузора.

В качестве источника бактерицидного излучения в УОВ используют безозоновые газоразрядные амальгамные лампы низкого давления – УФ-лампы. Электрическая мощность бактерицидной лампы составляет 235 Вт, мощность бактерицидного УФ-излучения – 87 Вт в начале срока службы и не менее 74 Вт в конце срока службы.

Воздух, двигаясь по коробу вентиляции, проходит между УФ-лампами и под воздействием бактерицидного излучения обеззараживается.

Основные параметры УОВ представлены в табл. 1 и 2.

Обеззараживающее действие УФ-излучения обусловлено фотохимическими реакциями, в результате которых происходят необратимые повреждения ДНК и РНК микроорганизмов. Эффективно УФ-излучение в отношении всех типов микроорганизмов: бактерий, вирусов, паразитарных простейших и не приводит к образованию побочных продуктов [2, 3]. Кривая бактерицидного действия ультрафиолетового излучения на микроорганизмы приведена на рис. 1.

Обеззараживание воздуха в установке происходит за счет воздействия на микроорганизмы бактерицидного УФ-излучения с длиной волны 254 нм.

Таблица 1

Основные параметры УОВ "Мегалит"

Параметр	"Мегалит"-2	"Мегалит"-3	"Мегалит"-4	"Мегалит"-5	"Мегалит"-6	"Мегалит"-7	"Мегалит"-9	"Мегалит"-10	"Мегалит"-12	"Мегалит"-16
Габаритные размеры, мм:										
УФ-модуль:										
высота	320	460	600	740	880	1020	1300	1440	1060	1420
длина	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1200	1200
ширина	915	915	915	915	915	915	915	915	1640	1640
пульт управления:										
высота	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352
глубина	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
ширина	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
Масса, кг:										
УФ-модуля	19,5	23,5	28,0	32,5	37,1	41,5	47,5	52,0	75,0	99,0
пульта управления	8,9	8,0	8,0	8,0	8,0	4,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Потребляемая мощность, кВт, не более	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,7	3,0	3,6	4,8
Тип УФ-ламп	АНЦ 300/144-П2								АНЦ 300/144	
Число УФ-ламп, шт.	2	3	4	5	6	7	9	10	12	16
Тип ЭПРА	ЭПРА Л~220-1×300-2202-16									
Число ЭПРА, шт.	2	3	4	5	6	7	9	10	12	16
Количество обеззараживаемого воздуха при эффективности 99,9 % по SA, $м^3$/ч, не более	1300	2300	3500	4700	6000	7200	10 000	11 300	17 000	25 000

Таблица 2

Основные параметры УОВ "Мегалит АЭРО"

Параметр	"Мегалит-АЭРО"-1/1800	"Мегалит-АЭРО"-2/1800	"Мегалит-АЭРО"-3/1800	"Мегалит-АЭРО"-1/3000	"Мегалит-АЭРО"-2/3000	"Мегалит-АЭРО"-3/3000
Габаритные размеры, мм:						
высота	198	198	198	298	298	298
длина	573	573	573	673	673	673
ширина	952	704	486	903	703	452
Масса бактерицидной ячейки, кг	10,7	8,1	5,6	13,2	10,7	7,7
Потребляемая мощность, кВт, не более	0,9	0,6	0,3	1,2	0,9	0,6
Тип УФ-ламп	АНЦ 300/144-П3-3					
Число УФ-ламп, шт.	3	2	1	4	3	2
Тип ЭПРА	ЭПРА Л~220-1×(95-145)-2202-184					
Число ЭПРА, шт.	3	2	1	4	3	2
Эффективность обеззараживания по SA	99,9	95	90	99,9	95	90
Количество обеззараживаемого воздуха, $м^3$/ч (в зависимости от сечения канала, мм), не более	1100 (400×200) 1800 (500×250)			2600 (600×300) 3000 (600×350)		

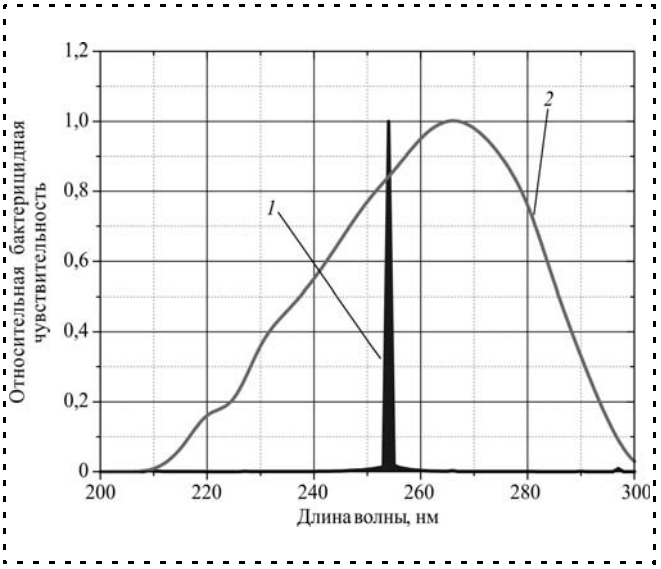


Рис. 1. Кривая бактерицидного действия УФ-излучения:
1 – спектральная линия излучения амальгамной лампы (253,7 нм); *2* – бактерицидная чувствительность микроорганизмов

Доза облучения D или количество энергии, сообщаемое микроорганизмам, является главной характеристикой установки УФ-обеззараживания. Она равна произведению средней интенсивности УФ-облучения $\langle I \rangle$ на среднее время нахождения под облучением $\langle t \rangle$:

$$D = \langle I \rangle \langle t \rangle.$$

Бактерицидная ячейка состоит из корпуса с закрепленными на нем при помощи ламподержателей УФ-лампами. Общий вид и габаритные размеры УОВ представлены на рис. 2.

На основании корпуса *3* расположены: ЭПРА *15*, клеммный блок *9*, биметаллический термостат *14*, гермоввод *13*, автоматический выключатель или вставка плавкая *8*, светосигнальные индикаторы работы бактерицидных ламп *12*, светосигнальный индикатор датчика термостата *11*, светосигнальный индикатор датчика "сеть" *10*, гермоввод *13* для подвода кабеля питания и контроля бактерицидной ячейки.

На противоположной стороне корпуса расположены бактерицидные лампы *5*.

Бактерицидные лампы *5* прикреплены к корпусу при помощи зажимов *6*, колба бактерицидной лампы зафиксирована в зажиме, установленном на кронштейне *7*. Для установки бактерицидной ячейки в воздуховод на боковой стенке последнего выполняют вырез по размеру внутренней рамки. Монтажная рамка *4* прикреплена к воздуховоду с помощью заклепок и внутренней рамки и уплотнена при монтаже силиконовым герметиком. Воздух в воздуховоде обеззараживается, проходя через зону обеззараживания с бактерицидными лампами *5*.

При работающих бактерицидных лампах горят зеленые светосигнальные индикаторы ламп *12*.

Питание установки осуществляется напряжением 220 В однофазного переменного тока, частоты 50 Гц.

Ячейка должна быть установлена в помещении таким образом, чтобы было обеспечено свободное пространство для замены бактерицидных ламп (радиус свободной зоны для извлечения бактерицидных ламп – не менее 0,8 м) и выполнения других регламентных работ. Бактерицидную ячейку

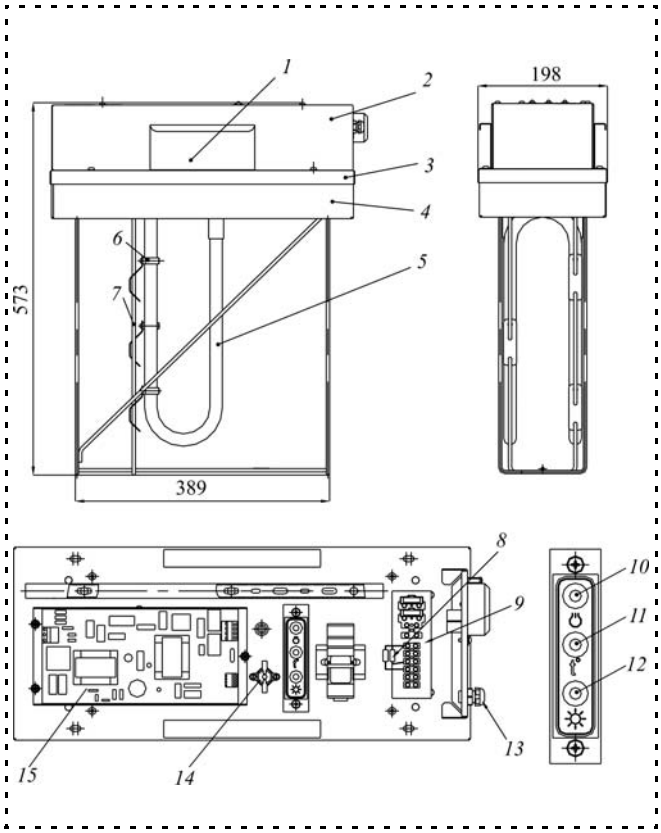


Рис. 2. Общий вид, габаритные размеры "Мегалит АЭРО":
1 – ручки; *2* – крышка; *3* – основание корпуса; *4* – монтажная рамка; *5* – бактерицидная лампа; *6* – зажим; *7* – кронштейн; *8* – вставка плавкая; *9* – клеммный блок; *10* – светосигнальный индикатор датчика "сеть"; *11* – светосигнальный индикатор датчика термостата; *12* – светосигнальные индикаторы работы бактерицидных ламп; *13* – гермоввод; *14* – биметаллический термостат; *15* – ЭПРА

следует монтировать так, чтобы полностью исключить возможность выхода УФ-излучения во внешнее пространство помещений.

При монтаже в местах с затрудненным доступом следует обеспечить ячейку специальными площадками обслуживания.

Для установки ячейки в воздуховод на боковой стенке воздуховода выполняют вырез по внутреннему размеру монтажной рамки. Монтажную рамку крепят к воздуховоду с помощью заклепок и внутренней рамки и уплотняют при монтаже силиконовым герметиком.

В процессе эксплуатации ячейки необходимо контролировать следующие параметры:

- исправность ячейки (определяют по светосигнальным индикаторам *10–12*);
- время наработки бактерицидных ламп и периодичность чистки их колб.

Включить бактерицидную ячейку можно только после включения системы вентиляции и кондиционирования.

УОВ серии "Мегалит" широко применяют на различных объектах, в числе которых:

- многоэтажные жилые здания и сооружения;
- деловые и торговые центры;
- лечебно-профилактические, образовательные, спортивные и общественно-культурные учреждения;
- вокзалы, аэропорты и метро;
- промышленные предприятия.

Системы УФ-обеззараживания воздуха обеспечивают высокую инактивацию по широкому спектру микроорганизмов, выполняют нормативные требования по санитарной чистоте и увеличивают срок хранения продукции.

Библиографический список

1. **Микаева С.А., Микаева А.С.** Системы обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 7. С. 25–28.

2. **Микаева С.А., Микаева А.С.** Установки для обеззараживания воздуха и воды // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 5. С. 41–46.

3. **Установки** для обеззараживания воздуха и воды ультрафиолетовым излучением / С.А. Микаева и др. // Промышленные АСУ и контроллеры. 2012. № 1. С. 63–67.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В.И. Васильев

2013 г. Объем 172 с. Формат 60x88 1/16 ISBN 978-5-94275-667-3 Цена 250 р.

Рассмотрены основы построения интеллектуальных систем защиты информации в корпоративных информационных системах. Особое внимание уделено построению биометрических систем идентификации личности, систем обнаружения и предотвращения вторжений, анализа и управления информационными рисками. Изложены современные подходы к созданию данного класса систем с использованием методов теории нейронных сетей, искусственных иммунных систем, нечетких когнитивных моделей.

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию в области информационной безопасности в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специализациям специальности "Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем".

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 629.7:658.562:658.515:621.91

Е.В. Кочкин, Е.В. Матвеев, *канд-ты техн. наук,*
А.В. Медарь, *д-р техн. наук,* **В.И. Меденков**
("НПО "Техномаш")
E-mail: info@tmnpo.ru

Автоматизированный стенд компьютерного контроля инерционных характеристик изделий в сборочном производстве

Представлены описание и характеристики стендового оборудования, предназначенного для определения действительных значений осевых моментов инерции готовой продукции в сборочном производстве изделий специального машиностроения.

Presents description and capabilities stand equipment assign for determination real significance centroidal moment of inertia ready production in assembly manufacture item of special mechanical engineering.

Ключевые слова: сборочное производство, инерционная характеристика, осевой момент инерции, автоматизированный стенд контроля инерционных характеристик.

Keywords: assembly manufacture, inertial capability, centroidal moment of inertia, automatized stand control inertial characteristic.

Контроль (определение действительных значений) инерционных характеристик – моментов инерции (МИ) изделий осуществляется в процессе производства серийных изделий на этапе окончательной сборки и в процессе разработки новых изделий на макетных и эксплуатационных образцах.

Задачей контроля является определение действительных значений МИ изделий, по результатам которого принимается решение о соответствии последних конструкторской документации – изделие признается годным, либо производится изменение распределения МИ, называемое уравновешиванием или балансировкой, после чего изделие повторно подвергается контролю с целью проверки правильности балансировки.

В отрасли основу парка технологического оборудования для контроля МИ изделий составляют стенды контроля моментов инерции (СИМИ) НПО "Техномаш" (разработанные в 1970–1980-х гг.).

Тенденция повышения требований к выходным параметрам точности изделий, одним из основных компонентов которых являются МИ, вызывает необходимость модернизации существующих и создания принципиально новых технологий и оборудования для определения их действительных значений.

Принципиальная возможность обеспечения повышенных в требований к МИ изделий обеспечивается разработкой цифровых технологий контроля и реализующего их стендового оборудования за счет создания автоматизированных стендов компьютерного контроля – аппаратно-программных комплексов (АПК) контроля, включающих:

- стендовое оборудование;
- аппаратную часть;
- общее, общесистемное и специальное программное обеспечение, позволяющее реализовать цифровые технологии контроля в реальном масштабе времени.

Автоматизированный стенд компьютерного контроля инерционных характеристик (АСКИ) предназначен для определения действительных значений осевых моментов инерции изделия (параметров эллипсоида инерции – I_{xx}, I_{yy}, I_{zz}). Стенд может быть использован для изделий различных конструкций при использовании соответствующих переходников (фланцев).

Устройство стенда АСКИ для измерения моментов инерции изделий массой от 100 до 1000 кг показано на рис. 1. Стенд содержит корпус *8*, на котором установлен аэростатический подшипник *7*. Ось вращения аэростатического подшипника соединена с корпусом посредством упругого торсиона *1*. На платформе *5* аэростатического подшипника установлен переходник *4*. На переходнике устанавливается измеряемое изделие *3*.

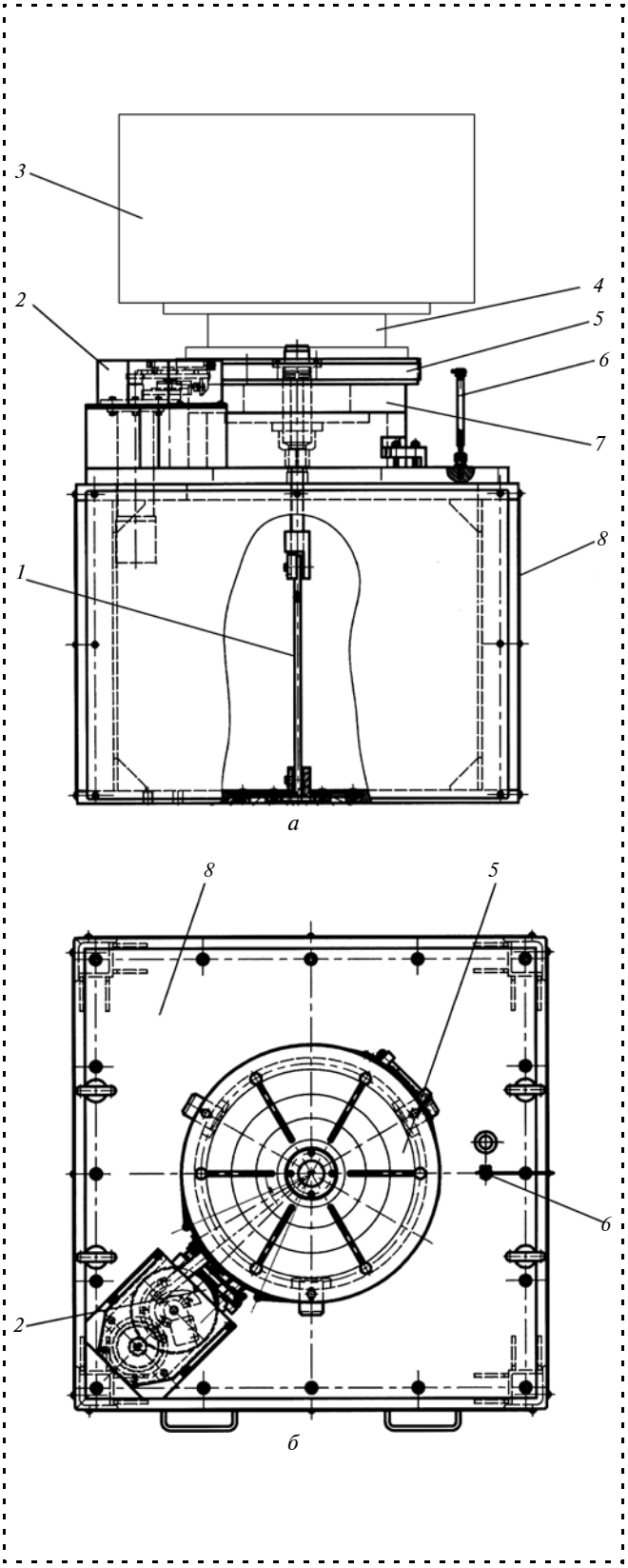


Рис. 1. Стенд АСКИ с переходником и измеряемым изделием (*а*) и его вид сверху (*б*)

Для инициализации колебаний стола используется узел закрутки *2*, работающий по команде управляющей программы. Периоды колебаний измеряются при помощи датчика *6*. По измеренному среднему периоду колебаний платформы с изделием и переходником, известным моментам инерции переходника и платформы и значению упругой жесткости торсиона вычисляют МИ изделия.

