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 ПО ГРУППАМ НАУЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ: 01.02.00 – МЕХАНИКА, 05.02.00 – МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ, 05.04.00 – ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ, 05.05.00 – ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

2018 Том 19 / **7 (216)**

СОДЕРЖАНИЕ

Технологичность конструкции

Микаева С.А., Микаева А.С., Дюкин А.А. Сборка рециркулятора медицинского бактерицидного 291

Розинов А.Я., Вакулов П.С. Диагностика совершенствования технологии сборки судовых трубопроводов и монтажа в их составе сильфонных сдвиго-поворотных компенсаторов 296

Дубовик Е.А. Модернизация цепного прижима для ремонта ведущего моста автомобилей ЗИЛ-4329 "Кентавр" 300

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Головаш А.Н., Куршакова Н.Б. Анализ понятий и определений термина "качество" для использования в системе технического обслуживания и ремонта подвижного состава 303

Осипович Д.А., Ярушин С.Г., Макеев А.Б. Исследование алгоритмов подбора лопаток при сборке сопловых аппаратов газотурбинного двигателя . 313

Сорокин М.Н., Лопатина А.С. Определение радиального зазора в шарикоподшипнике по его осевому зазору 320

В помощь конструктору, технологу

Житников Ю.З., Житников Б.Ю., Матросов А.Е., Золотарёва О.В. Режимы вращения бойка при испытаниях и штатной работе одношпиндельных гайковертов ударного действия 325

Можегова Ю.Н., Марихов И.Н. Компьютерное моделирование двухшпиндельного гайковерта для завинчивания шпилек 328

Трение и смазка в машинах и механизмах

Шишкарев М.П. Исследование адаптивной фрикционной муфты второго поколения с бифункциональным управляющим устройством 330

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу "Пресса России" — **84967**) или непосредственно в издательстве

Тел.: 8 (499) 269-54-98, 269-54-96

E-mail: sborka@mashin.ru, http://www.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

В.И. КОЛЕСНИКОВ, *академик РАН*

Редакционный совет

МОСКВА

А.С. ВАСИЛЬЕВ (главный редактор), д.т.н., проф.
В.В. БАРДУШКИН, д.ф.-м.н.
И.А. БУЯНОВСКИЙ, д.т.н., проф.
М.В. ВАРТАНОВ, д.т.н., проф.
А.А. ГУСЕВ, д.т.н., проф.
С.М. ЗАХАРОВ, д.т.н.
И.Н. ЗИНИНА, к.т.н., доц.
Ю.Л. ИВАНОВ, д.т.н.
А.В. ИГНАТОВ, к.т.н., доц.
Ю.Г. КОЗЫРЕВ, к.т.н.
А.И. КУМЕНКО, д.т.н., проф.
И.А. ЛЮБИНИН, к.т.н.
Е.А. МИКРИН, д.т.н., акад. РАН
Б.В. ШАНДРОВ, к.т.н., проф.
А.Г. ХОЛОДКОВА, к.т.н., проф.

Региональные редсоветы

БРЯНСК

О.А. ГОРЛЕНКО, д.т.н., проф.

ВЛАДИВОСТОК

Ю.Н. КУЛЬЧИН, акад. РАН
А.А. СУПОНЯ, к.т.н.

ВОЛГОГРАД

М.Г. КРИСТАЛЬ, д.т.н., проф.
В.И. ЛЫСАК, акад. РАН
В.М. ТРУХАНОВ, д.т.н., проф.

ИЖЕВСК

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

КАЗАНЬ

Р.И. АДГАМОВ, д.т.н., проф.

КОВРОВ

Ю.З. ЖИТНИКОВ, д.т.н., проф.

КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ

Б.Н. МАРЬИН, д.т.н.
А.М. ШПИЛЕВ, д.т.н., проф.

НИЖНИЙ НОВГОРОД

С.В. ГОЛУБЕВ, инж.

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.

ПЕРМЬ

С.М. БЕЛОБОРОДОВ, д.т.н.
В.Ф. МАКАРОВ, д.т.н.

РОСТОВ-НА-ДОНУ

А.А. РЫЖКИН, 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

Ю.А. ВАШУКОВ, к.т.н., доц.
М.А. ЕВДОКИМОВ, д.т.н., проф.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Е.В. ШАЛОБАЕВ, к.т.н., проф.

СЕВАСТОПОЛЬ

Е.Л. ПЕРВУХИНА, д.т.н., проф.

ТОМСК

А.В. КОЛУБАЕВ, д.ф.-м.н.
В.Е. ПАНИН, акад. РАН

ТУЛА

А.А. МАЛИКОВ, д.т.н., проф.
В.В. ПРЕЙС, д.т.н., проф.

ХАБАРОВСК

В.И. ШПОРТ, 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.

Украина

КИЕВ

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

ДОНЕЦК

А.Н. МИХАЙЛОВ, д.т.н., проф.

Польша

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

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

Е.М. НУЖДИНА, И.М. ГЛИКМАН

Журнал зарегистрирован в РОСКОМНАДЗОРе. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-63953 от 09.12.2015 г.

© Издательство "Инновационное машиностроение", "Сборка в машиностроении, приборостроении", 2018

THE MONTHLY JOURNAL FOR SCIENTISTS AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

THE JOURNAL IS PUBLISHED UNDER THE PATRONAGE OF INTERNATIONAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING

THE JOURNAL IS AMONG THOSE APPROVED BY RF FOR DISSERTATION PUBLICATION BY GROUPS OF SCIENTIFIC SPECIALTIES: 01.02.00 — MECHANIC, 05.02.00 — MECHANICAL ENGINEERING AND MACHINE SCIENCE, 05.04.00 — POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING, 05.05.00 — TRANSPORT, MINING AND CONSTRUCTION MECHANICAL ENGINEERING

2018 Vol. 19 **7 (216)**

CONTENTS

Manufacturability of a construction

Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Dukin A.A. Assembly recirculator medical germicidal 291
Rozinov A.Ya., Vakulov P.S. Diagnostics of a ship piping assembly technology development and bellows angular lateral expansion joints in their composition . . . 296
Dubovik E.A. Modernization of chain clamp for fixing to axle ZIL-4329 "Centaur" . 300

Quality assurance. Testing. Monitoring

Golovash A.N., Kurshakova N.B. Concepts and definitions of the notion "quality" analysis for using in the system of maintenance and repair of rolling stock . . . 303
Osipovich D.A., Yarushin S.G., Makeev A.B. Research of blades selection algorithms for assembling of gas turbine engine nozzle diaphragm 313
Sorokin M.N., Lopatina A.S. Definition of a radial gap in the ball-bearing on his axial gap 320