Диапазон измерений МИ изделия составляет от 10 до 1000 кг · м^2. Диапазон масс измеряемых изделий составляет от 100 до 1000 кг. Границы допустимой абсолютной погрешности измерений МИ изделия при доверительной вероятности 0,95 составляют ± 0,1 % от измеренного значения.

Измерения МИ изделия осуществляются косвенным методом путем расчета по результатам определения периодов крутильных колебаний платформы стенда с переходником и изделием при известных МИ платформы и переходника и известной крутильной жесткости торсиона.

Принцип определения осевых МИ на стенде основан на измерении периодов колебаний подвижной системы относительно вертикальной оси под действием прикрепленного к подвижной системе упругого элемента – торсиона *1*. В состав подвижной системы входит платформа аэростатического подшипника, переходник и измеряемое изделие.

После отклонения платформы от положения равновесия на нее действует упругий возвращающий момент торсиона. Упругий момент $M_{\text{упр}}$ действует в сторону возвращения платформы в положение равновесия. Для малых отклонений он прямо пропорционален углу отклонения ψ:

$$M_{\text{упр}} = k\psi,$$

где k – коэффициент жесткости на кручение торсиона.

Уравнение малых колебаний под действием момента $M_{\text{упр}}$ имеет вид:

$$J_{\Sigma}\ddot{\psi} + M_{\text{упр}} = 0, \text{ или}$$

$$J_{\Sigma}\ddot{\psi} + k\psi = 0, \qquad (1)$$

где J_{Σ} – суммарный момент инерции подвижной системы относительно оси колебаний, $J_{\Sigma} = J_{\text{о}} + J_{\text{п}} + J_{\text{и}}$;

$J_{\text{о}}$, $J_{\text{п}}$, $J_{\text{и}}$ – собственные моменты инерции относительно оси колебаний и проходящих через

центр масс соответственно платформы стенда, переходника и изделия;

$\ddot{\psi}$ – вторая производная угла отклонения по времени.

Проинтегрировав уравнение при начальном отклонении $\psi(0) = \psi_0$ и начальной скорости $\dot{\psi}(0) = 0$, получим:

$$\psi = \psi_0 \cos\omega_\Sigma t,$$

где $\omega_\Sigma = 2\pi/T_\Sigma$ – частота колебаний;

T_Σ – период колебаний подвижной системы;

t – время.

Частота колебаний

$$\omega_\Sigma = (k/J_\Sigma)^{0,5}.$$

Период колебаний определяют по формуле

$$T_\Sigma = 2\pi(J_\Sigma/k)^{0,5}.$$

Суммарный момент инерции подвижной системы

$$J_\Sigma = kT_\Sigma^2/4\pi^2. \quad (2)$$

Коэффициент жесткости торсиона k определяют при изготовлении стенда и проверяют при аттестации стенда.

Момент инерции изделия $J_и$ относительно оси колебаний

$$J_и = J_\Sigma - J_о - J_п. \quad (3)$$

Определение моментов инерции платформы $J_о$ и переходника $J_п$ производят при изготовлении стенда. При смене переходника в процессе эксплуатации стенда его момент инерции определяют по периоду $T_{\Sigma п}$ колебаний платформы с переходником по формуле

$$J_п = J_{\Sigma п} - J_о, \quad (4)$$

где $J_{\Sigma п} = kT_{\Sigma п}^2/4\pi^2$.

Общий вид рабочего образца стенда АСКИ представлен на рис. 2 на стр. 2 обложки.

Технические характеристики стенда

Диапазон масс испытываемых изделий, кг	100...1000
Диапазон моментов инерции испытываемых изделий, кг·м^2	10...1000
Погрешность определения моментов инерции, не более, %	±0,1
Тип опорного подшипника стенда	Аэростатический
Габаритные размеры стенда (по фундаменту), мм	1500×1500
Высота стенда, мм	1200
Масса стенда с опорной плитой, не более, кг	2000
Электрическое сопротивление от фланца переходника до заземляющего контура, не более, Ом	0,1

Основные сборочные единицы и узлы рабочего образца стенда АСКИ представлены на рис. 3 на стр. 2 обложки.

Вывод

Представлено описание и характеристики стендового оборудования, предназначенного для определения действительных осевых МИ готовой продукции в сборочном производстве изделий специального машиностроения.

УДК 66.021.3

Н.В. Шибитова, Н.С. Шибитов, *канд-ты техн. наук,*
А.Б. Голованчиков, *д-р техн. наук,* **И.В. Полупан**
(Волгоградский государственный технический университет)
E-mail: natanik40@mail.ru

Новая конструкция массообменной тарелки с переливным устройством подвесного типа

Описана новая конструкция массообменной тарелки с переливным устройством подвесного типа для жидкости, позволяющая увеличить производительность тарельчатой колонны, снизить сроки монтажа и ремонта колонных аппаратов.

The new design mass transfer a plate with overflow device of suspended of type for a liquid is developed, allowing to increase productivity of plate column to lower terms of installation and repair of column devices.

Ключевые слова: массообменная тарелка, переливное устройство, колонна, ремонт, монтаж, сборка.

Keywords: mass transfer a plate, overflow device, column, repair, installation, assembly.

В нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, газовой и других отраслях промышленности для проведения массообменных процессов (ректификация, абсорбция и др.) широко применяют разнообразные конструкции тарельчатых аппаратов. По способу слива жидкости колонные аппараты могут быть с тарелками, имеющими переливные устройства или с тарелками без переливных устройств.

Переливное устройство массообменной тарелки оказывает значительное влияние не только на характеристики работы массообменных тарелок, но и на технологичность работ по ремонту и монтажу тарелок в колонном аппарате. Важным фактором, характеризующим конструкцию тарелки, является ее ремонтопригодность, т. е. возможность проведения ремонтных работ при минимальном демонтаже других внутренних устройств в колонне.

Конструкция переливного устройства характеризуется его пропускной способностью, т. е. допустимыми скоростями жидкости в приемном кармане, определяемые условиями сепарации двухфазного потока, а также условиями монтажа, при котором должны обеспечиваться точность установки и глубина гидрозатвора, чтобы исключить проскок пара через переливное устройство. Некоторые конструкции переливных устройств определяют величину градиента жидкости на тарелке, что обеспечивает равномерность потоков по сечению колонны. В ряде случаев способ создания гидрозатвора влияет на производительность тарелки, диапазон ее устойчивой работы, а также на размеры всего аппарата.

При разработке новой конструкции массообменной тарелки учтены последние достижения ведущих в области конструирования контактных устройств зарубежных фирм – "Зульцер", "Кох-Глитч", "Монсанто".

В качестве базового объекта выбрана конструкция стальных цельных массообменных тарелок типа ТСК-1 по ОСТ 26-01-66–86 "Тарелки колпачковые стальных колонных аппаратов. Параметры, конструкция и размеры".

В указанной типовой конструкции жидкость с вышележащей тарелки поступает через сливной порог в приемный карман сегментной формы и через переливной порог равномерно распределяется по фронту основания тарелки и движется в диаметрально противоположном направлении к сливному порогу и далее по переливному карману на следующую тарелку. Газ (пар) поднимается с нижележащей тарелки и, барботируя через жидкость, уходит вверх. Приемный карман, частично заполненный жидкостью, выполняет при этом функцию гидрозатвора, препятствуя проникновению газа (пара) вверх через переливное устройство.

Недостатками этой конструкции являются нерациональное использование рабочей площади

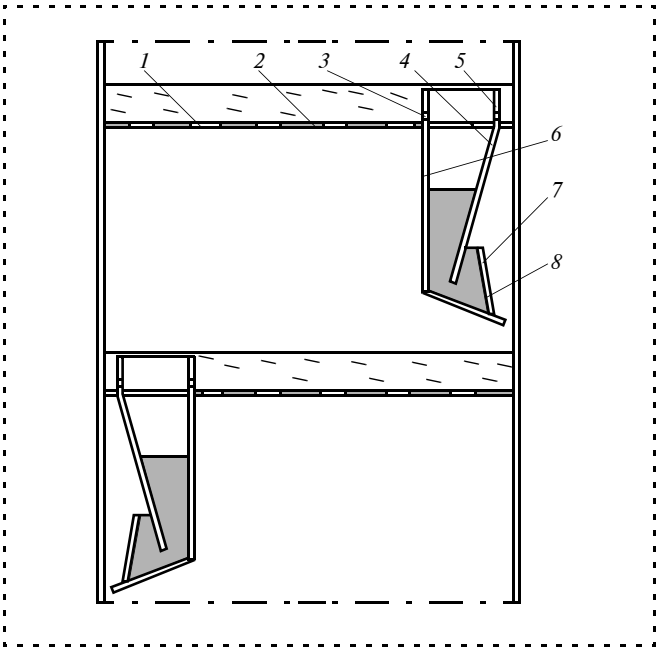


Рис. 1. Массообменная тарелкиа

тарелки, так как значительная ее часть занята переливным устройством и таким образом исключается из процесса активного массообмена, что, в конечном счете, понижает производительность колонны. Кроме того, монтаж тарелок требует точности совмещения двух элементов, расположенных на разных тарелках. Приемный карман сегментной формы крепится на вышерасположенной тарелке, а переливной порог, образующий совместно с переливным карманом гидрозатвор, — на нижней тарелке.

Указанные недостатки устранены в разработанной новой конструкции массообменной тарелке с переливным устройством [1], общий вид которой показан на рис. 1. Основной задачей данной конструкции является повышение производительности массообменной тарелки за счет увеличения ее рабочей поверхности, снижения трудозатрат при ремонте и монтаже тарелок, улучшение условий ввода жидкости на тарелку, увеличение пропускной способности переливного устройства, улучшение сепарации газа (пара).

Особенностью разработанной конструкции массообменной тарелки является то, что она состоит из горизонтального полотна *2* с барботажными элементами *1*, переливного устройства *5* с отверстиями слива *3*. Автономное переливное устройство включает приемный карман *6*, отбойник *4*, направляющую пластину *8*, сливной порог *7*. Боковые стенки кармана с торца сливной планки закрывают выход жидкости из внутренней полости переливного устройства, но создавая проход жидкости через нижний зазор между отбойником *4* и направляющей пластиной *8*, а также через зазор между верхним краем сливного порога *7* и отбойником *4*.

Предлагаемая конструкция приемного кармана *6* переливного устройства в совокупности с описанными конструктивными элементами *4*, *7*, *8* обеспечивают увеличение производительности массообменной тарелки.

По конструкции вертикальные колонные аппараты, в которые устанавливают массообменные тарелки, могут быть цельносварными или собираться из отдельных царг. В цельносварных колоннах монтаж тарелок ведут снизу, т.е. устанавливается нижнее опорное кольцо, которое может быть приварено к стенке колонны или закреплено на косынках, затем вносят остальные внутренние устройства. При этом толщину полотна тарелки необходимо рассчитывать с учетом массы монтажника. Номинальную толщину плоской цельной круглой тарелки S', опирающейся по окружности на какое-либо опорное устройство, определяют по формуле [2]:

$$S' = 0{,}45 D_{\text{т}} \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{и.д}} \varphi_0}}, \qquad (1)$$

где $D_{\text{т}}$ – диаметр тарелки, м;

$\sigma_{\text{и.д}}$ – допускаемое напряжение на изгиб для материала тарелки, Па;

p – давление на тарелку от сил тяжести слоя жидкости и собственно тарелки с учетом дополнительных нагрузок, Па;

φ_0 – коэффициент ослабления тарелки отверстиями.

Для тарелок, состоящих из отдельных секций, номинальную расчетную толщину определяют по формуле:

$$S' = Kb \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{и.д}} \varphi_0}}, \qquad (2)$$

где K – коэффициент, зависящий от способа закрепления пластины по периметру, $K = f\left(\frac{l}{b}\right)$: K – выбирают по графику [2, рис. 15.22]; l – бóльшая и b – меньшая стороны плоской пластины, м.

Колонны, состоящие из отдельных царг, целесообразно собирать в горизонтальном положении. Тарелки устанавливают в царги на стенде. Перед монтажом тарелок проводят разметку колонны. Целью разметки является определение мест установки внутренних устройств в соответствии с ГОСТ 31838–2012 "Аппараты колонные. Технические требования".

Разметка является основной технологической операцией, существенно влияющей на точность установки внутренних устройств аппарата, его люков, штуцеров и других деталей и сборочных единиц. Существует несколько способов разметки корпусов:

- с помощью линейных мерительных инструментов и отвеса;
- посредством теодолита и гидроуровня;
- оптическая разметка с применением лазерного визира.

Собирают разработанную конструкцию в следующем порядке. Под линией установки тарелок вертикально приваривают косынки, на которые устанавливают опорное кольцо. В кольце выполнены отверстия с резьбой для крепления тарелок. Предварительно в стенках колонны вырезают отверстия под люки, штуцера и др. Опорное кольцо должно быть сориентировано относительно осей тарелок и осей отверстий во фланцах царговых колонн, затем его приваривают к стенке колонны по периметру (рис. 2).

В колоннах диаметром до 600 мм диаметрально устанавливают одну поперечную балку *3*, крепящуюся к опорному кольцу *1* в одной плоскости. В колоннах большего диаметра устанавливают две поперечные балки. В балках выполнены резьбовые отверстия для крепления полотен тарелки. Балки закрепляют параллельно большей стороне переливного устройства *5*.

Разработанная массообменная тарелка состоит из двух взаимозаменяемых частей *2* и *4* для колонны диаметром до 600 мм, на одной части *4* распо-

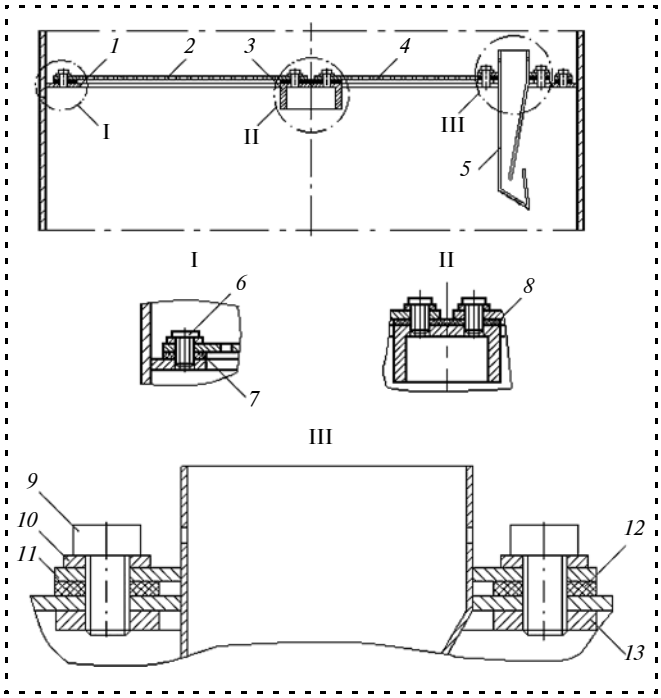


Рис. 2. Конструкция массообменной тарелки

ложено автономное переливное устройство *5*. Для колонн диаметром более 600 мм полотно тарелки разделено на три части. Средняя часть полотна опирается на две балки и опорное кольцо *1*, а две другие взаимозаменяемые. Кроме того, на одной из частей закреплено переливное устройство.

Между полотнами тарелки *2* и *4*, опорным кольцом *1* и поперечными балками *3* расположены прокладки *7* и *8*, исключающие прохождение жидкости на нижерасположенную тарелку и газов (паров) на вышерасположенную тарелку.

Автономное переливное устройство *5* крепится к полотну тарелки *4* при помощи опорной рамки *11*, приваренной к корпусу переливного устройства *5* таким образом, чтобы над полотном тарелки выступала верхняя часть на высоту, необходимую для создания уровня жидкости на тарелке.

Опорная рамка *11* к полотну тарелки прикреплена с помощью болтов *9*, которые закручены в нижнюю рамку *13*, приваренную к полотну снизу. Между опорной рамкой и полотном тарелки установлена прокладка *12*. Переливное устройство можно установить или отдельно, или вместе с по-

лотном тарелки, если позволяет расстояние между тарелками.

При сборке на опорное кольцо *1* укладывают круговую прокладку *7*, а на поперечную балку *3* – прокладку *12*. Последовательно устанавливают две части полотна тарелки, которые прижимают с помощью шайб *10* и болтов *6* к опорному кольцу *1* и поперечной балки *3*. Усилие затяжки должно обеспечивать плотное прижатие полотна тарелки к опорным поверхностям кольца и балки. В прорезь полотна тарелки устанавливают автономное переливное устройство *5* на предварительно уложенную прокладку *12* в форме прямоугольной рамки под опорную площадку *11*. Переливное устройство жестко закрепляют шайбами *10* и болтами *9* к полотну тарелки.

При ремонте разработанной конструкции тарелки достаточно открутить болты *6* сначала с одной стороны тарелки, потом удалить ее из колонны. Другую половину полотна тарелки можно удалить с переливным устройством *5*, или предварительно демонтировать переливное устройство *5*, а затем полотно тарелки.

Таким образом, предлагаемая конструкция массообменной тарелки позволяет увеличить производительность массообменной тарелки за счет перенесения гидрозатвора с рабочей площади полотна в межтарельчатое пространство и снизить трудозатраты и сроки на ремонт и монтаж тарелок за счет того, что переливное устройство является автономным с жестко закрепленными элементами, поэтому демонтируется как одно целое.

Библиографический список

1. **Шибитов Н.С., Шибитова Н.В.** Массообменная тарелка Патент на изобретение **RU 2438748**, МПК B01 D 3/16. ООО НПФ "ЭкоЦентрИнжиниринг" 10.01.2012.

2. **Лащинский А.А., Толчинский А.Р.** Основы конструирования и расчета химических аппаратов. Л.: Машиностроение, 1970. 752 с.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

НАУКОЁМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др.

2012. Объем 528 с. Формат 60x88 1/16 Переплет ISBN 978-5-94275-619-2 Цена 1500 р.

Изложены наукоемкие (высокие) технологии в машиностроении по всем технологическим переделам: производство материалов, отливок; получение заготовок обработкой давлением; сварочное производство; обработка заготовок; модификация поверхностных слоев деталей; сборочное производство.

Особое внимание уделено наукоемким технологиям при обработке заготовок (обработке на станках с ЧПУ и самообучающихся станках с адаптивным управлением), функционально-ориентированным и модульным технологиям, лазерным, электро-физико-химическим и нанотехнологиям.

Для инженерно-технических работников промышленных предприятий. Может быть полезна для студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей технических вузов.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 628.9

С.А. Микаева, *д-р техн. наук*
(Московский государственный университет приборостроения и информатики),
А.А. Ашрятов, *канд. техн. наук,* **А.А. Косицын**
(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева)
E-mail: mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

Сборка модуля полупроводниковых источников света и методы его охлаждения

Описаны применение новых перспективных методов и средств охлаждения полупроводниковых источников оптического излучения и сборка приборов на их основе. В качестве наиболее эффективного метода рассмотрены метод прямого жидкостного охлаждения чипа (кристалла светодиода) и концепция построения и сборки шинных светодиодных систем освещения на основе модулей с данным типом охлаждения.

Covers the issue of application of new promising methods and resources of cooling of a semiconductor optical sources and Assembly of devices on their basis. As the most effective method, the method of direct liquid cooling of the chip (chip led) and the concept of building and Assembly tire led lighting systems on the basis of modules this type of cooling.

Ключевые слова: светодиод, светодиодный модуль, система освещения, метод охлаждения, теплопроводный композит.

Keywords: led, led module, lighting system, cooling method, heat conducting polymer.

Соблюдение надлежащего теплового режима работы любого полупроводникового источника оптического излучения является крайне важной составляющей процесса его эксплуатации, так как непосредственно от него зависит срок службы прибора, его светотехнические и колориметрические характеристики [1]. Перед конструкторами остро встает вопрос создания такой конструкции прибора, которая в полной мере должна обеспечивать заданный тепловой режим работы при минимальных издержках на процесс охлаждения.

Традиционно для охлаждения полупроводниковых приборов используют активное и пассивное воздушное охлаждение, неотъемлемой частью которого является наличие радиатора, выполненного, как правило, из алюминия или меди. Несмотря на то, что данные металлы обладают хорошей теплопроводностью, их использование делает систему охлаждения относительно дорогостоящей и обладающей большими габаритами и массой [1]. При построении световых приборов, обладающих большим тепловыделением, применение традиционных методов охлаждения накладывает существенные ограничения при проектировании приборов отвечающих современным требованиям к ресурсо- и энергосбережению.

К вариантам модификации традиционных средств охлаждения можно отнести применение в радиаторах вместо цветных металлов теплопроводных полимеров [2]. Современное развитие материаловедения позволяет осуществить такой переход без особых потерь в плане эффективности охлаждения при одинаковой площади теплорассеивателей, но существенно выиграть в плане экономии на стоимости материала и уменьшении массы готового продукта.

Другим возможным вариантом модификации можно считать применение радиаторов на основе тепловых трубок [3, 4], причем в этом варианте также не исключается применение теплорассеивателей, изготовленных из теплопроводящих полимеров. Хочется отметить, что в технологическом плане применение теплопроводящих полимеров не вызывает особых трудностей, так как изготовление теплорассеивателей на их основе возможно с применением отлаженной технологии литья под давлением. Развитие робототехники сделало возможным изготовление сложных 3D конструкций посредством печати на 3D принтерах, избавляя от необходимости изготовления форм для литья [5].

Наиболее интересными перспективными методами охлаждения являются методы, базирующие-

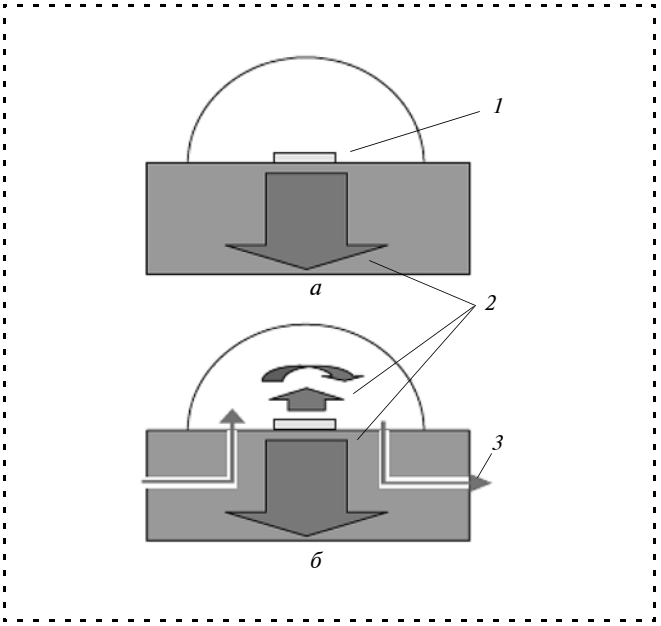


Рис. 1. Перемещение теплового потока в светодиоде обычной конструкции (*а*) и в светодиоде с прямым жидкостным охлаждением чипа (*б*):
1 – чип светодиода; *2* – поток тепла; *3* – поток жидкости

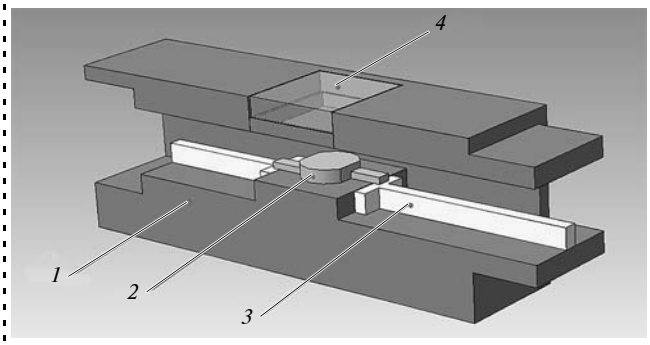


Рис. 2. 3D изображение модуля I типа в продольном разрезе:
1 – корпус из теплопроводного электроизоляционного полимера; *2* – мощный светодиод; *3* – электропроводящая шина из коррозионно-стойкого металла; *4* – световое окно из матового полимерного стекла или полимерного стекла с нанесенным удаленным люминофором

ся на прямом жидкостном охлаждении чипа [6]. Схема перемещения теплового потока при использовании данного метода приведена на рис. 1.

Охлаждение в данном методе осуществляется как через корпус светодиода, так и через верхнюю поверхность светодиодного чипа за счет потока жидкости в камере между поверхностью чипа и куполообразной линзой. В таких системах охлаждения в качестве теплоносителя обычно используют деионизованную воду либо спиртосодержащие жидкости для работы в условиях пониженных температур [7].

Следует отметить, что при использовании жидкости, отличной от деионизованной воды, необходимо обращать внимание на устойчивость материалов прибора к коррозионным и иным воздействиям теплоносителя. Использование данного метода охлаждения наиболее перспективно в единичных чипах, работающих при больших значениях питающего тока (возможно выше номинальной величины), в устройствах, требующих создания большого светового или энергетического потока с минимальной единицы площади. Данный метод также легко может быть интегрирован с традиционными методами охлаждения полупроводниковых структур в целях создания на выходе полупроводниковых источников оптического излучения и световых приборов с высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями.

На базе данного метода предлагается концепция построения шинных светодиодных систем освещения на основе модулей с прямым жидкостным охлаждением чипов. 3D изображение конструкции модуля в продольном разрезе представлено на рис. 2.

Конструкция модуля имеет пазы для соединения модулей между собой. Соединенные модули образуют герметичный канал для циркуляции теплопроводящей жидкости по замкнутому контуру, а также шину для подвода электропитания. Жидкость является переносчиком тепла от корпуса модуля, кристалла и электродов светодиода. Таким образом, проточная система охлаждения модулей позволяет снизить габариты модулей, являющихся теплоотводами, а также использовать монтаж

таких систем освещения в условиях низкой естественной конвекции воздуха (ниши натяжных и подвесных потолков и др.). Герметичность стыков модулей обеспечивается за счет точности изготовления пазов модулей, которые являются разъемным типом соединения, тем самым также повышается ремонтопригодность системы при отказе одного из модулей.

Для развертывания систем освещения сложной геометрии, целесообразно ввести три унифицированных типа модулей, представленных на рис. 3. Модули II и III типов принципиально не отличаются от модуля I типа, являющегося базовым (см. рис. 2), за исключением расположения соединительных пазов. Соединяя различные типы модулей между собой, можно получить системы освещения требуемой геометрии. Примером может служить система освещения, представленная на рис. 4. Для вариации местоположения модулей I–III типов в пространстве в систему освещения должны входить аналогичные "пустые" модули, предназначенные для передачи охлаждающей жидкости и питающего тока от одного модуля к другому, находящемуся на некотором удалении от первого.

Кроме унифицированных модулей, в систему освещения также входит насос для прокачки охлаждающей жидкости и драйвер питания, которые конструктивно целесообразно объединить в один блок.

Применение предложенной концепции на практике позволит создавать гибкие в развертывании и удобные в монтаже и обслуживании светодиодные системы освещения с высокоэффективным охлаждением, отвечающие современным дизайнерским требованиям и обладающие экономической целесообразностью.

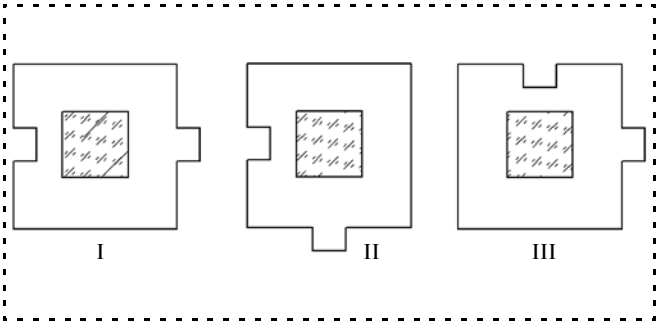


Рис. 3. Типы унифицированных модулей

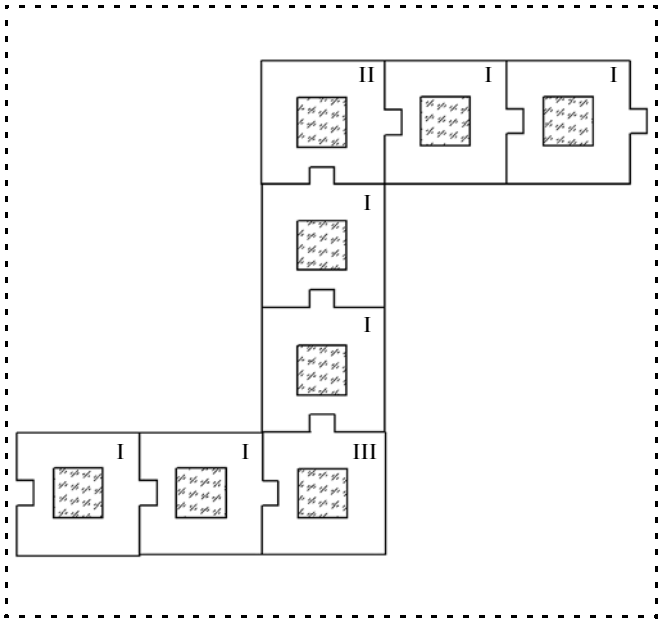


Рис. 4. Пример геометрии системы освещения, построенной из унифицированных модулей

Библиографический список

1. **Гонин М.** Спасительная прохлада, или теплоотвод для мощных светодиодных матриц // Новости электроники + светотехника. 2013. № 2. С. 19–24.

2. **Криваткин А., Сакуненко Ю.** Применение теплорассеивающих пластмасс для охлаждения LED-кристаллов // Современная светотехника. 2010. № 4. С. 50–54.

3. **Пат. 2483391 РФ**. МПК7 H01L33/00. Светодиодная лампа / Валенцов М.Ю.; заявл. 01.04.2011; опубл. 27.05.2013.

4. **Двухфазные** теплопередающие системы для охлаждения светодиодных светильников / Д. Аминев и др. // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 3. С. 27–32.

5. **3D принтер.** URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер

6. **Луценко Е.** Температура перегрева активной области коммерческих светодиодов и светодиодов с прямым жидкостным охлаждением чипа // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 2. С. 26–29.

7. **Куликова Т.А.** Теплопроводящие свойства чистых органических жидкостей. Нелокальный подход: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МГУИЭ, 2000. 153 с.

УДК 621.717

М.Н. Сорокин, И.И. Колтунов, *д-ра техн. наук,* **Д.И. Урманова**
(Московский государственный машиностроительный университет – МАМИ)
E-mail: Sorokin-mn@mail.ru

Определение минимального допуска на параметр сопряжения при селективной сборке изделий типа "вал–втулка" при условии полной собираемости

Дана постановка задачи комплектования как задачи определения минимального допуска на параметр сопряжения при условии полной собираемости изделий. Представлен метод решения данной задачи. Приведен модельный пример.

The matching problem definition as problems of definition of the minimum tolerance on output parameter on condition of a full collecting of products is given. The method of the solution of this problem is presented. The model example is given.

Ключевые слова: селективная сборка, задача комплектования, допуск на параметр сопряжения.

Keywords: selective assembly, matching problem, tolerance on output parameter.

При разработке технологии селективной сборке изделий важно знать, какой минимальный допуск на параметр сопряжения может быть получен при условии полной собираемости для выбранных полей допусков сопрягаемых параметров, длин селективных интервалов, технологических процессов получения сопрягаемых параметров и организации самой сборки. Рассмотрим определение минимального допуска на параметр сопряжения при условии полной собираемости для непрерывной задачи комплектования. Исследование непрерывной задачи комплектования позволяет яснее понять физический смысл задачи, методы обеспечения точности параметра сопряжения.

Введем необходимые определения и обозначения.

Пусть:

x_i — сопрягаемый параметр и его значение, $i = \overline{1, 2}$;

ξ_i — случайная величина, принимающая значения x_i сопрягаемого параметра;

$f_i(x_i)$ — функция распределения случайной величины ξ_i;

X_i — множество значений x_i сопрягаемого параметра, $X_i = [-1, +1]$, $x_i \in X_i$;

y — параметр сопряжения и его значение;

$y = x_1 + x_2$ — уравнение сопряжения;

δy — поле допуска параметра сопряжения, $\delta y = [y_1, y_2]$, где y_1 и y_2 минимальное и максимальное значения y параметра сопряжения;

Δy — допуск на параметр сопряжения, $\Delta y = y_2 - y_1$;

η — случайная величина, принимающая значения y параметра сопряжения;

$\varphi(y)$ — функция распределения случайной величины η;

Y — множество значений y параметра сопряжения, $Y = [-2, +2]$, $y \in Y$;

X — множество значений (x_1, x_2) случайной величины $\xi = (\xi_1, \xi_2)$, $X = X_1 \times X_2$;

$f(x_i, x_2)$ — функция распределения случайной величины $\xi = (\xi_1, \xi_2)$;

X_y — множество значений (x_1, x_2), формируемых полем допуска $\delta y = [y_1, y_2]$ параметра сопряжения, $X_y = \{(x_1, x_2): y_1 \leqslant x_1 + x_2 \leqslant y_2\}$.

Напомним классическую постановку задачи комплектования, задачи определения максимального числа сборочных комплектов [1].

Дано:

- случайная величина ξ_i с функцией распределения $f_i(x_i)$, $x_i \in X_i$;
- $X = X_1 \times X_2$;
- $y = x_1 + x_2$;
- $X_y = \{(x_1, x_2): y_1 \leqslant x_1 + x_2 \leqslant y_2\}$, $X_y \in X$.

Найти функцию распределения $f_i(x_i, x_2)$ случайной величины $\xi = (\xi_1, \xi_2)$ такую, чтобы выполнялись условия:

$$\int_{-1}^{+1} f(x_1, x_2)dx_1 = f(x_2);$$

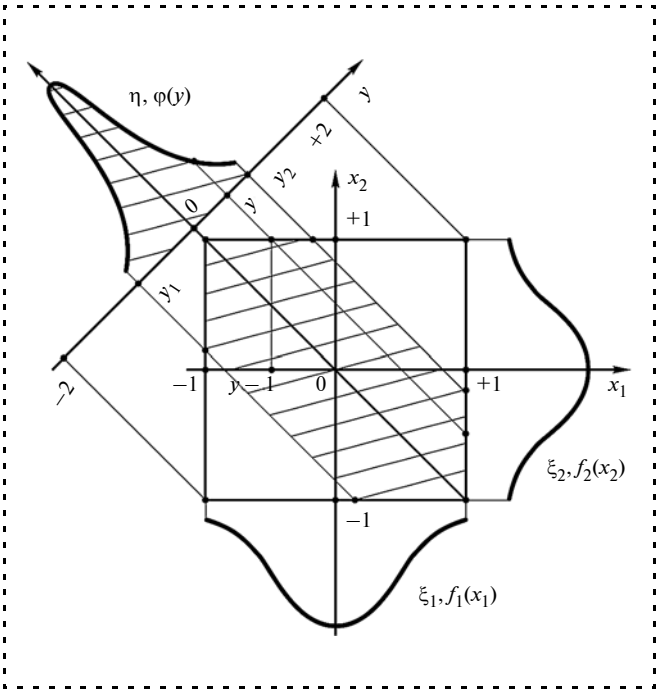


Рис. 1. Формирование функции распределения φ(*y*) параметра сопряжения

$$\int_{-1}^{+1} f(x_1, x_2)dx_2 = f(x_1);$$

$$\iint_{Xy} f(x_1, x_2)dx_1dx_2 \to \max.$$

Решение данной задачи комплектования может быть найдено только при ее представлении в дискретном виде.

Для непрерывной задачи комплектования можно определить функцию распределения φ(*y*) случайной величины η. Из рис. 1 видно, что

$$\varphi(y) = \int_{+1}^{y-1} f(x_1, y - x_1)dx_1, \quad 0 \leqslant y \leqslant 2;$$

$$\varphi(y) = \int_{-1}^{y+1} f(x_1, y - x_1)dx_1, \quad -2 \leqslant y \leqslant 0.$$

Указанные соотношения определены, если известно решение $f(x_1, x_2)$ для поставленной задачи комплектования.

Задачу нахождения функции распределения φ(*y*) можно рассматривать как задачу нахождения маргинальной функции распределения для случайной величины $\xi = (\xi_1, \xi_2)$ как проекцию функции распределения $f(x_1, x_2)$ на плоскость, перпендикулярную направлению $x_1 + x_2 = 0$.