Industrial and design engineer's aid

Zhitnikov Yu.Z., Zhitnikov B.Yu., Matrosov A.E., Zolotaryova O.V. The rotation modes stiker at tests and regular work of a single-spindle impact wrench 325
Mozhegova Yu.N., Marikhov I.N. Computer simulation of a two-spindle wrench for wrinkling equipment 328

Friction & lubrication in machines and mechanisms

Shishkarev M.P. The study of adaptive friction clutches of the second generation of bifunctional controlling device 330

Journal is distributed on subscription, whith can be issues in any post office (index on the catalogue of the "Pressa Rossii" — **84967**) or directly in editorial of the journal.
Ph.: 8 (499) 269-54-98, 269-54-96
E-mail: sborka@machin.ru, http://www. mashin.ru
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
V.I. KOLESNIKOV

Editors

MOSCOW
A.S. VASIL'EV (Chief editor)
V.V. BARDUSHKIN
I.A. BUYANOVSKY
M.V. VARTANOV
A.A. GUSEV
S.M. ZAKHAROV
I.N. ZININA
Yu.L. IVANOV
A.V. IGNATOV
Yu.G. KOZYREV
A.I. KUMENKO
I.A. LUBININ
E.A. MIKRIN
B.V. SHANDROV
A.G. KHOLODKOVA

Regional editors

BRIANSK
O.A. GORLENKO
VLADIVOSTOK
Yu.N. KULSHIN
A.A. SUPONIA
VOLGOGRAD
M.G. KRISTAL
V.I. LYSAK
V.M. TRUKHANOV
IZHEVSK
I.V. ABRAMOV
V.G. OSETROV
B.A. YAKIMOVICH
KAZAN
R.I. ADGAMOV
KOVROV
Yu.Z. ZHITNIKOV
KOMSOMOLSK-ON-AMUR
B.N. MARJIN
A.M. SHPILEV
NIZHNY NOVGOROD
S.V. GOLUBEV
OREL
Yu.S. STEPANOV
G.A. KHARLAMOV
ORENBURG
A.N. POLYAKOV
A.I. SERDUK
A.P. FOT
PERM
S.M. BELOBORODOV
V.F. MAKAROV
ROSTOV-ON-DON
A.A. RYZHKIN
RYBINSK
V.F. BEZIAZYCHNYI
V.V. NEPOMILUEV
A.N. SEMENOV
SAMARA
Yu.A. VASHUKOV
M.A. EVDOKIMOV
ST.-PETERSBURG
E.V. SHALOBAEV
SEVASTOPOL
E.L. PERVUKHINA
TOMSK
A.V. KOLUBAEV
V.E. PANIN
TULA
A.A. MALIKOV
V.V. PREYS
KHABAROVSK
V.I. SCHPORT

Belarus
MINSK
V.L. BASINJUK
M.L KHEIFETZ
GOMEL
V.E. STARZHINSKI

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

Poland
P. LEBKOVSKI
E. LUNARSKII

Executive editors of current issue:
E.M. NUZHDINA, I.M. GLIKMAN

The journal is registered by ROSKOMNADZOR.
Registration certificate ПИ № ФС 77-63953. 09.12.2015

© "Innovative Mashinostroenie" Publishers, "Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making", 2018

УДК 621.744.37

С.А. Микаева, *д-р техн. наук,* **А.С. Микаева,** *канд. экон. наук,* **А.А. Дюкин**
(Московский технологический университет)
E-mail: mikaeva@npo.lit.ru

Сборка рециркулятора медицинского бактерицидного

Описаны сборка и устройство рециркулятора медицинского бактерицидного передвижного для обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением в помещениях с повышенным риском распространения возбудителей инфекций.

The assembly and installation of recirculator medical germicidal mobile for air disinfection by ultraviolet radiation in areas with a high risk of spreading infectious agents is designed.

Ключевые слова: установка, рециркулятор, устройство, сборка, воздух, обеззараживание, ультрафиолет, лампа, технические данные.

Keywords: installation, recirculator, device, assembly, air, disinfection, ultraviolet, lamp, specifications.

Разработанный рециркулятор предназначен для обеззараживания воздуха ультрафиолетовым (УФ) излучением в помещениях с повышенным риском распространения возбудителей инфекций в соответствии с требованиями Руководства Р 3.5.1904-04 МЗ РФ "Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях" как в присутствии, так и в отсутствие людей.

Рециркулятор укомплектован безозоновой амальгамной газоразрядной бактерицидной лампой низкого давления АНЦ 500/144-П2-2-28 FLOW. Ртуть внутри лампы находится в связанном состоянии, поэтому при повреждении лампы не требуется проводить меры по демеркуризации помещения [1—4].

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

Воздух из помещения поступает внутрь рециркулятора снизу, проходит через жалюзи в ламповую зону, обеззараживается и через жалюзи с вентилятором возвращается обратно в помещение. Климатическое исполнение рециркулятора — УХЛ, категория размещения 4 по ГОСТ 15150—69 при температуре окружающего воздуха в интервале от +1 до +35 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре + 25 °С.

При воздействии УФ-излучения на живые микроорганизмы имеется оптимальный для их инактивации диапазон длин волн: 250...280 нм (рис. 1).

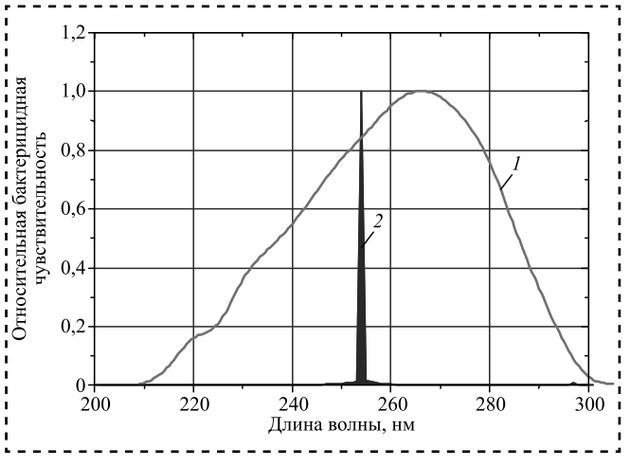


Рис. 1. Кривая бактерицидного действия ультрафиолетового излучения:
1 — бактерицидная чувствительность микроорганизмов; *2* — спектральная линия 254 нм излучения УФ-лампы

sb718.indd 291 02.07.2018 14:10:58

Таблица 1

Поверхностная и объемная дозы УФ-облучения для различных уровней бактерицидной эффективности