Теперь дадим постановку задачи комплектования, когда необходимо для выбранных параметров селективной сборки определить минимальный допуск на параметр сопряжения при условии полной собираемости изделий.

Дано:

- случайная величина ξ_i с функцией распределения $f_i(x_i)$, $x_i \in X_i$;
- $X = X_1 \times X_2$;
- $y = x_1 + x_2$;
- $X_y = \{(x_1, x_2): y_1 \leqslant x_1 + x_2 \leqslant y_2\}$, $X_y \in X$.

Найти множество X_y и функцию распределения $f_i(x_i, x_2)$ случайной величины $\xi = (\xi_1, \xi_2)$ такие, чтобы выполнялись условия:

$$\int_{-1}^{+1} f(x_1, x_2)dx_1 = f(x_2);$$

$$\int_{-1}^{+1} f(x_1, x_2)dx_2 = f(x_1);$$

$$\iint_{Xy} f(x_1, x_2)dx_1dx_2 = 1;$$

$$\Delta y \to \min.$$

Поставленная задача комплектования является задачей определения минимального допуска на параметр сопряжения. В дальнейшем под задачей комплектования мы будем понимать сформулированную выше задачу комплектования.

Проведем дискретизацию этой задачи комплектования. Введем дополнительные обозначения и определения. Разобьем поле допуска δx_i сопрягаемого параметра, отрезок [−1, +1], на нечетное число *n* равных по длине селективных интервалов.

Пусть:

Δ — длина селективного интервала, $\Delta = \frac{2}{n}$;

δx_{ij_i} — значения x_i сопрягаемого параметра в точках деления отрезка [−1, +1] на селективные интервалы, $j_i = \overline{0, n}$. Индекс j_i определяет также номер селективного интервала, $j_i = \overline{1, n}$;

$\bar{x}_{ij_i}$ — дискретное значение сопрягаемого параметра x_i, если осуществляется переход от непрерывной случайной величины ξ_i к дискретной $\bar{\xi}_i$,

$$\bar{x}_{ij_i} = \frac{x_{1j_1} + x_{2j_2}}{2}.$$

Разобьем поле допуска δy параметра сопряжения y, отрезок [−2, +2], на $2n$ число интервалов длиной Δ. Значения y параметра сопряжения в точках деления отрезка [−2, +2] на интервалы обозначим y_k, $k = \overline{0, 2n}$. Будем рассматривать значения y параметра сопряжения только в точках y_k, $k = \overline{1, 2n-1}$.

Для данной задачи комплектования, учитывая уравнение сопряжения

$$\boldsymbol{y} = x_1 + x_2,$$

можно записать следующее соотношение:

$$y_k = \bar{x}_{1_{j_1}} + \bar{x}_{2_{j_2}},$$

где $k = j_1 + j_2$, $k = \overline{1, 2n-1}$, $j_1, j_2 = \overline{1, n}$.

Дискретную задачу комплектования будем рассматривать как транспортную задачу, где p_{ij_i} – относительное количество i-х деталей в j_i-й селективной группе (рис. 2).

Для решения транспортной задачи комплектования применим метод, который назовем методом полного целенаправленного суммирования. Предлагаемый метод является модификацией метода целенаправленного суммирования [2].

Если при реализации метода целенаправленного суммирования максимальный поток (максимальную собираемость изделий) нужно искать на множестве допустимых путей комплектования $\bar{S}$, то при реализации метода полного целенаправленного суммирования максимальный поток нужно искать на множестве всех возможных путей комплектования S [2].

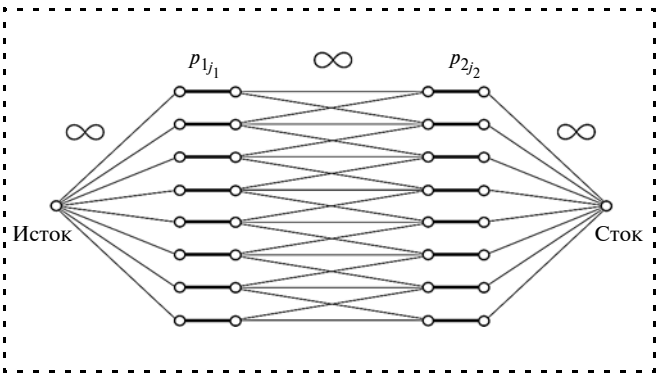


Рис. 2. Транспортная сеть комплектования

Особенностью метода полного целенаправленного суммирования является то, что этот метод всегда обеспечивает полную собираемость изделий вне зависимости от параметров селективной сборки.

Пусть совокупность $\{\tilde{s}(j_1, j_2), \tilde{f}(j_1, j_2)\}$ определяет решение дискретной задачи комплектования, где $\tilde{s}(j_1, j_2)$ – путь комплектования, $\tilde{f}(j_1, j_2)$ – относительное число сборочных комплектов на нем.

Зная решение дискретной задачи комплектования, мы можем найти минимальное значение допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения и дискретное множество $\bar{X}_y$, на котором это значение достигается.

Совокупность индексов (j_1, j_2), которая и определяет решение задачи комплектования, т.е. определяет пути комплектования $\tilde{s}(j_1, j_2)$, образует дискретное множество $\bar{X}_y$, $(j_1, j_2) \in \bar{X}_y$.

Определим минимальное значение допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения.

Дискретная функция распределения $\bar{\varphi}(y)$ принимает значение

$$y_k = \bar{x}_{1_{j_1}} + \bar{x}_{2_{j_2}},$$

где $(j_1, j_2) \in \bar{X}_y$, $k = j_1 + j_2$, $k = \overline{1, 2n-1}$, $j_1, j_2 = \overline{1, n}$.

Вероятность, с которой случайная величина $\bar{\eta}$ принимает значение y_k, равна

$$\bar{\varphi}(y_k) = \sum_{k = j_1 + j_2 - 1} \tilde{f}(j_1, j_2),\ (j_1, j_2) \in \bar{X}_y.$$

Таким образом, мы нашли выражение для дискретной функции распределения $\bar{\varphi}(y_k)$ параметра сопряжения.

Для совокупности индексов (j_1, j_2), $(j_1, j_2) \in \bar{X}_y$ мы можем найти такие их значения, которые определяют минимальное и максимальное значения индекса k, т. е. $k_{\min}$ и $k_{\max}$.

Значения $k_{\min}$ и $k_{\max}$ определяют минимальное и максимальное значения $y_{k_{\min}}$ и $y_{k_{\max}}$, которые принимает дискретная функция распределения $\bar{\varphi}(y_k)$.

Учитывая дискретность разбиения отрезка [−2, +2] на интервалы длиной Δ, мы получим минимальное и максимальное значения $y_{\min}$ и $y_{\max}$ поля допуска δy на параметр сопряжения:

$$y_{\min} = y_{k_{\min}} - \frac{\Delta}{2};$$

$$y_{\max} = y_{k_{\max}} + \frac{\Delta}{2}.$$

Тогда минимальный допуск $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения

$$\Delta y_{\min} = y_{k_{\max}} - y_{k_{\min}} + \Delta.$$

Таким образом, мы получили минимальный допуск $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения при условии полной собираемости изделий.

На модельном примере рассмотрим применение метода полного целенаправленного суммирования для получения минимального допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения.

Пусть:

ξ_1 — случайная нормальная величина, определенная и нормированная на отрезке [−1, +1], $\xi_1 \tilde{N}(0, \sigma_1^2)$, $6\sigma_1 = l$, $l = \overline{2, 6}$.

ξ_2 – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке [−1, +1].

Для случайных величин ξ_1 и ξ_2 была решена задача комплектования методом полного целенаправленного суммирования. Применение метода полного целенаправленного суммирования всегда обеспечивает полную собираемость изделий.

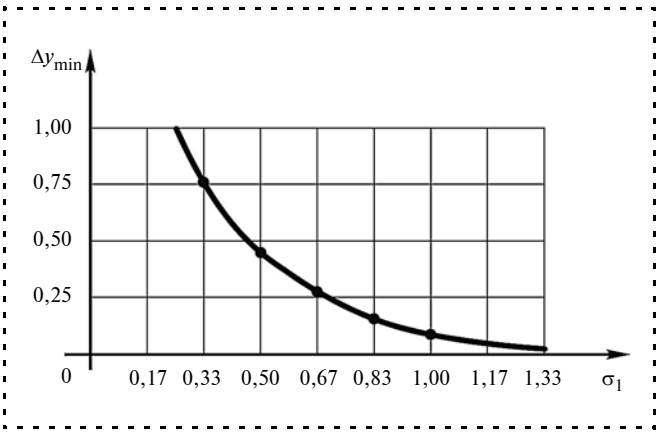


Рис. 3. Изменение значений минимального допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения в зависимости от σ_1

Минимальный допуск $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения в зависимости от σ_1 принимает значения:

σ_1	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00
$\Delta y_{\min}$	0,7652	0,4495	0,2818	0,1650	0,0923

График изменения значений минимального допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения y в зависимости от σ_1 представлен на рис. 3. Значения минимального допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения тем меньше, чем меньше отличаются друг от друга законы распределения сопрягаемых параметров.

Выводы

1. Дана постановка задачи комплектования как задачи определения минимального допуска на параметр сопряжения при условии полной собираемости.

2. Для решения задачи комплектования как задачи определения минимального допуска на параметр сопряжения при условии полной собираемости предложен метод полного целенаправленного суммирования.

3. Определена функция распределения $\varphi(y)$ параметра сопряжения как для непрерывной, так и для дискретной задачи комплектования.

4. Для дискретной задачи комплектования определено значение минимального допуска $\Delta y_{\min}$ на параметр сопряжения при условии полной собираемости.

5. Проведена апробация метода полного целенаправленного суммирования на модельном примере.

Библиографический список

1. **Сорокин М.Н., Ануров Ю.Н.** Формализация метода межгрупповой взаимозаменяемости при реализации селективной сборки изделий // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 8. С. 74–82.

2. **Сорокин М.Н., Ануров Ю.Н.** Алгоритм решения задачи комплектования при селективной сборке изделий типа "вал–втулка" по методу межгрупповой взаимозаменяемости // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 9. С. 15–18.

УДК.321.192

В.М. Труханов, *д-р техн. наук,* **Ю.И. Крыхтин**, *канд. техн. наук*
(Волгоградский государственный технический университет)
E-mail: app@vstu.ru

К вопросу разработки двухпоточного механизма поворота для легких гусеничных машин

Предлагается двухпоточный при прямолинейном движении и повороте недифференциальный механизм поворота, имеющий два шестеренчатых привода с фрикционами на современных фрикционных материалах, работающих в масле, к солнечной шестерне суммирующего планетарного ряда на каждом борту для легких гусеничных машин.

Представлены расчетные зависимости для определения основных показателей механизма поворота, результаты расчета и кинематические схемы различного его исполнения.

Новый механизм поворота существенно повышает функциональные свойства при прямолинейном движении и повороте, надежность работы трансмиссий легких гусеничных машин и упрощает создание новых и модернизацию существующих машин.

Offers a turning mechanism with two threads at rectilinear movement and turning. This mechanism has two gear drive to the sun gear summarizing planetary number on each Board for light tracked vehicles. These drives have friction clutches made of modern friction materials, working in oil.

The calculated dependences for determination of the main indicators of the mechanism of turn, results of calculation and kinematic scheme of various designs of a turning mechanism.

The new turning mechanism considerably increases their functional properties of rectilinear motion and of turn, increases operation reliability of transmissions and simplifies the creation of new and modernization of existing machines.

Ключевые слова: планетарный ряд, дополнительный поток, шестерня, механизм поворота, трансмиссия, фрикцион.

Keywords: planetary line, additional stream, toothed gear; turning mechanism, transmission, friction clutch.

Предлагаемое техническое решение предназначено для использования в механических трансмиссиях транспортных гусеничных машин в качестве механизма передач и поворота (МПП), к которому подводится двойной поток мощности от базового двигателя машины.

Известны конструкции двухвальных двухпоточных механизмов поворота II типа, сохраняющих при повороте скорость забегающей гусеницы постоянной и равной скорости прямолинейного движения до поворота. В основе механизма поворота II типа лежат тормоз поворота с фрикционной парой сухого трения, фрикцион сухого трения и суммирующий планетарный ряд. В последнем к солнечной шестерне и эпициклу подведены потоки мощности, а с водила снимается суммарный поток на бортовую передачу.

Фрикцион соединяет вал дополнительного потока мощности с солнечной шестерней через дополнительную цилиндрическую шестеренчатую пару, а тормоз поворота служит для остановки солнечной шестерни. Во всех этих механизмах поворота дополнительная связь для передачи мощности к планетарному ряду на обоих бортах одновременно используется только при прямолинейном движении или только при повороте, что приводит к неравномерному распределению нагрузок на звенья трансмиссии при прямолинейном движении и повороте.

Примером может служить механизм поворота легкого артиллерийского тягача (рис. 1) [1, 2].

Передаточное число МПП на передаче в коробке перемены передач (КПП) при включенных фрикционах (основной режим движения) определяют по формуле

$$i_{\text{МПП}} = i_{\text{п}} i_{\text{д}} i_{\text{к}_i} \frac{1 + K}{i_{\text{к}_i} + i_{\text{д}} K}, \qquad (1)$$

где $i_{\text{п}}$ – передаточное число конической пары на входе в трансмиссию;

$i_{\text{д}}$ – передаточное число привода к солнечной шестерне;

$i_{\text{к}_i}$ – передаточное число собственно коробки передач на i-й передаче;

K – параметр суммирующего планетарного ряда (внутреннее передаточное число).

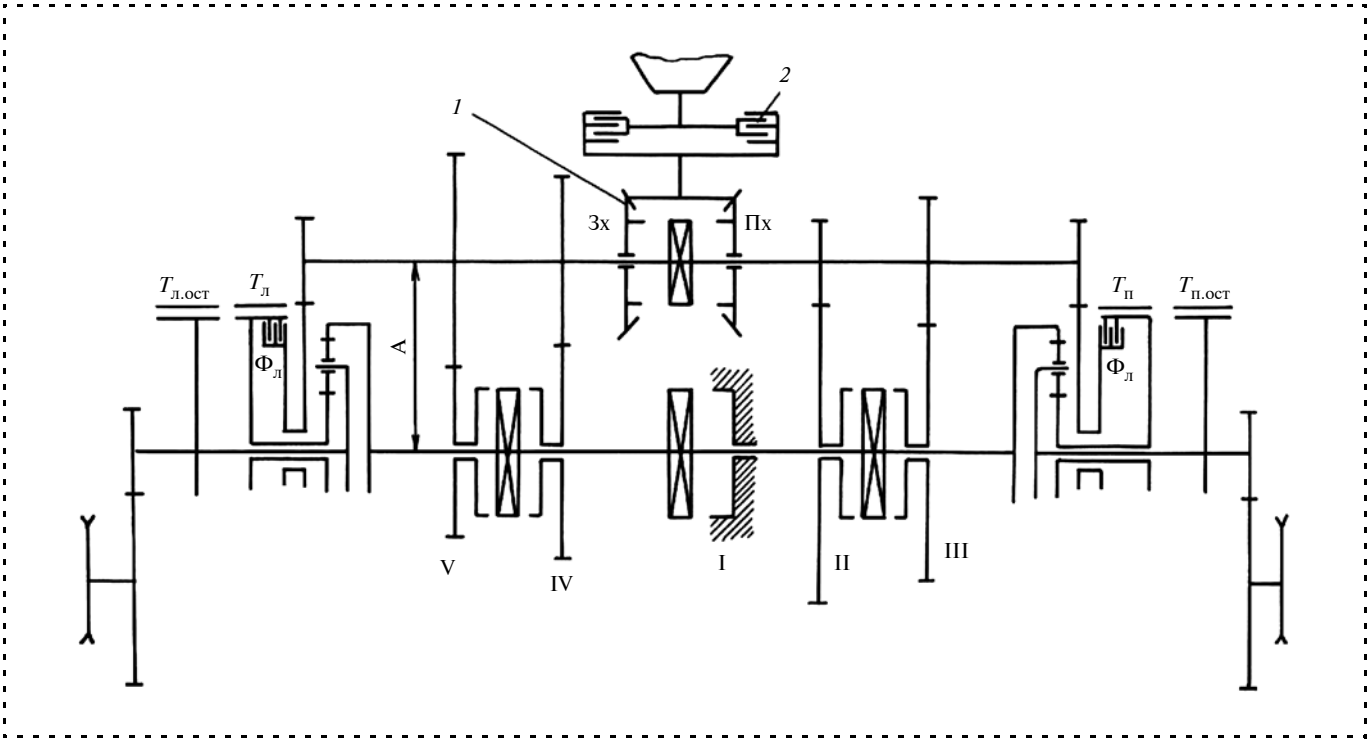


Рис. 1. Кинематическая схема трансмиссии с 2-поточным 2-вальным МПП:
1 – конический реверс; *2* – главный фрикцион; I–V – передачи КП; Пх, Зх – передний и задний ход; $Ф_л$ и $Ф_п$ – фрикционы дополнительного потока мощности левый и правый; $Т_л$ и $Т_п$ – тормоза поворота левый и правый; $Т_{л.ост}$ и $Т_{п.ост}$ – остановочные тормоза левый и правый; *A* – межцентровое расстояние

Передаточные числа при включенных тормозах поворота (дополнительный режим движения)

$$i'_{МПП} = i_п i_{к_i} \frac{1+K}{K}. \quad (2)$$

Коэффициент загруженности коробки передач на *i*-й передаче (доля мощности, передаваемая соответственно коробкой передач, от мощности, подведенной к МПП):

$$\beta = \frac{Ki_д}{Ki_д + i_{к_i}}. \quad (3)$$

Расчетный радиус поворота гусеничной машины (расстояние от центра поворота до середины забегающей гусеницы)

$$R_р = \left(1 + \frac{Ki_д}{i_{к_i}}\right) B, \quad (4)$$

где *B* – расстояние между серединами гусениц машины.

Требуемый крутящий момент фрикциона, передающего мощность на солнце суммирующего планетарного ряда при прямолинейном движении определяют как

$$M_{БФ} = 0{,}5 M_0 \frac{i_д i_{к_i}}{K_{i_д} + i_{к_i}}, \quad (5)$$

где M_0 – крутящий момент на промежуточном валу КПП.

Для расчета текущих значений $M_{БФ}$ (соответственно условиям поворота) используют зависимости из работ [3, 4].

Кинематические параметры и передаточные числа двухвальной (с одним промежуточным валом) КП двухпоточной механической трансмиссии гусеничной машины массой 17 т имеют следующие значения:

Передаточное число входной конической пары $i_к$ 1,165
Передаточное число входной цилиндрической пары $i_ц$ 0,736

Передаточные числа дополнительных пар МПП 1,105; 2,275
Внутреннее передаточное число суммирующего планетарного ряда K 2,65
Передаточное число МПП замедленной передачи $i_{I^{зам}}$ 7,11
Передаточные числа на передачах КП, %:
i_1 3,450
i_2 1,250
i_3 0,880
i_4 0,536
i_5 0,338
Скорость пониженной передачи $i_{I^{зам}}$, км/ч . 6,9
Скорости на передачах в КП, км/ч
V_I 11,10
V_{II} 22,10
V_{III} 29,50
V_{IV} 45,10
V_V 68,00
Разность скоростей $i_{I^{зам}} - V_I$, км/ч 4,2
Минимальные (расчетные) радиусы поворота на передачах в КП (колея B = 2,74 м):
R_I 2,642
R_{II} 5,240
R_{III} 6,780
R_{IV} 10,710
R_V 16,200
Коэффициент распределения момента между эпициклом и солнечной шестерней планетарного ряда на II–V передачах в КП:
α_{II} 0,436
α_{III} 0,370
α_{IV} 0,259
α_V 0,127

Расчетный радиус поворота на всех передачах (II и выше) в трансмиссиях с указанными ранее МПП кинематически связан с движением на I передаче. Чем больше расчетный радиус на передаче, тем меньше должна быть скорость на I передаче, что связано с передаточным числом дополнительной цилиндрической пары. На I передаче прямолинейное движение осуществляется при остановленных эпициклах обоих механизмов поворота машины, передача момента происходит только через дополнительную связь при включенных фрикционах на обоих бортах, но включенных тормозах, т. е. за счет редукции в обоих планетарных рядах.

Максимальная скорость движения на I передаче обеспечивается при этом порядка v_I = 6...7 км/ч. По кинематике это лишает возможности получения больших расчетных радиусов поворота на высшей передаче, порядка 15...20 B и выше (B – ширина колеи машины).

Получаемые максимальные расчетные радиусы поворота порядка 10B не достаточны для поворота быстроходных гусеничных машин на высшей передаче в КПП без снижения скорости машины.

При создании МПП дополнительную цилиндрическую пару вписывают в определенное (минимальное по компактности узла) межцентровое расстояние между валами, связанными дополнительным потоком. В базовой для нескольких объектов трансмиссии это межцентровое расстояние не меняется, и в него трудно войти с другим передаточным числом дополнительного потока, создавая модификации трансмиссии с другими расчетными радиусами поворота при сохранении требований движения на I передаче. Замена зубчатых венцов дополнительных пар другими, соответствующими новым значениям расчетных радиусов поворота, изменит скорость движения на I передаче, которая может получиться неприемлемой для эксплуатации.

Для быстроходных машин с большой удельной мощностью порядка 20...30 л.с./т и максимальной скоростью движения v_{max} = 70 км/ч с одной стороны необходимо скорость движения машины на I передаче иметь повышенную (порядка v_I = 8...11 км/ч) для быстрого перемещения машины на подъеме (если позволяет мощность двигателя) и для уменьшения скоростного диапазона коробки передач, т. е. уменьшения габаритов коробки передач до приемлемых размеров. С другой стороны для движения в тяжелых условиях, в парке машин, при погрузке на транспорт, а также для получения больших расчетных радиусов поворота на высшей передаче в существующих двухпоточных МПП необходимо уменьшать скорость движения на I передаче (до 3 км/ч и ниже при максимальных оборотах двигателя).

Наличие только одной дополнительной цилиндрической пары в существующих МПП II типа ограничивает конструктивные возможности этих механизмов в рациональном распределении потоков мощности при прямолинейном движении и повороте, в выборе расчетных радиусов поворота, а следовательно – в обеспечении требований движения на I передаче при создании семейства однотипных трансмиссий с одним базовым межцентровым расстоянием между валами, связанными дополнительным потоком.

Новизна предлагаемого двухпоточного МПП гусеничного транспортного средства состоит в том,

что он снабжен дополнительной шестеренчатой парой, передаточное число которой отлично от передаточного числа имеющейся уже шестеренчатой пары в дополнительном потоке мощности к суммирующему планетарному ряду, при этом обе шестеренчатые пары установлены на каждом борту транспортного средства и оборудованы индивидуальными функциональными элементами управления.

Предлагаемый МПП относится к двухпоточным механизмам поворота II типа и ликвидирует перечисленные недостатки существующих механизмов за счет применения на каждом борту транспортного средства в механизме двух дополнительных цилиндрических шестеренчатых пар с разными передаточными числами и с раздельным включением и выключением на каждом борту одной пары фрикционов прямолинейного движения, а другой – фрикционом поворота. Обе пары вращаются в одном направлении при прямолинейном движении и повороте и обеспечивают на каждой передаче один расчетный радиус поворота, зависящий от разницы передаточных чисел дополнительных пар одного борта. Это позволяет получать непрерывный дополнительный поток мощности от двигателя к суммирующему ряду на обоих бортах при прямолинейном движении и повороте, подбирать практически любой расчетный радиус поворота на высшей передаче, использовать в различных модификациях трансмиссии одного базового межцентрового расстояния между валами, связанными дополнительным потоком; получать на I передаче две скорости при прямолинейном движении машины.

Кинематическая схема МПП в двухвальной механической трансмиссии с двойным подводом мощности к суммирующему планетарному ряду для гусеничных транспортных средств изображена на рис. 2.

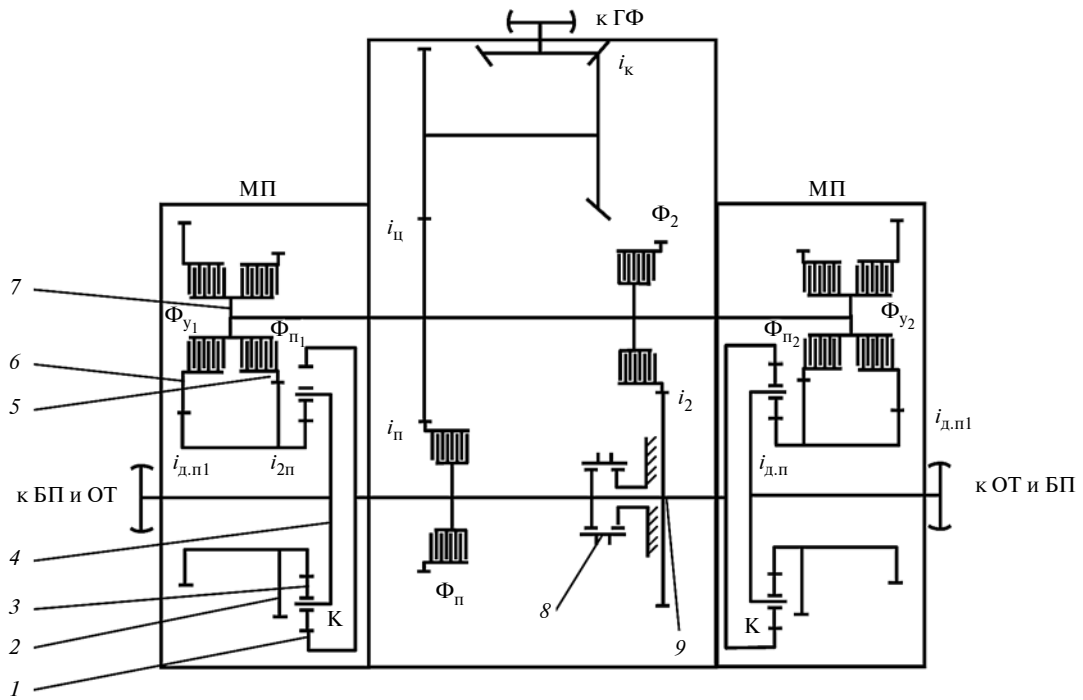


Рис. 2. Кинематическая схема трансмиссии с новым МП:

1 – эпициклическая шестерня; *2* – зубчатые венцы дополнительных пар; *3* – сателлиты; *4* – водило; *5*, *6* – ведущие шестерни дополнительных потоков; *7* – ведущие элементы фрикционных муфт; *8* – зубчатая муфта; *9* – ведомый (грузовой) вал; ГФ – главный фрикцион; ОТ – остановочный тормоз; БП – бортовая передача; $i_к$ – передаточное число конической пары КП; $i_ц$ – передаточное число входной цилиндрической пары КП; $i_{д.пп}$, $i_{дп1}$ – передаточные числа дополнительных пар; $Ф_{у_1}$, $Ф_{у_2}$ – фрикционные муфты ускоренного движения; $Ф_{п_1}$, $Ф_{п_2}$ – фрикционные муфты замедленного движения; i_2, ..., i_n – передаточные числа в КП; $Ф_2$, ..., $Ф_n$ – фрикционные муфты для включения передач в КП; K – внутреннее передаточное число планетарного ряда

Предлагаемый МПП состоит из планетарного ряда с внутренним передаточным числом *K*, в состав которого входят эпициклическая шестерня *1*, солнечная шестерня *2* с двумя зубчатыми венцами дополнительных пар, сателлиты *3*, водило *4* и блок фрикционов с одинаковыми металлокерамическими дисками или фрикционными дисками с комбинированной поверхностью трения [5], работающими в масле, раздельного включения и выключения с ведущими шестернями *5* и *6* дополнительного потока. Последние выполнены каждая отдельно жестко связанной с соответствующими ведомыми дисками фрикционов прямолинейного движения или поворота. Ведущие элементы *7* этих фрикционов жестко связаны с промежуточным валом трансмиссии. Фрикционы $\Phi_{у_1}$ и $\Phi_{у_2}$ – прямолинейного движения, а $\Phi_{п_1}$ и $\Phi_{п_2}$ – поворота. Левый и правый механизмы поворота в трансмиссии одинаковые.

Механизм передач и поворота работает следующим образом. При прямолинейном движении мощность передается от двигателя через главный фрикцион ГФ, коническую пару $i_к$, входную цилиндрическую пару $i_ц$ и разделяется на два потока:

- основной – через одну из цилиндрических пар i_2, ..., i_n, включаемых, например, фрикционами Φ_{II}, ..., Φ_n, (на II – *n* передачах) в зависимости от передачи на ведомый (грузовой) вал – эпициклы;
- дополнительный – на промежуточный вал и далее через включенные на левом и правом борту машины два фрикциона $\Phi_{у_1}$ и $\Phi_{у_2}$ на солнечные шестерни обоих бортов. С водила *4* суммарный поток мощности передается к бортовой передаче (БП).

На I передаче зубчатая муфта *8* останавливает грузовой вал *9* и одновременно включаются два фрикциона $\Phi_{у_1}$ и $\Phi_{у_2}$ или $\Phi_{п_1}$ и $\Phi_{п_2}$. Включение дополнительных пар с $i_{дп}$ в левом и правом механизмах поворота обеспечивает низшую скорость прямолинейного движения машины на I передаче (например, $v_I = 4$ км/ч). При прямолинейном движении с $i_{д.п1}$ на обоих бортах имеем высшую скорость движения на I передаче (например, $v_I = 8$ км/ч).

Для поворота с расчетным радиусом поворота на каждой передаче необходимо на отстающем борту выключить фрикцион прямолинейного движения $\Phi_{у_1}$ или $\Phi_{у_2}$ и одновременно включить один фрикцион поворота $\Phi_{п_1}$ или $\Phi_{п_2}$ в зависимости от направления поворота. Поворот осуществляется на всех передачах за счет разницы скоростей вращения в одном направлении гусеничных лент (например, $\Delta V = 4$ км/ч), обеспечиваемой двумя разными на каждом борту дополнительными парами с $i_{д.п}$ и $i_{д.п1}$. Эти пары в механизме можно заменять другими зубчатыми венцами для новых модификаций трансмиссий с одним и тем же базовым межцентровым расстоянием между валами, связанными дополнительным потоком, а соответственно, подбирать расчетный радиус поворота на высшей передаче и проверять его опытным путем.

Так можно подобрать наиболее необходимый в эксплуатации быстроходной машины радиус поворота в зависимости от требований, предъявляемых к трансмиссии в условиях движения. На каждой передаче имеется один расчетный радиус поворота. На высшей передаче подбором зубчатых венцов шестерен дополнительного потока обеспечивается практически любой расчетный радиус поворота.

Включенные дополнительные пары и при прямолинейном движении, и при повороте в обе стороны вращаются в одну сторону на обоих бортах, в направлении вращения эпициклических шестерен, что обеспечивает более рациональное распределение нагрузок в трансмиссии при ее работе, чем в существующих механизмах. При этом на каждом борту машины включается только одна дополнительная пара.

С целью уменьшения габаритного размера МПП по ширине машины он может быть выполнен четырехвальным (рис. 3) – с промежуточным *2* и двумя связанными с ним дополнительными валами *4* и *7*, вращающимися постоянно с одинаковой скоростью при включенном реверсе от промежуточного вала *2* через шестеренчатый привод *3*, *5*, *12* и связанный через фрикционные муфты $\Phi_{у_1}$, $\Phi_{у_2}$, $\Phi_{п_1}$, $\Phi_{п_2}$ и ведущие зубчатые шестерни КПП со своими ведомыми зубчатыми венцами передач, жестко соединенными с выходным валом *6* КПП. В МПП каждая из ведущих шестерен дополнительного потока связана через свою фрикционную муфту со своими дополнительным валом

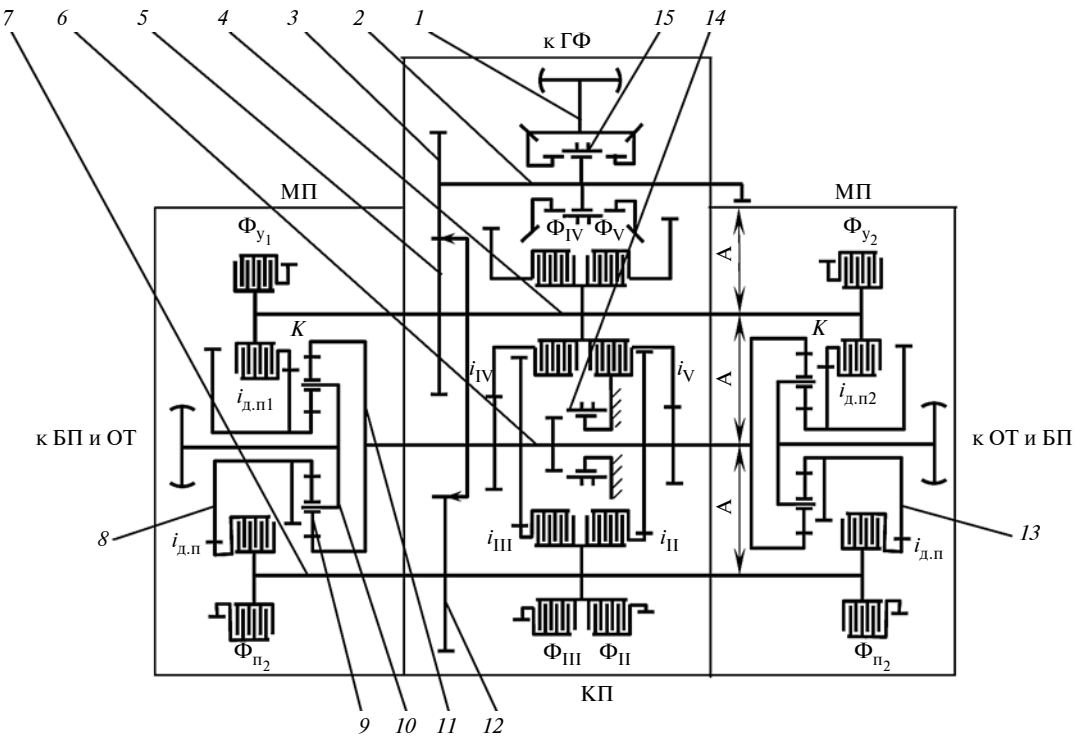


Рис. 3. Кинематическая схема варианта трансмиссии с новым МП:

1 – ведущий вал; *2* – промежуточный вал; *3*, *5*, *12* – шестерни привода дополнительных валов; *4*, *7* – дополнительные валы; *6* – выходной (грузовой) вал КП; *8*, *13* – солнечные шестерни планетарных рядов; *9* – сателлиты; *10* – водило; *11* – эпицикл; *14* – зубчатая муфта I передачи; *15* – зубчатая муфта реверса; МПП – механизм поворота; КПП – коробка перемены передач

КПП и с ведомой шестерней дополнительного потока, жестко соединенной с солнечной шестерней *8*, *13* суммирующего планетарного ряда.

Вывод

Предлагаемый двухпоточный механизм поворота для легких гусеничных машин позволяет получить непрерывный дополнительный поток мощности от двигателя к суммирующему планетарному ряду на обоих бортах машины при прямолинейном движении и повороте, подбирать практически любой необходимый расчетный радиус поворота на высшей передаче, использовать в различных модификациях трансмиссии одно базовое межцентровое расстояние между валами КПП, связанными дополнительным потоком, получать на I передаче в КПП две скорости прямолинейного движения, что существенно повышает функциональные свойства, надежность работы трансмиссии и упрощает создание новых высокоэффективных и модернизацию действующих машин.

Библиографический список

1. **Многоцелевые** гусеничные машины / В.Ф. Платонов и др. М.: Машиностроение, 1998. 351 с.

2. **Трансмиссии** гусеничных и колесных машин / В.М. Труханов и др. М.: Машиностроение, 2001. 736 с.

3. **Расчет** и конструирование гусеничных машин / Под ред. проф. Н.А. Носова. Л.: Машиностроение, 1977. 556 с.

4. **Зубков В.Ф.** Тяговый расчет гусеничной машины. Методические указания. Волгоград: ВолгПИ, 1983. 23 с.