Вид микроорганизма	D_S, Дж/м^2 при $J_{бк}$		D_V, Дж/м^3 при $J_{бк}$	
	90 %	99,9 %	90 %	99,9 %
Bacillus Anthracis	45	87	118	507
Bacillus Subtilis	305	580	802	3380
Corynebacterium Dephtheriae	34	65	89	379
Escherichia Coli	30	66	79	385
Legionella pneumophila	20	38	53	221
Mycobacterium Tuberculosis	54	100	142	583
Pseudomonas Aeruginosa (environmental strain)	55	105	145	612
Pseudomonas Fluorescens	35	66	92	385
Salmonella Enteritidis	40	76	105	443
Salmonella paratyphoid (enteric fever)	23	61	60	356
Staphylococcus aureus	49	66	130	385
Influenza virus	36	66	95	385
Hepatitis virus	26	80	68	466
Poliovirus (Poliomyelitis)	110	210	289	1224
Rotavirus	130	240	342	1400
Aspergillus niger (black)	1800	3300	4734	19 240
Mucor ramosissimus (white gray)	194	352	510	2058
Penicillum digitatum (olive)	480	880	1262	5130
Paramecium	700	2000	1640	11 660
Baker's yeast	48	88	126	513
Brever's yeast	36	66	95	385
Common yeast cake	73	132	192	770
Saccaharomyces var. ellipsoides	73	132	192	770
Saccaharomyces sp.	97	176	255	1026

Доза облучения D, или количество энергии, сообщаемое микроорганизмам, которые содержатся в обрабатываемом воздухе, — главная характеристика рециркулятора УФ-обеззараживания. Она равна произведению средней интенсивности УФ-облучения I на среднее время нахождения под облучением t:

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

Экспериментально установленные значения летальных доз УФ-облучения для микроорганизмов различных видов приведены в Руководстве Р 3.5.1904—04. Значения поверхностной D_S и объемной D_V доз для некоторых микроорганизмов для двух уровней бактерицидной эффективности $J_{бк}$ представлены в табл. 1.

Технические характеристики рециркулятора закрытого типа

Напряжение питания, В . . . . . 220 ± 10 %
Частота питающего напряжения, Гц . . . . 50/60 ± 0,2
Тип электропитания . . . . . Однофазное
Число ламп 1
Число ЭПРА 1
Число вентиляторов 1
Число воздушных фильтров 1

sb718.indd 292 02.07.2018 14:10:58

Габаритные размеры (высота × ширина × глубина), мм . . . . . 1466 × 835 × 656
Масса, не более, кг 100
Материал корпуса . . . . . Крашеная углеродистая сталь (08кп, цвет RAL 7035)
Степень пыле- и влагозащищенности (ГОСТ 14254—96) . . . . . IP 20
Панель управления . . . . . ЖК-дисплей
Отключение по перегреву . . . . . Есть
Контроль времени наработки . . . . . Да
Сетевой кабель с вилкой . . . . . С УЗО
Длина сетевого кабеля, м 5
Время установления рабочего режима, не более, мин 2
Продолжительность непрерывной работы, не менее, ч 8

Основное электрооборудование

Тип лампы . . . . . АНЦ 500/144-П2-2-28 FLOW
Срок службы лампы, не менее, ч 12 000
Число включений/выключений лампы, не более 5000
Тип вентилятора . . . . . Центробежный D2E 146-HR93-03
Материал колбы лампы . . . . . Безозоновое кварцевое стекло
Тип ЭПРА . . . . . Электронный Л~220-1х600-2222-161
Потребляемая мощность, не более, кВт 0,6
Класс оборудования по способу защиты от поражения электрическим током I
Корректированный уровень звуковой мощности, не более, дБА 50
Облученность (интенсивность УФ-излучения) на расстоянии 1 м от источника излучения (при открытой крышке), не менее, Вт/м^2 7,5

Воздушный фильтр

Состав . . . . . Полотно фильтровальное, полотно из углеволокна
Класс очистки G3
Возможность промывки . . . . . Только для фильтровального полотна

Условия эксплуатации

Расположение . . . . . В помещениях (indoor)
Тип помещений . . . . . Закрытые отапливаемые и вентилируемые
Относительная влажность при 25 °С, не более, % 80
Температура окружающего воздуха, °С . . . . . +1...+35

Таблица 2

Режимы работы рециркулятора

Режим	Производительность, м^3/ч	Уровень звуковой мощности, дБА, не более	Бактерицидная доза D_S (254 нм) на конец службы лампы, не менее, Дж/м^2	Потребляемая мощность, кВт, не более
1	250	40	977	0,59
2	550	50	444	0,6
Число включенных ламп — 1				

Таблица 3

Бактерицидная эффективность ($J_{бк}$), %

Микроорганизм	Режим работы	
	1	2
КМАФАнМ/ОМЧ	99,9	95
Плесневые грибы и дрожжи	99	90
Кишечная палочка	99,9	
Золотистый стафилококк		

Возможные режимы работы рециркулятора приведены в табл. 2, бактерицидная эффективность — в табл. 3.

Рециркулятор представляет собой корпус *1* с дверью (рис. 2), выполненный из окрашенной листовой стали и смонтированный на передвижной подставке с колесиками *4*. Внутри корпуса расположены: короб *8*, электронный пускорегулирующий аппарат *15* (ЭПРА), автоматический выключатель *7*, концевой микропереключатель *14*, кабельный ввод *9*, дифманометр *6*, термостат, блок питания *10*, воздушный фильтр *11*. Жалюзи *13* и *17* разделяют короб на две части. В нижней части короба расположена ламповая зона с бактерицидной УФ-лампой *16*, а в верхней — вентканера с вентилятором *12*. На внешней стороне двери корпуса размещена панель управления *2* для контроля, управления и настройки параметров рециркулятора. Подача питания на рециркулятор осуществляется главным выключателем *3*, расположенным на боковой панели корпуса. Для подключения рециркулятора к сети служит кабель, оснащенный устройством защитного отключения (УЗО).

sb718.indd 293 02.07.2018 14:10:58

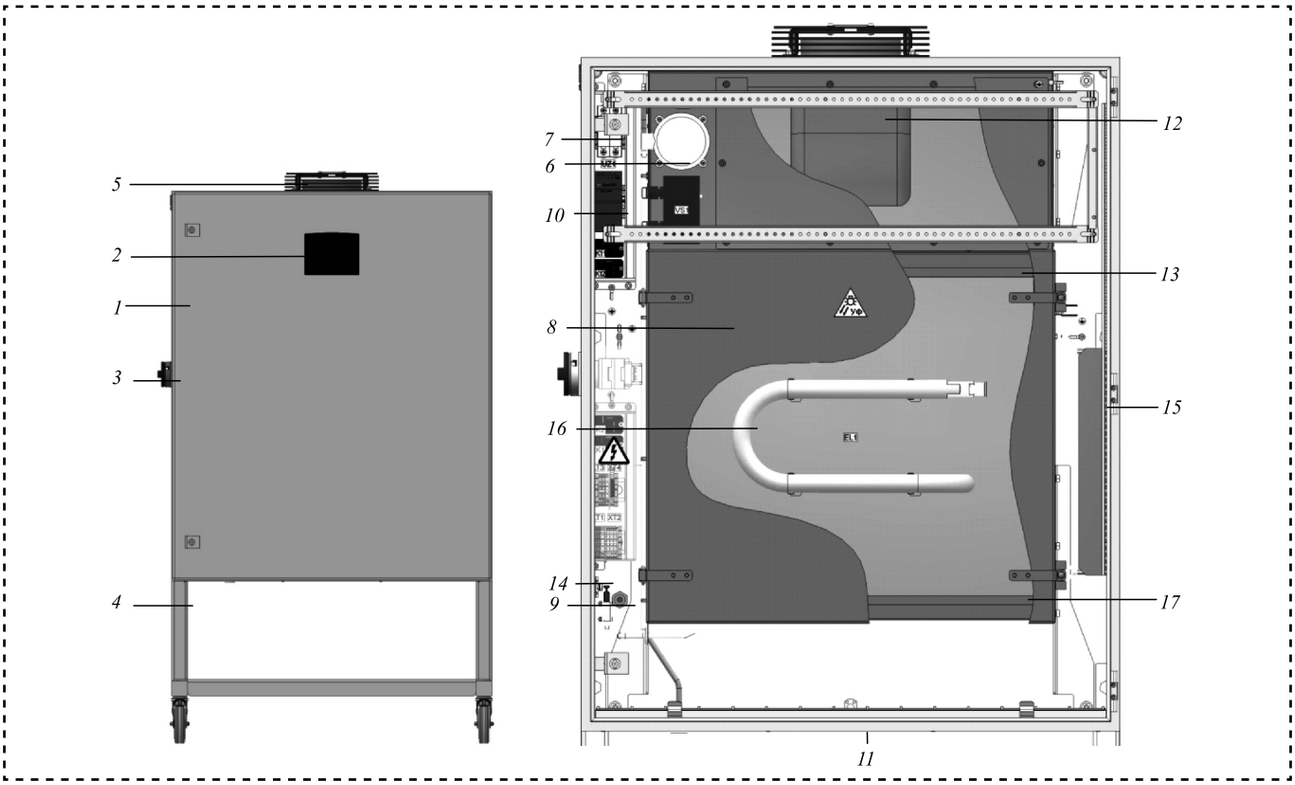


Рис. 2. Общий вид рециркулятора и основные составные элементы:
1 — корпус; *2* — панель управления; *3* — главный выключатель; *4* — подставка; *5* — решетка для вентилятора; *6* — дифманометр; *7* — автоматический выключатель; *8* — короб; *9* — кабельный ввод; *10* — блок питания; *11* — фильтр воздушный; *12* — вентилятор; *13* — жалюзи (верхние); *14* — концевой микропереключатель; *15* — ЭПРА; *16* — УФ-лампа; *17* — жалюзи (нижнее)

Воздух из помещения засасывается через воздушный фильтр *11* снизу, проходит через жалюзи *17*, поступает в короб *8*, обеззараживается и через жалюзи *13* и вентилятор *12* попадает обратно в помещение или в систему воздухораспределения. В целях предотвращения попадания внутрь рециркулятора через решетку вентилятора *5* различных предметов вентилятор снабжен сеткой. Верхние и нижние жалюзи сконструированы таким образом, чтобы исключить выход УФ-излучения наружу.

Для пуска и питания лампы используется ЭПРА. Прогрев УФ-лампы осуществляется в течение 2 мин, о чем на экране панели управления выводится соответствующее сообщение.

Для удобства контроля за работой рециркулятора общий сигнал "Авария" выводят на удаленный диспетчерский пульт.

Рециркулятор работает в двух режимах. Выбор режима осуществляют вручную на экране панели управления. Реализованы следующие функции с соответствующей индикацией на панели управления: контроль исправности УФ-лампы и ЭПРА; учет времени наработки и числа включений УФ-лампы; контроль работы вентилятора; включение/выключение УФ-лампы и вентилятора; аварийное отключение рециркулятора; передача сигнала "Авария" (гальванически развязанные, или "сухие", контакты) для последующего вывода данного сигнала на удаленный диспетчерский пульт.

На экране панели управления отображается информация о состоянии рециркулятора во время работы.

Эксплуатацию рециркулятора осуществляют с соблюдением мер безопасности, а также с учетом требований для рециркуляторов закрытого типа согласно Р 3.5.1904-04.

К работе с рециркулятором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок и ознакомленные с устройством рециркулятора и правилами его эксплуатации.

sb718.indd 294 02.07.2018 14:10:58

На рециркулятор распространяются все требования по технике безопасности при эксплуатации электрооборудования, питание которого осуществляется напряжением 220 В и частотой 50/60 Гц.

В случае возникновения внештатной ситуации необходимо немедленно обесточить рециркулятор.

По типу исполнения рециркулятор — передвижной. При окончательной установке рециркулятора в помещении рекомендуется заблокировать передние колесики с помощью тормозов.

При размещении рециркулятора следует учитывать необходимость свободного доступа к двери корпуса для проведения регламентных и ремонтных работ по замене лампы, обслуживанию фильтра, проверке состояния ЭПРА, контактов внутренней поверхности короба, где расположена лампа, а также свободного доступа к главному выключателю, расположенному на боковой панели рециркулятора.

Рециркулятор должен размещаться в закрытом помещении по ходу основных потоков воздуха (например, вблизи отопительных приборов) и подключен к однофазной сети напряжением 220 В переменного тока частотой 50/60 Гц с обязательным заземляющим проводником.

Не следует располагать рециркулятор вблизи решеток вытяжной вентиляции. В этом случае большая часть очищенного рециркулятором воздуха может удаляться через вытяжное окно, не успевая распространиться в помещении.

Не следует располагать рециркулятор или устройства воздухораспределения таким образом, чтобы выходящая воздушная струя создавала для людей дискомфортные условия.

В случае удаленного контроля сигнала "Авария" с "сухих контактов" необходимо завести кабель типа КСПВГ 2×0,35 (КСПВэГ 2×0,35) через кабельный ввод *9* (см. рис. 2), удалив установленную заглушку, и подключить к клемме ХТ3 в соответствии с электрической схемой, сняв предварительно защитный экран из оргстекла. По окончании электромонтажа защитный экран необходимо установить на место.