5. **Труханов В.М., Крыхтин Ю.И.** Разработка фрикционных дисков с комбинированной поверхностью, изготавливаемых с использованием автоматизированной технологии плазменного напыления // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 3. С. 13–18.

УДК 62-192: 658.5.012.1

А.В. Широкий, *канд. техн. наук (Волгоградский проектный филиал ОАО "Атомэнергопроект"),*
М.Г. Кристаль, *д-р техн. наук (Волгоградский государственный технический университет)*
E-mail: shiroky_alex@mail.ru

Компьютерное моделирование потоков предметов производства в автоматических сборочных системах

Методами компьютерного моделирования рассмотрено влияние интервалов времени наступления отказов технологического оборудования и интервалов времени его восстановления на характеристики потоков предметов производства (интенсивность и степень стохастичности). Получены экспериментальные зависимости влияния коэффициента готовности оборудования на параметры выходного потока предметов производства при различных сочетаниях интервалов работы оборудования и его простоев. Дан их анализ, что позволяет определить параметры потока на выходе из единицы технологического оборудования по надежности его функционирования, определяемой значением коэффициента его готовности.

Methods of computer modeling the influence of time intervals offensive failures of technological equipment and its recovery time intervals on production lines characteristics of production objects (intensity and degree of stochastic property). Experimental dependences of the influence availability ratio equipment output option production object intervals for various combinations of equipment and downtime. Their analysis, which allows determining parameters of the production lines piece of equipment on the reliability of its operation, it defines the value of the availability ratio.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, поток предметов производства, интенсивность, степень стохастичности, коэффициент готовности.

Keywords: computer modeling, production line, intensity, degree of stochastic property, availability ratio.

На параметры потоков предметов производства (ПП) в автоматической сборочной системе оказывают влияние как реализованный технологический маршрут, так и надежность функционирования оборудования, входящего в состав автоматической сборочной системы (АСС). Простои оборудования из-за поломок или вследствие проведения планово-предупредительных ремонтов технологического оборудования изменяют параметры (интенсивность и степень стохастичности) этих потоков.

Трансформация параметров будет тем существеннее, чем менее надежно работает оборудование или чем чаще выполняются планово-предупредительные ремонты. На стадии проектирования АСС, структура которых весьма разнообразна, для обеспечения заданной программы выпуска изделий необходима оценка параметров потоков ПП, входящих в каждое технологическое устройство и выходящих из него. Это позволит предусмотреть необходимые межоперационные заделы или дублирование технологических устройств, повышающих общую производительность и надежность сборочной системы.

В отличие от работ [2, 10], где транспортные потоки ПП представлены как простейшие, ранее выполненными авторами исследованиями установлено, что интервалы времени t между деталями в таких потоках подчиняются гамма-распределению с параметрами λ и k, где λ и k – соответственно, интенсивность и коэффициент степени последействия потока [3–9], а сами являются потоками Эрланга. Опыт эксплуатации технологического оборудования (ТО) показывает, что экспоненциальное распределение является адекватной моделью описания как случайной величины (СВ) времени $T_р$ безотказной работы оборудования (совокупности единиц оборудования), когда интенсивность отказов $\lambda_{отк}$ = const, так и СВ времени $T_{вос}$ восстановления оборудования, когда интенсивность восстановления $\lambda_{вос}$ = const. Согласно работе [11] экспоненциальное распределение является частным случаем упомянутого ранее гамма-распределения, поэтому, сохраняя общность рассуждений, можно считать, что СВ времени $T_р$ безотказной работы подчинена гамма-распределению с параметрами $\lambda_{отк}$ и $k_{отк}$, где $\lambda_{отк}$, $k_{отк}$ – соответственно интенсивность и коэффициент степени последействия потока интервалов безотказной работы единицы технологического оборудования, а СВ времени $T_{вос}$ восстановления оборудования подчинена гамма-распределению с

параметрами $\lambda_{вос}$ и $k_{вос}$, где $\lambda_{вос}$, $k_{вос}$ – соответственно интенсивность и коэффициент степени последействия потока интервалов восстановления оборудования. Далее принято, что интервалы времени $t \ll T_р$ ($t \ll T_{вос}$).

Работа единицы технологического оборудования (ЕТО) представлена на рис. 1, *а*. Здесь интервалы времени $T_р$ работы оборудования "заполнены" интервалами t между ПП транспортного потока, а $T_{вос}$ – интервалы времени восстановления работоспособности оборудования после отказов. Значения интервалов $T_{вос}$ определяют снижение интенсивности (потери производительности) потока ПП на выходе из технологического оборудования. Кроме этого, простои оборудования также оказывают влияние на степень последействия в потоке ПП. Ввиду того, что временны́е интервалы t между ПП в транспортном потоке существенно меньше величин $T_р$ и $T_{вос}$, то при статистической обработке выборки интервалов времени между ПП с учетом простоев оборудования $T_{вос}$ предложен следующий механизм учета влияния интервалов $T_{вос}$ простоев оборудования на параметры потока ПП.

Он состоит в том (рис. 1, *б*), что к каждому значению интервала t между ПП прибавлена доля $T_{вос}/n$, где n – число ПП, которые были использованы оборудованием за интервал времени $T_р$ его работы до отказа. Это позволит преодолеть как разницу в абсолютных значениях, так и сделает физическую природу суммируемых величин однородной. После такого преобразования СВ t, $T_{вос}$ и $T_р$ применимы методы статистической обработки выборки СВ с целью влияния простоев оборудования на интенсивность и степень последействия выходного потока ПП.

С использованием эквивалентной схемы в соответствии с рис. 1, *б* были смоделированы процессы обработки потока ПП при следующих сочетаниях величин t, $T_{вос}$ и $T_р$, имеющих практический интерес:

1) значения интервалов времени $T_р$ безотказной работы оборудования и интервалов времени $T_{вос}$ восстановления оборудования после отказов являются постоянными, что соответствует случаю проведения регулярных, проводимых через определенный интервал времени, ремонтов постоянной длительности. Характерно это для оборудования, работающего со средами (ПП), представляющими опасность или уникальными, дорогостоящими изделиями, для обслуживания которых используют высококвалифицированный персонал с жестким временным регламентом работ, а также развитые системы диагностики текущего состояния оборудования;

2) значение интервала времени $T_р$ безотказной работы оборудования является постоянным, а интервал времени $T_{вос}$ восстановления оборудования после поломок является СВ, подчиняющейся гамма-распределению, что соответствует случаю

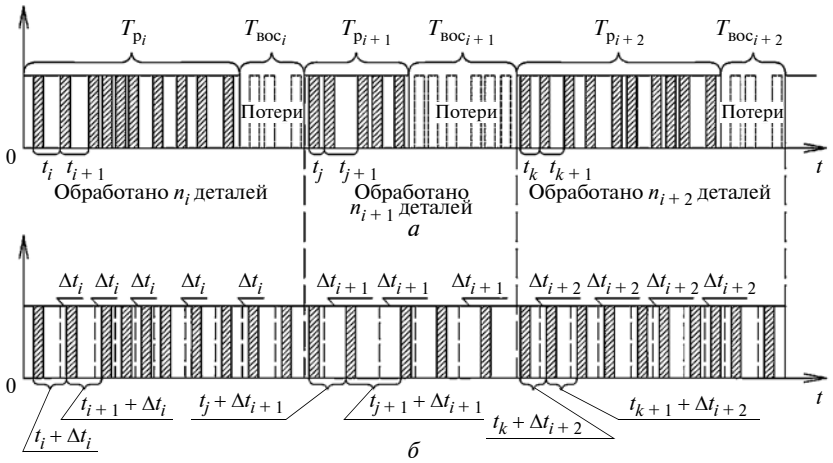


Рис. 1. Схема работы оборудования и определения интервалов между деталями в выходном потоке:
а – фактическая; *б* – эквивалентная

регулярных, проводимых через определенный интервал времени, ремонтов случайной длительности. Характерно для планово-предупредительных ремонтов оборудования с заранее неизвестным объемом обслуживания, который определяется только после вывода оборудования в ремонт. Имеет место для оборудования с узлами и функциональными блоками, имеющими неравномерную скорость износа или старения;

3) значение интервалов времени $T_р$ безотказной работы оборудования является СВ, подчиняющейся гамма-распределению, а интервалы времени $T_{вос}$ восстановления оборудования после поломок – величиной постоянной, что соответствует случаю случайных отказов оборудования, устраняемых в ходе ремонта постоянной длительности. Характерно для самого разнообразного оборудования обслуживаемого квалифицированным персоналом на основе замены функциональных блоков и узлов.

Целью имитационного моделирования являлось проверка адекватности теоретических исследований [12] влияния значений интервала времени $T_р$ безотказной работы оборудования и интервала времени $T_{вос}$ восстановления оборудования после отказов на параметры потока ПП на выходе из ЕТО. При этом обобщенной характеристикой надежности оборудования является коэффициент готовности оборудования, определяемый по формуле из работы [9]:

$$K_{гот} = \frac{T_р}{T_р + T_{вос}}.$$

Исследование влияния простоев оборудования на параметры выходного потока ПП для трех указанных ранее случаев проведено в среде пакета "Mathcad 13 Rus" [1]. В каждом опыте была проведена имитация процесса обработки 50 тыс. ПП (при интенсивности обработки $\lambda_{исх} = 0{,}1$ дет./с) в диапазоне значений коэффициента готовности оборудования $K_{гот} = 0{,}6, ..., 1{,}0$. Установлено, что при использовании эквивалентной схемы (рис. 1, *б*) величина случайного интервала времени между ПП на выходе из ЕТО подчинена гамма-распределению с параметрами λ и k. Проверка согласия опытного и теоретического распределений выполнена по критерию согласия χ^2.

Моделированием установлено, что при всех сочетаниях входных параметров интенсивность λ потока ПП на выходе из технологического оборудования прямо пропорциональна коэффициенту $K_{гот}$ его готовности (рис. 2). Величина степени последействия $k_{исх}$ в потоке ПП не оказывает влияния на вид характеристики $\lambda = f(\lambda_{исх}, K_{гот})$.

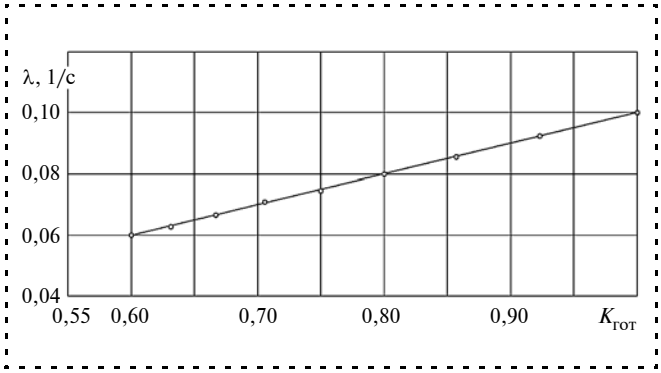


Рис. 2. Влияние коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на интенсивность λ потока ПП

Влияние коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на степень последействия в потоке ПП при проведении регулярных ремонтов постоянной длительности показано на рис. 3, *а*, из которого следует, что плановые ремонты и их заданная регламентом постоянная длительность определяют увеличение степени k последействия в потоке, что соответствует повышению его регулярности. Таким образом, проведение регулярных ремонтов постоянной длительности, по сути, делает случайный исходный поток более упорядоченным. Установлено также, что функция $k = f(k_{исх}, K_{гот})$ монотонно возрастает с уменьшением величины коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования.

Характер влияния коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на степень последействия в потоке ПП меняется по сравнению с указанным ранее в случае, если интервалы между ремонтами $T_р$ или длительность $T_{вос}$ таких ремонтов становятся СВ, подчиняющимися тому или иному закону распределения.

На рис. 3, *б–г* показано влияние коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на степень последействия в выходном потоке ПП, когда величина $T_р = \text{const}$ (что соответствует проведению регулярных ремонтов), а величина $T_{вос}$ является СВ, подчиняющейся гамма-распределению со степенью последействия в потоке интервалов восстановления оборудования после поломок $k_{вос} = 1$ для данных на рис. 3, *б*, $k_{вос} = 3$ для данных на рис. 3, *в* и

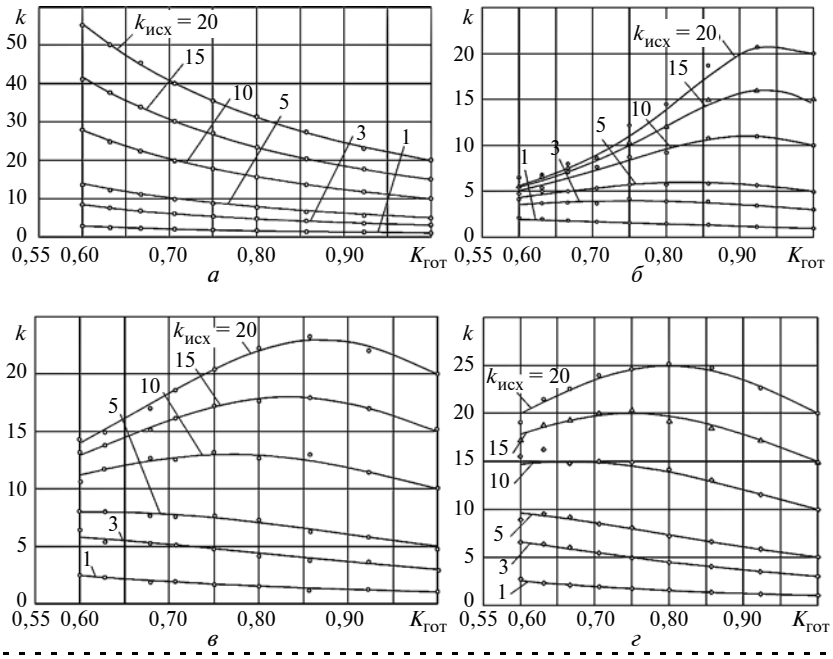


Рис. 3. Влияние коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на степень последействия в потоке ПП при проведении регулярных ремонтов:

постоянной длительности (*а*) и случайной длительности: *б* — $k_{вос} = 1$; *в* – $k_{вос} = 3$; *г* – $k_{вос} = 5$

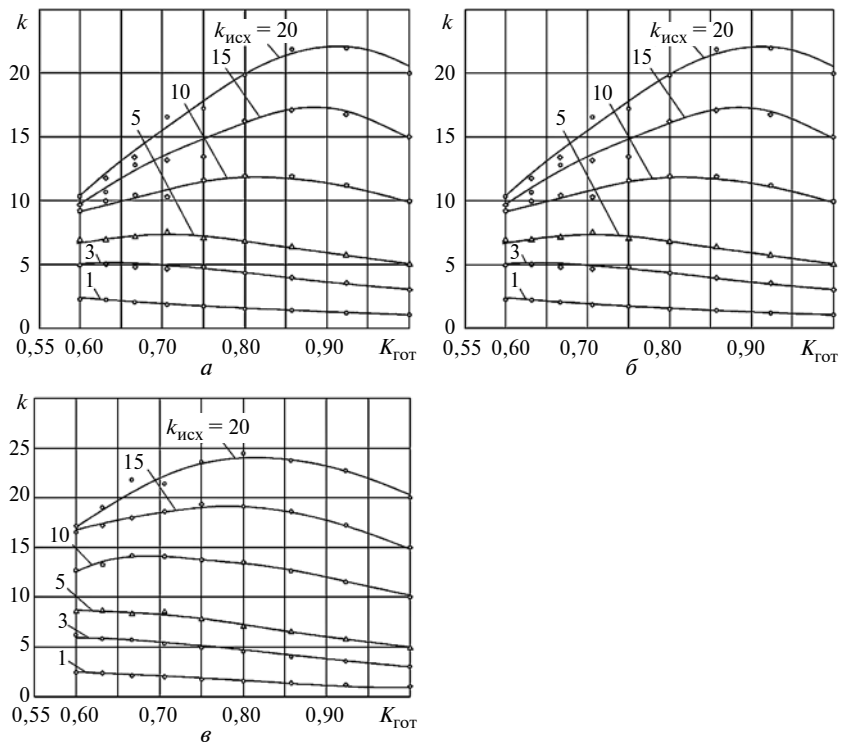


Рис. 4. Влияние коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на степень последействия в потоке ПП при проведении ремонтов постоянной длительности через случайный интервал времени:

а – $k_{отк} = 1$; *б* – $k_{отк} = 3$; *в* – $k_{отк} = 5$

$k_{вос} = 5$ для данных на рис. 3, *г*. Установлено, что характеристика $k = f(k_{исх}, K_{гот})$ имеет максимум при выполнении условия $k_{исх} > k_{вос}$.

С увеличением степени последействия $k_{вос}$ в потоке интервалов восстановления оборудования после поломок абсолютная величина такого максимума возрастает и достигается при меньших значениях коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования. При этом при выполнении условия $k_{исх} > k_{вос}$ функция $k = f(k_{исх}, K_{гот})$ имеет минимум, достигаемый на нижней границе интервала моделирования – $K_{гот} = 0{,}6$.

На рис. 4 показано влияние коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на степень последействия в выходном потоке ПП, когда величина $T_{вос} = \text{const}$ (что соответствует проведению ремонтов постоянной длительности), а величина $T_р$ является СВ, подчиняющейся гамма-распределению со степенью последействия в потоке интервалов отказов оборудования $k_{отк} = 1$ для данных на рис. 4, *а*, $k_{отк} = 3$ для данных на рис. 4, *б* и $k_{отк} = 5$ для данных на рис. 4, *в*.

В целом, характеристики $k = f(k_{исх}, K_{гот})$ в соответствии с рис. 4 имеют те же особенности, которые были выявлены при анализе случая регулярных ремонтов случайной длительности за исключением того, что экстремальный характер такой функции слабо выражен при значении степени последействия в потоке интервалов отказов оборудования $k_{отк} = 1$, что следует из рис. 4, *а*.

Выводы

1. На основании эквивалентной схемы работы оборудования, учитывающей приведение простоев оборудования к каждому интервалу между деталями в выходном потоке, выполнено компьютерное моделирование влияния отказов оборудования на параметры выходного потока ПП на основе модели распределения СВ, подчиняющихся гамма-распределению.

2. Выявлены характерные случаи сочетания интервалов работы оборудования и интервалов его простоев, имеющие практический интерес.