Рециркулятор предназначен для непрерывной работы в помещении в течение рабочего времени.

Работа рециркулятора в присутствии людей обеспечивает снижение уровня микробной обсемененности воздуха в помещениях объемом до 500 м^3. Для снижения уровня микробной обсемененности воздуха в помещениях большего объема число рециркуляторов следует увеличивать пропорционально увеличению объема помещения.

Для комфортных условий в помещениях, оборудованных рециркуляторами, следует соблюдать общепринятые правила воздухообмена по СНиП 2.04.05—91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование". Направление потока воздуха, создаваемого рециркулятором, по возможности должно совпадать с направлением основных конвективных потоков воздуха в помещении. При этом следует помнить, что в отопительный сезон радиаторы отопления создают над собой восходящие воздушные потоки, распространяющиеся затем вдоль потолка и опускающиеся у противоположной стены помещения.

При включении рециркулятора на ограниченный период времени минимальную продолжительность его работы рекомендуется определять как минимум однократным прохождением всего объема воздуха помещения через рециркулятор.

Целесообразно совмещать включение рециркулятора с проведением ежедневных уборок перед началом функционирования помещения, так как в процессе уборки происходит интенсивное микробиологическое загрязнение воздуха.

Рециркулятор может применяться в лечебно-профилактических, дошкольных, школьных, производственных и общественных организациях и других помещениях для снижения числа содержащихся в воздухе микроорганизмов и профилактики инфекционных заболеваний.

Библиографический список

1. **Микаева С.А.** Создание нового поколения люминесцентных устройств с улучшенными световыми характеристиками. М.: Научтехлитиздат, 2004. 210 с.

2. **Микаева С.А., Микаева А.С.** Экспериментальные исследования характеристик перспективных источников света, приборов и систем. М.: РУСАЙНС, 2017. 136 с.

3. **Микаева С.А.** Разработка и исследование технологии производства компактных люминесцентных ламп информационно-измерительных приборов и систем. М.: МГУПИ, 2007. 286 с.

4. **Микаева С.А., Микаева А.С., Бойчук М.И.** Сборка установки очистки воздуха // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017. № 7. С. 302—307.

sb718.indd 295 02.07.2018 14:10:58

УДК 621.643.43-762.65

А.Я. Розинов, *д-р техн. наук,* **П.С. Вакулов,** *канд. техн. наук*
(ОАО НПП "Компенсатор", г. Санкт-Петербург)
Тел. 8(812) 532-7742

Диагностика совершенствования технологии сборки судовых трубопроводов и монтажа в их составе сильфонных сдвигово-поворотных компенсаторов

Разработан сдвигово-поворотный компенсатор с конструктивно измененным разгрузочным устройством, представляющим упругий стержень, расположенный внутри и по оси гофрированного сильфона, что позволяет осуществлять пространственный изгиб компенсатора в отличие от плоскостного изгиба применяемых сейчас сдвигово-поворотных компенсаторов. Проведен размерный анализ собираемости сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора новой конструкции. Выполнен анализ и расчеты полей допусков на необходимые сварочные зазоры соединяемых кромок обечаек сильфона с учетом возможных размеров волнистости и овальности. Рассмотрены особенности технологии сборки сильфона нового сдвигово-поворотного компенсатора. Предложено усовершенствование технологии монтажа трубопроводов судов при минимизации применения забойных участков труб.

The angular lateral expansion joint design with a structurally modified pickoff assembly realized as situated inside and endwise the corrugated bellows which allows to carry out a three-axis bending of an expansion joint in contrast to two-axis bending of lateral angular expansion joints implemented is developed. A dimensional analysis of the bellows angular lateral expansion joint assembly of a redeveloped design is carried out. Were analysed and estimated tolerance gaps zones for required joined edges of bellows manacle rings considering possible corrugation and ovality amounts. Technological peculiarities while assembling the bellows of a redeveloped angular lateral expansion joint are considered. In accordance with structural and technological flexibility of a new bellows angular lateral expansion joint it is recommended to develop and modernize the ship piping mounting technology minimizing implementation of bottom-hole pipe areas.

Ключевые слова: судовые трубопроводы, забойные участки, разгрузочное устройство, сильфонный компенсатор, гофрированные обечайки, размерный анализ, конусность, овальность, макроволнистость, среднеквадратичное отклонение, непараллельность, допуск, зазор, гибкость, размерные цепи, замыкающее звено, отклонение фланцев, смещение, случайные величины, нормальные и касательные напряжения.

Keywords: ship piping, bottom-hole areas, pickoff assembly, bellows expansion joints, corrugated manacle rings, dimensional analysis, tapering, ovality, macro-corrugation, mean-square deviation, displacement, tolerance, gap, flexibility, dimension chains, master link, flanges deviation, displacement, random variables, normal and shearing stresses.

При существующей технологии сборки судовых трубопроводов их трассирование и выполнение соединений связано с образованием забойных участков составляющих их элементов.

Разнообразие типоразмеров используемых труб осложняет изготовление и установку забойных участков трубопроводов и монтаж входящих в состав этих трубопроводов сильфонных компенсаторов с традиционным разгрузочным устройством, обеспечивающим возможность одновременного перемещения двух концов компенсатора только в одной (горизонтальной или вертикальной) плоскости. Поэтому эти компенсаторы устанавливают на штатном месте, располагающемся между монтажными стыками судовых трубопроводов, выполняемых с применением забойных труб, которые изготавливают по замерам с места.

Результаты практики монтажа указанных сдвигово-поворотных компенсаторов с традиционным разгрузочным устройством позволили установить, что необходимость применения при этом забойных участков труб приводит к значительному увеличению трудоемкости сборки судовых трубопроводов.

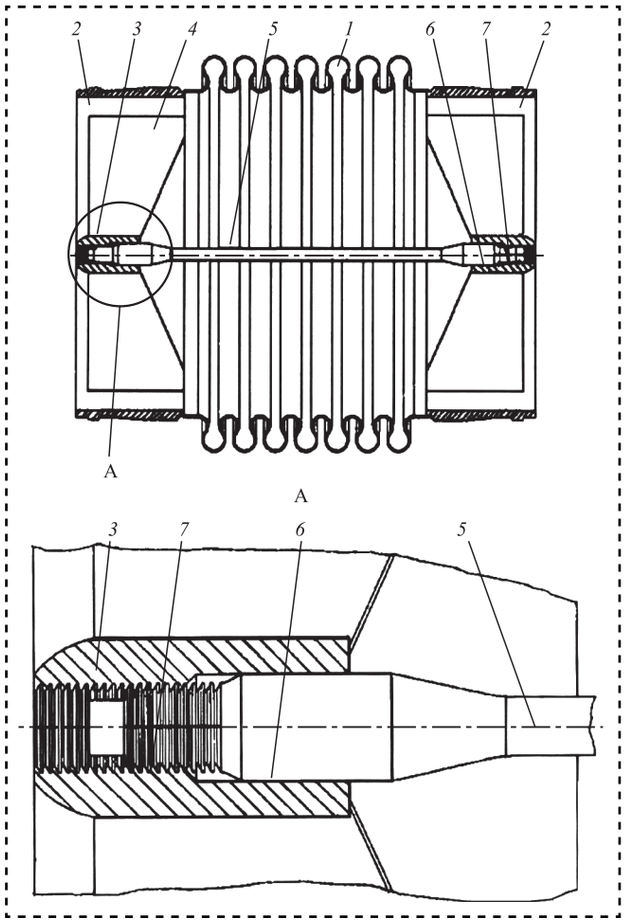
Разработан новый сдвигово-поворотный компенсатор, состоящий из гофрированного сильфона с концевыми патрубками, жестко свя-

sb718.indd 296 02.07.2018 14:10:58

занными радиальными ребрами с втулками разгрузочного устройства. Это устройство представляет упругий стержень, расположенный внутри и по оси гофрированного сильфона и закрепленный на концах втулок, имеющих цилиндрическую резьбу различного направления (рисунок).

Для совершенствования технологии сборки судовых трубопроводов, направленной на существенное сокращение забойных участков, выполнена диагностика монтажа этих трубопроводов с применением сдвигово-поворотного компенсатора.

Проведен размерный анализ собираемости сильфонного компенсатора. Оценена сложность качественного формирования гофров сильфона, выполненных из отдельных гофрированных обечаек. Процесс стыкования таких обечаек зачастую осложнен их конусностью,



Продольный разрез гофрированного компенсатора и фрагмент узла закрепления концов упругого стрежня разгрузочного устройства:
1 — гофрированный сильфон; *2* — концевые патрубки; *3* — втулка; *4* — радиальное ребро; *5* — упругий стержень; *6* — цилиндрическая часть упругого стержня; *7* — резьбовая часть конца упругого стержня

овальностью или макроволнистостью (бухтиноватостью) криволинейных поверхностей. В результате этого возникает разностенность, характеризующаяся погрешностью несовпадения стыкуемых кромок цилиндрических поверхностей. Такие погрешности независимы и случайны, однако они с достаточной точностью подчиняются закону нормального распределения. В случае нормального распределения погрешностей зазоры между соединяемыми кромками могут рассматриваться в виде разности между охватывающими и охватываемыми изделиями (отверстие и вал), среднеквадратичное отклонение размеров которых $\sigma_з$ выражается равенством:

$$\sigma_з = \sqrt{\sigma_{от}^2 + \sigma_в^2}, \qquad (1)$$

где $\sigma_{от}$ — среднеквадратичное отклонение отверстия;

$\sigma_в$ — среднеквадратичное отклонение вала.

При конусности (непараллельности) сопрягаемых поверхностей зазор ε между соединяемыми кромками равномерно изменяется по сопрягаемым поверхностям и его можно рассматривать, как случайную величину с равномерным распределением. Размах равномерного распределения равен сумме непараллельностей вида: $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$. В зависимости от положения сопрягаемых поверхностей друг к другу размах непараллельности может меняться от $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$ до $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$. При одинаковой непараллельности в одном направлении наклона $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$.

При искажении соединяемых кромок в виде овала возникает множество элементарных зазоров, среднеквадратичное отклонение которых σ определяется выражением (1). С увеличением размеров сопрягаемых цилиндрических конструкций допуски на овальность и зазоры в их сопряжениях приходится увеличивать.

В случае овальности сопрягаемых цилиндрических поверхностей зазор будет состоять из двух случайных величин, одна из которых X_1 — зависит от погрешностей сопрягаемых размеров отверстия и вала, а вторая X_2 — от их овальности.

Как в случае конусности, так и в случае овальности практические значения предельных зазоров между кромками соединяемых конструкций могут быть выражены по правилу "трех сигм", согласно которому рассматриваемое отклонение соединяемых кромок соответствует вероятностному закону вида:

$$P(-3\sigma < X < 3\sigma) = 0{,}9973.$$

sb718.indd 297 02.07.2018 14:10:59

Тогда поле допуска зазора $\delta_з = 6\sigma_з$. В этом случае значение $\sigma_з$ может быть найдено через единицу допуска

$$i = 0,5\sqrt{d},$$

где d — допуск.

Для каждого класса точности заданного размера отверстия или вала существует n_i единиц допуска, т.е. $\delta_{от} = n_1 i$; $\delta_в = n_2 i$. При $\delta_{от} = 6\sigma_{от}$ и $\delta_в = 6\delta_в$:

$$\sigma_{от} = \frac{n_1 i}{6}; \quad (2)$$

$$\sigma_в = \frac{n_2 i}{6}. \quad (3)$$

Если выразить среднеквадратичное отклонение σ_3 по выражению (1) через единицу допуска i, тогда:

$$\sigma_з = \sqrt{\left(\frac{n_1 i}{6}\right)^2 + \left(\frac{n_2 i}{6}\right)^2} = \frac{1}{6}\sqrt{n_1^2 + n_2^2}. \quad (4)$$

В результате допуск на зазор, выраженный через единицу допуска, имеет значение:

$$\sigma_з = i\sqrt{n_1^2 + n_2^2}. \quad (5)$$

Волнистость одной из соединяемых поверхностей заметно проявляет себя при сборке соединений цилиндрических и плоских поверхностей, образующих тавровые соединения. В этом случае формирование соединения осуществляют не выравниванием стыкуемых кромок в единую плоскость, как при сборке сильфона, а путем наведения кромки плоской поверхности на линию разметки, нанесенную на цилиндрическую поверхность, и подтягивания (поджатая) торца кромки плоской поверхности к цилиндрической поверхности. Таким образом, должны быть выполнены соединения концевых патрубков гофрированных сильфонов с радиальными ребрами разгрузочного устройства в виде упругого стержня.

Бухтиноватость (макроволнистость) поверхности — случайная погрешность, подчиняющаяся закону нормального распределения, характеризуется среднеквадратичным значением $\sigma_{вл}$ и допуском на зазор $\sigma_{з.вл}$, значения которых могут быть определены по формулам (4) и (5). При практическом совпадении сопрягаемых поверхностей допуск σ_Δ на монтажный зазор между соединяемыми кромками составляет 1,8 мм.