3. Построены экспериментальные зависимости влияния коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования на параметры выходного потока ПП при различных сочетаниях интервалов работы оборудования и его простоев. Дан их анализ, что позволяет определить параметры потока ПП на выходе из единицы технологического оборудования по надежности его функционирования, определяемой значением коэффициента $K_{гот}$ готовности оборудования.

Библиографический список

1. **Mathcad** 13 Rus // Mathcad 13 Russia – документ № Tr 005377 от 19.06.2006.
2. **Копп В.Я.** Моделирование автоматизированных производственных систем. Севастополь: Изд-во Севастоп. нац. техн. ун-та, 2012. 700 с.
3. **Технология** автоматической сборки / А.Г. Холодкова и др.; под ред. А.Г. Холодковой. М.: Машиностроение, 2010. 560 с.
4. **Кристаль М.Г., Широкий А.В.** Имитационное моделирование потоков ПП в каналах питания технологического оборудования // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2004. № 11. С. 22–26.
5. **Кристаль М.Г., Труханов, В.М.** Влияние характеристик потоков ПП на надежность функционирования автоматических сборочных устройств // Надежность сложных технических систем типа подвижных установок на этапах производства и эксплуатации. М., 2005. С. 120–128.
6. **Кристаль М.Г., Широкий А.В., Чувилин И.А.** Новый подход в определении объема накопителя ПП // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2007. № 12. С. 6–9.
7. **Бабушкин М.Н., Кристаль М.Г.** Перспективы повышения производительности автоматических сборочных систем (АСС) // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2003. № 8. С. 22–29.
8. **Кристаль М.Г.** Производительность и надежность сборочных автоматов. Волгоград: ВолгГТУ. 2011. 159 с.
9. **Хан Г., Шапиро С.** Статистические модели в инженерных задачах. М.: Мир, 1969. 395 с.
10. **Кордонский Х.Б.** Приложения теории вероятностей в инженерном деле. М.-Л.: Физматгиз, 1963. 434 с.
11. **ГОСТ 27.002–89** Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
12. **Широкий А.В., Кристаль М.Г.** Модели распределения случайных интервалов времени между предметами производства (ПП) в транспортных потоках сборочного оборудования // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 9. С. 28—32.

УДК 621.7.57

Н.А. Терехин, *канд. техн. наук (филиал ОАО "Конструкторское бюро приборостроения": Центральное конструкторско-исследовательское бюро спортивно-охотничьего оружия, г. Тула),*
А.С. Ямников, О.А. Ямникова, *д-ра техн. наук (Тульский государственный университет)*
E-mail: yamnikovas@mail.ru

Взаимное влияние погрешностей формы и расположения сопрягаемых поверхностей на относительную площадь пятна контакта

Представлены зависимости относительной площади пятна контакта от погрешностей изготовления и монтажа деталей в машине, а также зависимости для решения обратной задачи – назначения допусков на погрешности формы и расположения сопрягаемых поверхностей при заданном пятне контакта.

Dependences of the relative area of a spot of contact on errors of production and installation of details are presented in article in the car, and also dependence for the solution of the return problem of purpose of admissions on an error of a form and an arrangement of interfaced surfaces at the set spot of contact.

Ключевые слова: размерная цепь, нормированное пятно контакта, допуски на погрешности формы и расположения.

Keywords: dimensional chain, rated spot of contact, admissions on a form and arrangement error.

Наблюдения над процессом формирования точности выходных параметров собираемых автоматических машин при контроле по копоти полноты контакта поверхностей взаимодействующих деталей показали, что существует определенная закономерность: если расстояние между противолежащими точками на сопрягаемых поверхностях равно или меньше толщины слоя копоти, последняя при контроле облетает с поверхности. Таким образом, при полном облетании слоя копоти максимальная (для обеих сопрягаемых поверхностей) погрешность геометрической формы не должна превосходить его толщину.

Если же одна из сопрягаемых поверхностей является геометрическим эталоном другой, то и в этом случае максимально возможное отклонение от правильной геометрической формы после ее подгонки также должно быть равно максимальному слою копоти, который будет облетать при сопряжении этих поверхностей. Это расстояние можно рассматривать как замыкающее звено размерной цепи, составляющими звеньями которой являются отклонения формы и расположения сопрягаемых поверхностей. В данном случае допуск замыкающего звена – это максимально возможный слой копоти, который облетает при сопряжении поверхностей, удостоверяя тем самым удовлетворительное качество их контакта.

Качество сопряжения поверхностей деталей, объединяемых в один узел, определяется нормированной полнотой контакта [1–5], измеряемой как относительная контурная площадь пятна контакта Φ_o, %:

$$\Phi_o = 100\frac{\Phi_c}{\Phi_a},$$

где Φ_c – контурная площадь пятна контакта;

Φ_a – номинальная площадь пятна контакта.

Номинальное пятно контакта всегда определяется прямоугольником с линейными размерами l_1 и l_2:

$$\Phi_a = l_1 l_2, \quad (1)$$

где l_1 и l_2 – номинальные линейные размеры сопрягаемых поверхностей.

Величина Φ_o зависит от типа и характеристик сопрягаемых поверхностей деталей. Наиболее распространенные варианты сопряжений представлены на рис. 1 и 2.

Рассмотрим контакт плоских поверхностей (рис. 1).

Если одна из сопрягаемых поверхностей *А* (рис. 1, *а*) отклонена от номинальной поверхности контакта *Б* на величину Δ_1 в одном направлении, то пятно контакта будет иметь форму прямоугольника со сторонами $l_к$ и l_2:

$$\Phi_c = l_2 l_к, \quad (2)$$

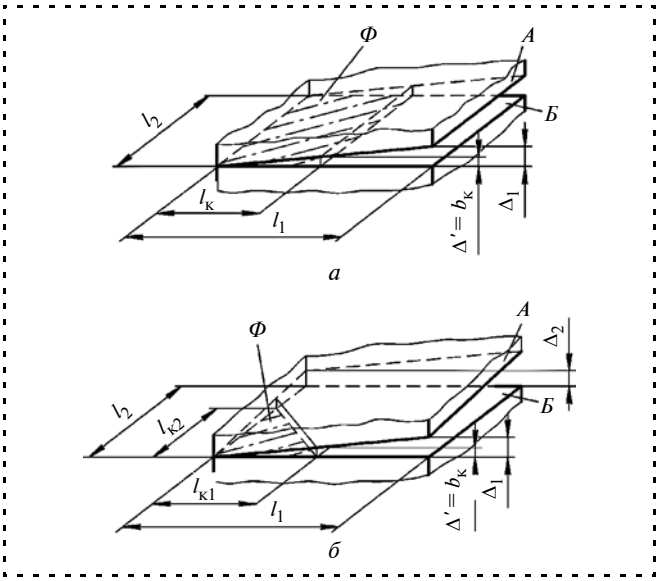


Рис. 1. Варианты сопряжений деталей по плоским поверхностям

где длина расположения границы контакта в направлении раскрытия стыка $l_к$ определяется из условия, что $\Delta' = b_к$, т. е.:

$$l_к = \frac{l_1 b_к}{\Delta_1}. \qquad (3)$$

Здесь $b_к$ – толщина нанесенного слоя копоти.

В результате относительная контурная площадь пятна контакта, выраженная в процентах по отношению к номинальной площади Φ_a, будет равна:

$$\Phi_о = \frac{b_к}{\Delta_1} 100, \%. \qquad (4)$$

При отклонении одной из сопрягаемых поверхностей от другой в двух направлениях на Δ_1 и Δ_2 (рис. 1, *б*) пятно контакта будет иметь форму треугольника, контурная площадь которого равна:

$$\Phi_c = \frac{l_1 l_2 b_к^2}{\Delta_1 \Delta_2}. \qquad (5)$$

Относительная контурная площадь пятна контакта, %:

$$\Phi_о = \frac{50 b_к^2}{\Delta_1 \Delta_2}. \qquad (6)$$

Рассмотрим контакт плоской поверхности с выпуклой в предположении, что выпуклая поверхность имеет постоянный радиус кривизны R (рис. 2, *а*).

В этом случае пятно контакта имеет вид прямоугольника со сторонами $l_к$ и l_2. Раскрытие стыка на границе пятна контакта при $\Delta' = b_к$:

$$l_к = 2\sqrt{2 b_к R' - b_к^2}. \qquad (7)$$

Значение радиуса R', входящего в формулу (7), можно приближенно выразить через выпуклость Δ и длину детали в продольном направлении l_1:

$$R' = R + b_к = \frac{l_1^2}{8(\Delta + b_к)}. \qquad (8)$$

После подстановки формулы (8) в выражение (7), при допущении, что $b_к^2 = 0$ (поскольку $b_к \ll 1$), получим:

$$l_к = l_1 \sqrt{\frac{b_к}{\Delta + b_к}}. \qquad (9)$$

Тогда с учетом выражения (9) контурная площадь пятна контакта:

$$\Phi_c = l_1 l_2 \sqrt{\frac{b_к}{\Delta + b_к}}. \qquad (10)$$

Относительная контурная площадь пятна контакта, %:

$$\Phi_о = \sqrt{\frac{b_к}{\Delta + b_к}} 100. \qquad (11)$$

При сопряжении плоской поверхности с поверхностью, имеющей выпуклости в продольном и поперечном направлениях – Δ_1 и Δ_2

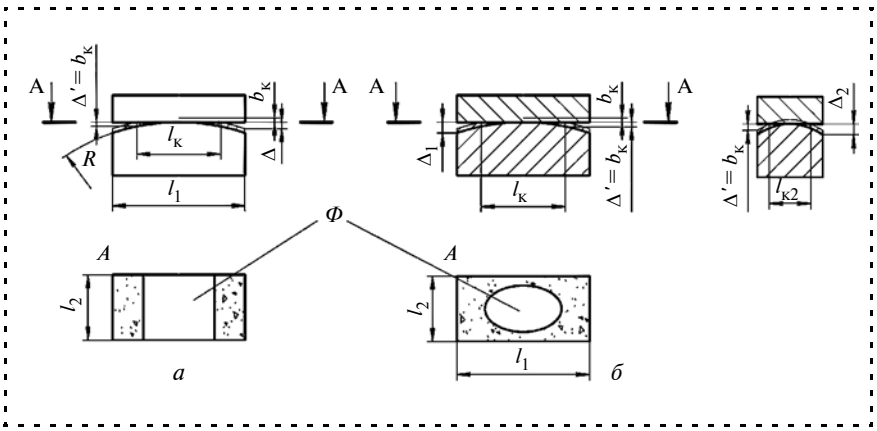


Рис. 2. Варианты сопряжений деталей, имеющих неплоскостность рабочих поверхностей

(рис. 2, *б*), контурная площадь пятна контакта будет равна площади эллипса с осями $l_{к1}$ и $l_{к2}$, т. е.:

$$\Phi_c = 0{,}25\pi l_{к1} l_{к2}. \quad (12)$$

Протяженность пятна контакта в продольном $l_{к1}$ и поперечном $l_{к2}$ направлениях определяется с учетом выпуклости и длины поверхности в соответствующем направлении аналогично зависимости (9), т. е.

$$l_{к1} = l_1\sqrt{\frac{b_к}{\Delta_1 + b_к}}; \quad (13)$$

$$l_{к2} = l_2\sqrt{\frac{b_к}{\Delta_2}}. \quad (14)$$

После подстановки значений $l_{к1}$ и $l_{к2}$ из формул (13) и (14) в формулу (12) получим выражение для контурной площади пятна контакта:

$$\Phi_c = \frac{0{,}25\pi b_к l_1 l_2}{\sqrt{(\Delta_1 + b_к)\Delta_2}}. \quad (15)$$

Относительная контурная площадь пятна контакта, %, для рассматриваемого случая сопряжения поверхностей

$$\Phi_o = \frac{25\pi b_к}{\sqrt{(\Delta_1 + b_к)\Delta_2}}. \quad (16)$$

Погрешности положения и формы взаимодействующих поверхностей

Тип поверхностей контакта	Исходная зависимость Φ_o, %	Обратная зависимость
1. Две плоскости совпадают в одном направлении (рис. 1, *а*)	$\Phi_o = 100\frac{b_к}{\delta_1}$	$\delta_1 = 100\frac{b_к}{\Phi_o}$
2. Две плоскости смещены по двум направлениям относительно друг друга (рис. 1, *б*)	$\Phi_o = \frac{50b_к^2}{\delta_1\delta_2}$	$\delta_1\delta_2 = \frac{50b_к^2}{\Phi_o}$
3. Плоскость контактирует с цилиндрической поверхностью (рис. 2, *а*)	$\Phi_o = 100\sqrt{\frac{b_к}{\delta_1}}$	$\delta_1 = 100\frac{b_к}{\Phi_o}$
4. Плоскость контактирует с эллипсоидной поверхностью (рис. 2, *б*)	$\Phi_o = \frac{25\pi b_к}{\sqrt{\delta_1\delta_2}}$	$\delta_1\delta_2 = \frac{\pi^2 b_к^2}{\Phi_o}$

Аналогичным образом определяется площадь пятна контакта для других случаев сопряжения поверхностей взаимодействующих деталей.

В ходе проектирования вероятна задача, когда для заданного размера пятна контакта требуется определить погрешности положения и формы взаимодействующих поверхностей. Данная задача является обратной по отношению к рассмотренной ранее, и методика ее решения основана на использовании ранее установленных зависимостей вида (4), (6), (11), (16). Эти зависимости применительно к данной постановке задачи могут быть преобразованы к виду, представленному в таблице.

Погрешности δ_1 и δ_2 соответствуют величинам Δ_1 и Δ_2 и могут быть определены через заданные значения Φ_o и $b_к$. Если первый и третий случай определены однозначно, то второй и четвертый задают только взаимосвязь погрешностей. Для расчета допустимых линейных смещений следует задать одно из значений.

Вывод

Показана возможность определения площади пятна контакта собираемых деталей в зависимости от заданных норм точности относительного положения контактирующих поверхностей при их изготовлении. Возможно также решение обратной задачи: определение необходимой точности изготовления собираемых деталей при их механической обработке для получения требуемой площади пятна контакта при сборке изделия.

Библиографический список

1. **Васильев А.С., Грязев В.М., Ямников А.С.** Функционально связанные сборочные размерные цепи, обеспечивающие нормированный контакт поверхностей // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 5. С. 36–40.

2. **Терехин Н.А., Ямников А.С., Грязев В.М.** Сравнительные характеристики поверхностной жесткости деталей // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. № 6. Ч. 2. С. 168–173.

3. **Ямников А.С., Маликов А.А., Грязев В.М.** Специфика решения размерных цепей с нормированным пятном контакта поверхностей / Материалы 4-й междунар. науч.-тех. конф. "Наукоемкие технологии в машиностроении и двигателестроении". 3–5 сентября. В 2 ч. Рыбинск, РГАТУ, 2012. Ч. 1. 334 с. С. 194–199.

4. **Ямников А.С., Ямникова О.А.** Имитационное моделирование компонентов технологических систем: учеб. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. 191 с.

5. **Gryazev V.M., Yamnikov A.S.** Methodical bases of the solution of dimension chains with norm of soot surface contact / European science and technology, Oktober 30th–31st, Publishing offise Vela Verlag Waldkraiburg. Germany, Munich, 2012. Vol. 1. P. 161–168.

531.7:621.9

О.В. Захаров, *д-р техн. наук,* **С.М. Усынин**
(Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина)
E-mail: zov17@mail.ru

Центрирование заготовок по окружности минимальной зоны при сборке и обработке*

Обоснован и реализован простой и эффективный алгоритм контроля круглости деталей на основе окружности минимальной зоны. По результатам сравнения со средней и прилегающей базовыми окружностями гарантируется минимальное значение круглости.

This article is the presentation of the simple and effective algorithm of the control of roundness details on the basis of minimum zone tolerance circle. It's proved and realized here. By comparing with the least squares circle, maximum inscribed circle and minimum circumscribed circle is guaranteed minimum value of roundness.

Ключевые слова: контроль, круглость, окружность минимальной зоны.

Keywords: control, circularity deviation, minimum zone tolerance circle.

Более половины деталей имеют круговые поверхности (цилиндрические, конические, сферические, тороидальные) и используются в ответственных соединениях машин и механизмов. Наибольшие трудности при изготовлении и последующей сборке вызывает обеспечение точности формы, от которой во многом зависит качество сопряжения. Номинальная форма поперечного сечения круговых поверхностей представляет собой окружность, а комплексный показатель, регламентирующий отклонение формы – круглость (отклонение от круглости), показывает, насколько реальный профиль отличается от базовой окружности.

Актуальные задачи – научно обоснованный выбор базовой окружности при контроле, разработка эффективных алгоритмов нахождения центра и радиуса базовых окружностей и методик обработки результатов измерения. Это позволит, с одной стороны, более качественно проводить предварительные измерения, селективную сборку деталей, а с другой – назначать меньшие припуски при обработке с гарантированным исправлением погрешностей формы заготовок.

На практике получили применение три вида базовых окружностей: средняя, наружная и внутренняя прилегающие минимальной зоны. Традиционно используемые в отечественном стандарте ГОСТ 24642–81 (заменен ГОСТ Р 53442–2009) прилегающие окружности воспроизводят идеальный сопрягаемый профиль, что можно считать справедливым для соединений с зазором. Преимущество средней окружности заключается в простом и однозначном математическом определении ее параметров методом наименьших квадратов, а физический смысл обычно интерпретируют как равномерное распределение площадей материала в сопряжениях с прессовыми посадками. Недостатком является зависимость получаемых результатов от числа и расположения контролируемых точек на профиле.

Окружность минимальной зоны, предлагаемая в качестве основного варианта в стандарте ISO 12181-1:2011, можно представить как зону траектории движения в процессе обработки и измерения детали. Преимущества окружности минимальной зоны по сравнению с другими не нашли достаточного отражения в технической литературе.

Решение задачи нахождения центра и радиусов средней и прилегающих окружностей достаточно полно изложено в литературе [1–5]. Расчет окружности минимальной зоны более сложен и реализуется исключительно итерационными методами.

Общие рекомендации дает стандарт ISO 12181-2:2011, однако вопрос об эффективности конкретных методик и алгоритмов до сих пор остается открытым [6, 7]. В связи с этим в статье рассмотрен

* Работа выполнена при поддержке гранта МД-1377.2014.8 Президента РФ.