При наличии бухтиноватости волнистость поверхности цилиндрических концевых патрубков гофрированных сильфонов может привести к образованию монтажных зазоров, характеризующихся среднеквадратичным показателем волнистости, достигающим 0,83 мм. В результате этого дисперсия зазоров, вызванная волнистостью поверхности, составит $\sigma_в^2 = 0,83^2 = 0,689$ мм^2.

На качество собираемости влияет волнистость поверхности только одного из соединяемых элементов, тогда дисперсия зазоров $\sigma_в^2 = 0$. В результате среднеквадратичное отклонение зазоров составит:

$$\sigma_з = \sqrt{(0,689 + 0)} = 0,83 \approx 1 \text{ мм}.$$

Сильфонный сдвигово-поворотный компенсатор, изображенный на рисунке, характеризуется возможностью его применения не только как средства гарантии безопасной эксплуатации судовых трубопроводов, но также как технологический элемент повышения эффективности сборки этих трубопроводов. Последнее обеспечивает винтовое крепление концов упругого стержня разгрузочного устройства в опорных втулках этого устройства, позволяющее изменять строительную длину гофрированного сильфона.

Положение упругого стержня по оси гофрированного сильфона способствует увеличению пространственной гибкости сдвигово-поворотного компенсатора не в одной, а в нескольких плоскостях.

Увеличение гибкости сильфонных сдвигово-поворотных компенсаторов позволяет осуществить их монтаж на штатном месте (при формировании различных судовых трубопроводов) путем установки в промежуток между фланцами смежных труб, входящих по отдельности в состав двух смежных частей формируемого трубопровода.

Цель размерно-технологического анализа монтажа сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора с конструктивно измененным разгрузочным устройством — определение необходимых технологических перемещений сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора при его монтаже на штатном месте в составе формируемого судового трубопровода.

Построены две сборочные размерные цепи. Замыкающее звено первой цепи — технологически необходимое изменение длины сильфонного компенсатора $\Delta Г$; замыкающее звено второй цепи — технологически необходимый сдвиг с поворотом фланцев компенсатора — $\Delta Д$, вызванный пространственным отклонением фланцев смежных участков трубопроводов от заданного проектом.

Первая сборочная размерная цепь:

$$\Delta Г = Г_1 + Г_2 - Г_3 + \varphi_1 + \varphi_2, \quad (6)$$

sb718.indd 298 02.07.2018 14:10:59

где $Г_1$ — промежуток между фланцами смежных труб по оси трубопровода, необходимый для монтажа сильфонного компенсатора на штатном месте;

$Г_2$ — технологически необходимое изменение длины сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора;

$Г_3$ — исходная длина используемого сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора;

φ_1 — непараллельность фланца сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора и фланца одной из смежных труб;

φ_2 — непараллельность другого фланца сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора и фланца второй смежной трубы.

Вторая сборочная размерная цепь:

$$\Delta Д = Д_1 + Д_2 + Д_3 + \varepsilon_1 (Д_2 + Д_3) + \varepsilon_2 Г_3, \quad (7)$$

где $Д_1$ — расстояние между осями смежных труб в поперечном направлении оси судового трубопровода в пределах промежутка, где должен располагаться сильфонный компенсатор;

$Д_2$ — смещение оси одной из смежных труб по отношению к оси трубопровода;

$Д_3$ — смещение оси второй смежной трубы по отношению к оси трубопровода;

ε_1 — непараллельность фланцев смежных труб по отношению друг к другу;

ε_2 — технологически необходимое поперечное смещение и поворот фланцев сильфонного сдвигово-поворотного компенсатора, вызванные смещением осей смежных с компенсатором труб по отношению к оси трубопровода.

Согласно принципам полной взаимозаменяемости значения $\Delta Г$ и $\Delta Д$ определены по формулам:

$$\Delta Г = \sum_{i=1}^{m=1} \left|\xi_{Гi}\right| \delta_{Гi} = \delta_{Г1} + \delta_{Г2} - \delta_{Г3} + \delta_{\varphi 1} + \delta_{\varphi 2}; \quad (8)$$

$$\Delta Д = \sum_{i=1}^{m=1} \left|\xi_{Дi}\right| \delta_{Дi} = \\ = \delta_{Д1} + \delta_{Д2} + \delta_{Д3} + \delta_{\varepsilon 1} \left(Д_2 + Д_3\right) + \varepsilon_2 Г_3. \quad (9)$$

Входящие в состав формул (8) и (9) составляющие вида δ, ε и Д физически представляют случайные отклонения типа зазоров между соединяемыми поверхностями фланцев или отклонения от базовых линий из-за неточностей сборки, наличия деформаций после сварки, производственной корректировки трасс формируемых трубопроводов и т.д. Разброс фактических значений выше указанных случайных величин подчиняется вероятностному правилу "трех сигм", так как имеет нормальный закон распределения погрешностей.

Для определения необходимых значений $\Delta Г$ и $\Delta Д$ в формулы (8) и (9) подставлены численные значения составляющих δ, ε и Д, определенные путем информационного поиска и анализа данных:

$$\Delta Г = 400 + 30 — 370 + 1{,}2 + 1{,}2 = \\ = 62{,}4 \approx 63 \text{ мм};$$

$$\Delta Д = 4{,}4 + 2 + 2 + 0{,}8\ (2 + 2) + 0{,}1 \cdot 370 = \\ = 48{,}6 \approx 49 \text{ мм}.$$

Сопоставление численных значений $\Delta Г$ и $\Delta Д$ с геометрическими параметрами возможных модификаций сдвигово-поворотных сильфонных компенсаторов с конструктивно измененным разгрузочным устройством показало, что для осуществления монтажа указанных компенсаторов их гофрированные сильфоны должны быть деформированы по длине на 8...10 % и изогнуты с поворотом соединительных фланцев на 6...7 %. При таких деформациях конструктивно измененного разгрузочного устройства возникающие в нем нормальные и касательные напряжения не превышают допускаемых значений.

Установлено, что несмотря на наличие практически возможного искажения цилиндрических поверхностей и формы изделий, необходимых для изготовления гофрированных сильфонов, обеспечиваются установленные нормативами сварочные зазоры, что является надежной гарантией выполнения сварочных швов надлежащего качества.

С учетом возникающих при монтаже трубопроводов отклонений их соединительных фланцев и фланцев, монтируемых на штатном месте сдвигово-поворотных компенсаторов, совершенствование монтажа трубопроводов путем сокращения количества забойных участков возможно за счет изменения строительной длины сдвигово-поворотных компенсаторов.