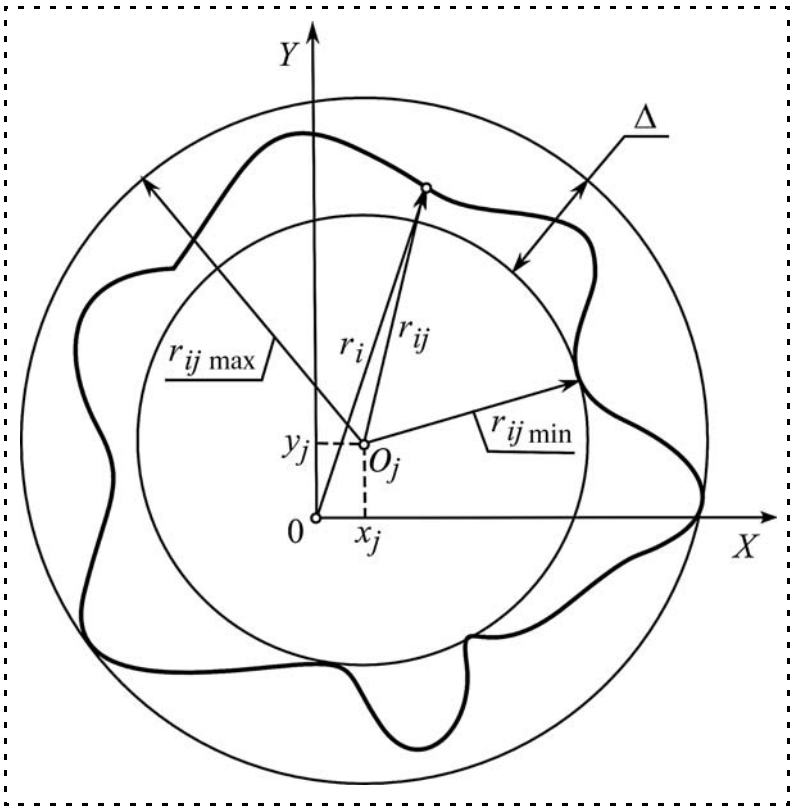


Рис. 1. Расчетная схема контроля круглости

простой и эффективный алгоритм поиска окружности минимальной зоны и дано сравнение получаемых результатов с использованием других баз.

Согласно определению, зоной минимальной ширины называют зону, образованную двумя концентричными окружностями, охватывающими профиль детали извне и изнутри, причем радиальное расстояние между этими окружностями минимально. При этом ширина зоны и определяет величину круглости. Таким образом, наилучший результат соответствует минимальному значению круглости. Это значение целесообразно использовать при сравнении как методов, использующих различные базовые окружности, так и конкретных алгоритмов, реализующих данные методы.

Сущность предлагаемого итерационного метода заключается в минимизации собственно ширины кольцевой зоны (рис. 1). Для этого вначале профиль детали задают в декартовой системе координат (XOY) с неизвестными координатами (x_j, y_j) центра O_j относительно начала O исходной системы координат. Затем находят целевую функцию F (ширину кольцевой зоны), которая минимизируется итерационной процедурой:

$$F = \{r_{ij\max} - r_{ij\min}\} \to \min,$$

где $r_{ij\,\max}$ и $r_{ij\,\min}$ – максимальное и минимальное значения радиусов r_{ij} профиля детали на j-м шаге варьирования координат центра (x_j, y_j).

Алгоритм расчета параметров окружности минимальной зоны показан на рис. 2. Исходными данными выступают координаты (x_i, y_i) профиля детали. Вначале в интерактивном режиме вводят параметры:

- начальные координаты (x_0, y_0) центра окружности;
- значения шагов по координатам Δx, Δy;
- коэффициент пропорциональности шага n;
- минимальный шаг Δ.

Анализ показал, что целевая функция от двух переменных $F(x_j, y_j)$ имеет только один локальный минимум, овражный эффект отсутствует, поэтому выбор начального приближения не столь важен.

Процедура поиска центра O_j окружности минимальной зоны реализуют в следующей последовательности. Рассчитывают начальное значение целевой функции F для введенных исходных данных. Затем последовательно выполняют шаги по координатам x_j, y_j и определяют значения соответственно r_{ij}, F_j, F'_j на каждом шаге.

В зависимости от результатов сравнения значений F, F_j, F'_j выбирают направление последующих шагов. Если целевая функция не уменьшается после перебора всех направлений, то минимум находится в окрестности этой точки, поэтому уменьшают шаги Δx, Δy на величину n, тем самым сужая область поиска. В качестве критерия окончания поиска выступает уменьшение величины шага по координатам (принимаются равными для x, y) до значения Δ.

На основе рассмотренного алгоритма разработана программа в среде Matlab. Пример моделирования представлен на рис. 3, где профиль детали задан 500 точками, увеличение 5000 раз, фильтр 50 и ширина зоны 10 мм. Расчет круглости для сред-

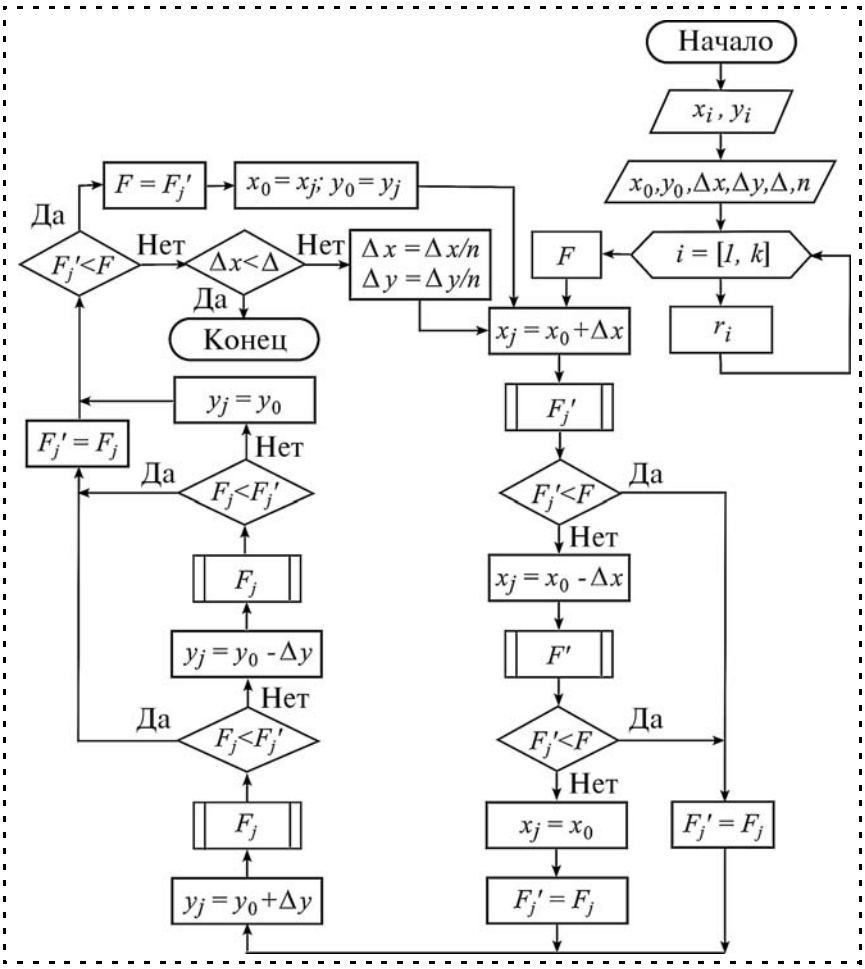


Рис. 2. Алгоритм расчета окружности минимальной зоны

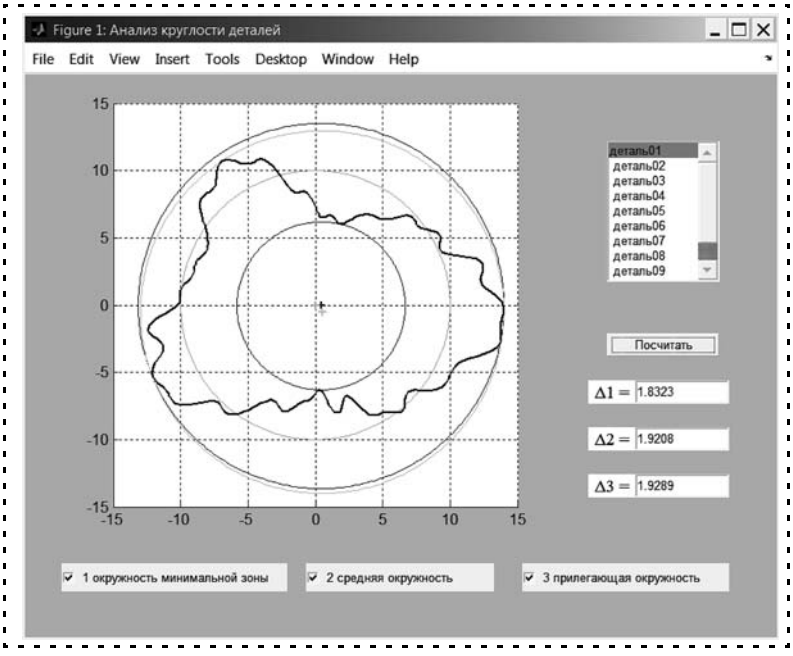


Рис. 3. Моделирование контроля круглости

ней и прилегающей окружностей реализован по известным формулам.

Проверка разработанного алгоритма на тестовых примерах (приведенных в ISO 12181-2:2011, для эллипса Косини, незамкнутых профилей), а также различных реальных деталей показала его надежность и высокое быстродействие. Обеспечивается хорошая сходимость в случаях неравномерного расположения измеренных точек на профиле (например, при неточном центрировании на кругломере) или для дуг окружностей с углами 90...180°.

Проведены исследования контроля круглости при использовании различных баз. В качестве объекта были выбраны две партии по 50 роликов подшипников диаметром 16 мм после бесцентрового шлифования. Допуск на круглость составлял 2 мкм. Измерения проводили на приборе "Talyrond 73" (Taylor Hobson, Великобритания), оснащенном компьютером, в условиях ОАО "Саратовский подшипниковый завод". Результаты контроля после статистической обработки даны в таблице.

Анализ результатов контроля показал, что наилучший результат обеспечивает база в виде окружности минимальной зоны. По сравнению со средней и прилегающей наружной окружностью, которые в данном примере показывают примерно равные результаты, среднее значение снижается на 10,6, а стандартное отклонение – на 21,2 %. В итоге доля забракованных деталей в партии уменьшается в 3 раза по сравнению со средней окружностью и в 4 раза по сравнению с прилегающей окружностью. Это позволило повысить число годных подшипников при селективной сборке.

Таким образом, обоснован и реализован простой и эффективный метод контро-

Результаты контроля круглости роликов подшипников

Параметр	Базовая окружность		
	Средняя	Прилегающая	Минимальной зоны
Среднее значение круглости, мкм	1,49	1,50	1,34
Стандартное отклонение круглости, мкм^2	0,33	0,33	0,26
Процент забракованных деталей, %	12	16	4

ля круглости на основе окружности минимальной зоны. Данный метод наилучшим образом отвечает физическому смыслу измерений и обеспечивает минимальное значение круглости. Помимо контроля круглости другими направлениями практического применения метода, построенного на использовании окружности минимальной зоны, могут стать центрирование деталей при измерении на кругломерах [8] и центрирование заготовок при установке на токарно-карусельных станках и обрабатывающих центрах [9].

Библиографический список

1. **Авдулов А.Н.** Контроль и оценка круглости деталей машин. М.: Изд-во стандартов, 1974. 176 с.
2. **Гебель И.Д.** Выбор базовой окружности при измерении формы профиля тел вращения // Измерительная техника. 1971. № 10. С. 20–24.
3. **Курносенко А.И.** Об алгоритмах обработки координатных измерений круглых профилей и сферических поверхностей // Измерительная техника. 1992. № 1. С. 25–27.
4. **Сравнение** методов анализа отклонений от круглости / М. Довица и др. // Измерительная техника. 2013. № 9. С. 37–39.
5. **Никольский А.А., Королев В.В.** Точный метод измерений на кругломерах формы поперечных сечений сложного профиля без предварительного центрирования // Измерительная техника. 2011. № 6. С. 24–29.
6. **Changcai Cui, Wei Fan, Fugui Huang.** An iterative neighborhood search approach for minimum zone circularity evaluation from coordinate measuring machine data // Measurement science and technology. 2010. V. 21. N 2. P. 027001.
7. **Fast** genetic algorithm for roundness evaluation by the minimum zone tolerance (MZT) method / A. Rossi, M. Antonetti, M. Barloscio, M. Lanzetta // Measurement. 2011. Vol. 44. № 7. P. 1243–1252.
8. **Захаров О.В., Бржозовский Б.М.** О точности центрирования при измерении на кругломерах // Измерительная техника. 2006. № 11. С. 20–22.
9. **Усынин С.М., Захаров О.В.** Базирование крупногабаритных заготовок с применением окружности минимальной зоны // Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 9. № 3. С. 36–38.

ИНФОРМАЦИЯ

Международный научно-технический семинар "Прогрессивные технологии в машиностроении – ПТМ-2014"

В мае в ВолгГТУ состоялся Международный научно-технический семинар "Прогрессивные технологии в машиностроении – ПТМ – 2014". Перед его началом состоялась встреча гостей с ректором ВолгГТУ, чл.-кор. РАН В.И. Лысаком.

Владимир Ильич тепло поприветствовал участников и пожелал плодотворной работы. Рассказал ректор об истории вуза, его героическом прошлом и о дне сегодняшнем. В частности, о том, что уже четвертый год подряд Волгоградский государственный технический университет признается лучшей организацией региона.

Особое внимание руководитель университета уделил развитию научных исследований и, обращаясь к аудитории, высказал пожелание установления более тесных контактов между учеными, представлявшими вузы – участники семинара. В.И. Лысак привел в качестве примера крупнейший международный форум, который проходил в 2011 г. в ВолгГТУ, – XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, где только гостей собралось 1200 человек! Среди них было много именитых российских и зарубежных ученых, в том числе Нобелевские лауреаты. Волгоградские политехники в нем принимали самое активное участие.

Не обошли вниманием участники семинара и стоящие перед высшей школой проблемы, одна из главных сегодня – снижение числа поступающих в вузы. Физики уступают место лирикам. Пока так получается.

После встречи началась работа семинара. Со вступительным словом выступил первый проректор ВолгГТУ Александр Валентинович Навроцкий. Рассказывая об истории университета, он отметил, что с 1930 г., даты создания вуза, из его стен вышло 110 тыс. выпускников, которые всегда были и остаются востребованными во всех отраслях экономики – от сельского хозяйства до космических систем.

Евгения Дионисовна Макаренко, главный редактор московского издательства "Машиностроение", рассказала о перспективах размещения в международной реферативной базе данных "Scopus" научно-технических журналов издательства. А их, к слову сказать, – 13, в том числе один – переводной.

Начальник управления науки и инноваций ВолгГТУ Николай Алексеевич Кидалов доложил гостям семинара о впечатляющих результатах работы ученых ВолгГТУ по заготовительному производству. Это и технология сварки взрывом, и коррозионно-стойкие материалы для химической отрасли, и композитные материалы для энергетиков, в частности, для Саяно-Шушенской ГЭС, и новые технологии для литейных производств, как для местных крупных предприятий (например, "Волгограднефтемаш"), так и иногородних. И даже в ракетно-космической отрасли используются материалы, разработанные волгоградскими политехниками.

Международный научно-технический семинар ПТМ-2014 завершился 22 мая. Его участники прослушали научные доклады. Два из них были посвящены захватным устройствам, без которых многие сборочные процессы в современной промышленности неосуществимы. "Хоть патроны делать, хоть воду в бутылки разливать – нигде без конструкторов не обойдешься", – пошутил профессор Тульского госуниверситета В.В. Прейс. Много лет он посвятил совершенствованию дисковых механических загрузочных устройств сначала со своим научным наставником, а потом руководя уже собственными питомцами. Он показал своим коллегам успешно работающие на производстве дисковые захваты, созданные на руководимой им кафедре, а также рассказал о захватном механизме

для сыпучих веществ, который сейчас находится в стадии доработки. Этим заинтересовался профессор кафедры АПП ВолгГТУ Ю.П. Сердобинцев, вместе с доцентом А.М. Макаровым занимающимся проблемами конвейерной расфасовки сыпучих веществ. Возможно, между ТулГУ и ВолгГТУ вскоре установятся новые научные связи. Также тульский ученый поделился опытом повышения публикационной активности за счет выпуска в РИНЦ научных трудов в виде брошюр как более оперативного по сравнению с долговременным ожиданием выхода солидных монографий. Доцент кафедры АПП Е.В. Стегачев, в свою очередь, познакомил ученых с разработанным в университете вариантом вихревых захватных устройств, которые трудно заменимы при сборке агрегатов, имеющих неметаллические прокладки.

Большой интерес собравшихся вызвал доклад профессора Российского государственного университета туризма и сервиса А.Б. Тулинова, хотя его тему можно было назвать смежной с машиностроением. Он рассказал и показал в видеоклипе эффективное применение металлополимерных и антифрикционных эпоксидных композиций при ремонте изделий из металла самого широкого назначения (ЖКХ, машиностроение).

Выступление профессора Московского государственного машиностроительного университета А.Г. Холодковой было посвящено методике преподавания технологии машиностроения будущим конструкторам, а профессор Университета машиностроения (Москва) М.В. Вартанов познакомил коллег с экспериментальной установкой роботизированной сборки.

В завершение мероприятия доцент кафедры АПП ВолгГТУ В.Г. Барабанов пожелал участникам семинара новых творческих успехов и благополучия.

ООО "Издательство **Машиностроение**", 107076, Москва, Стромынский пер., 4
Учредитель ООО "Издательство **Машиностроение**".
Адрес электронной почти издательства: **mashpubl@mashin.ru;**
редакции журнала: **sborka@mashin.ru, http://www.mashin.ru**
Телефон редакции журнала: (499) 268-38-42, тел./факс (499) 268-85-26, факс 268-48-97.
Технический редактор *Патрушева Е.М.* Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 19.08.2014. Подписано в печать 07.10.2014. Формат 60 × 88 1/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88. Свободная цена.
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Адвансед солюшнз".
Отпечатано в ООО «Канцлер», 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.