Библиографический список

1. **Пат. 2293902 Российская Федерация, МПК[8] F16L51/02.** Компенсатор сдвигово-поворотных перемещений / Вакулов П.С., Каравайченко М.Г., Остахов А.В., Предко Е.М., Анухин В.И.; заявл. 08.04.2005; опубл. 20.02.2007. Бюл. № 5.

2. **Кудрявцев Ф.А.** Обеспечение собираемости крупных сборочных единиц судового оборудования при проектировании и постройке судов модульно-агрегатным методом. Ленинград: ЦНИИ "Румб", 1979. 87 с.

sb718.indd 299 02.07.2018 14:10:59

УДК 656.13:05.22.10

Е.А. Дубовик
(Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону)
E-mail: Dubovik1982@list.ru

Модернизация цепного прижима для ремонта ведущего моста автомобилей ЗИЛ-4329 "Кентавр"

Предложена модернизация прижима, используемого при сборке и разборке ведущего моста грузового автомобиля семейства ЗИЛ-4329 "Кентавр", в результате которой натяжение цепи производится от усилия на штоке пневмоцилиндра.

Proposed modernization of the clamp during assembly and disassembly of drive axle trucks of family ZIL-4329 "Centaur", in which the chain tension will be made from effort on stock of pneumatic cylinder.

Ключевые слова: автомобиль, диафрагма, цепной прижим, модернизация, пневмоцилиндр, сборочно-разборочные работы.

Keywords: car, diaphragm, chain clamp, modernization, cylinder, assembly and deconstruction work.

Цепной прижим предназначен для фиксации ремонтируемого моста на стенде при выполнении разборочно-сборочных работ. Фиксация осуществляется за счет сил трения, возникающих между корпусом моста и призмой опорной поверхности при натяжении цепи. Силы трения возникают между корпусом моста и звеньями цепи. Натяжение цепи происходит за счет перемещения соединенного с ней натяжного винта, который, в свою очередь, перемещается от вращения гайки. Гайка вращается исполнителем технологической операции при помощи рукоятки. Проведен теоретический расчет модернизации цепного прижима.

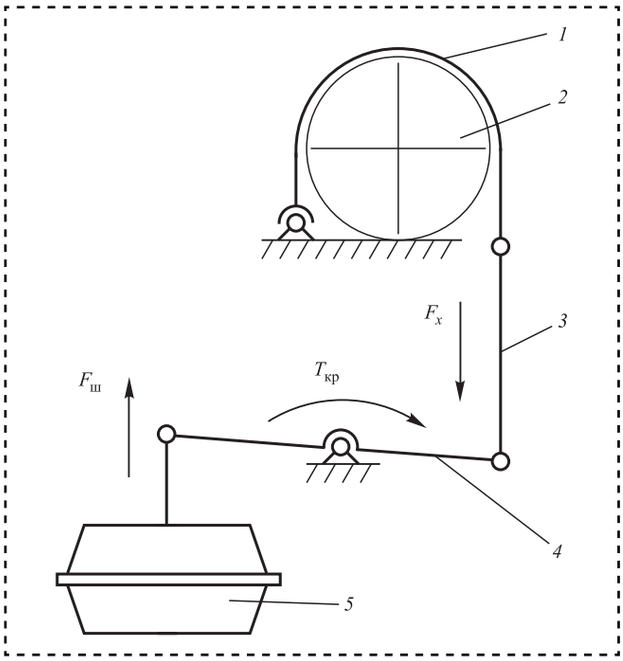
Подбор пневмоцилиндра

Составим кинематическую схему модернизированного цепного прижима (рисунок). Определим силу натяжения цепи, которая обеспечивается при ручном способе натяжения.

Сила, прикладываемая исполнителем технологической операции к рукоятке, вызывает крутящий момент, который расходуется на преодоление сил трения боковой поверхности гайки при упоре и на трение в резьбовой паре по формуле:

$$T_{рук} = T_р + T_{тр}, \quad (1)$$

где $T_р$ — момент трения в резьбовой паре, Н·м;
$T_{тр}$ — момент трения гайки о корпус, Н·м;



Кинематическая схема прижима:
1 — цепь; *2* — корпус моста; *3* — тяга; *4* — рычаг; *5* — пневмоцилиндр

sb718.indd 300 02.07.2018 14:10:59

$$T_{рук} = F_{раб} L, \quad (2)$$

где $F_{раб}$ — максимальная сила, прикладываемая к рукоятке рабочим;

L — плечо приложения силы.

В качестве плеча принимаем расстояние от центра винта до середины рукоятки:

$$T_{рук} = F_x \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \rho_1), \quad (3)$$

где F_x — сила натяжения цепи;

d_2 — средний диаметр резьбы;

ψ — угол подъема винтовой линии;

ρ_1 — приведенный угол трения;

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{P}{\pi d^2}, \quad (4)$$

где P — шаг резьбы;

$$\rho_1 = \operatorname{arctg}\frac{f}{\cos\gamma}, \quad (5)$$

где f — коэффициент трения, для пары трения сталь—сталь $f = 0{,}15$ [1];

γ — угол наклона рабочей грани витка резьбы;

$$T_{тр} = \frac{1}{3} F_x f \frac{\left(D_1^3 - D^3\right)}{\left(D_1^2 - D^2\right)}, \quad (6)$$

где D — внутренний диаметр поверхности трения гайки, $D = 0{,}024$ м;

D_1 — наружный диаметр поверхности трения гайки, $D_1 = 0{,}044$ м.

Подставим формулы (2) и (4) в формулу (6):

$$T_{рук} = F_x \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \rho_1) + \frac{1}{3} F_x f \frac{\left(D_1^3 - D^3\right)}{\left(D_1^2 - D^2\right)}. \quad (7)$$

Откуда имеем:

$$F_x = \frac{T_{рук}}{\left(\frac{d_2}{2}\operatorname{tg}(\psi + \rho_1) + \frac{1}{3} f \frac{\left(D_1^3 - D^3\right)}{\left(D_1^2 - D^2\right)}\right)}. \quad (8)$$

Передача усилия от штока пневмоцилиндра к тяге, соединенной с цепью, происходит через рычаг. Тогда необходимое усилие, развиваемое на штоке пневмоцилиндра, равно:

$$F_ш = \frac{F_x}{\eta^3}, \quad (9)$$

где η — КПД, учитывающий механические потери в шарнирах, $\eta = 0{,}99$.

Определим эффективную площадь и диаметр диафрагмы пневмоцилиндра:

$$S_д = \frac{F_ш}{P_ц \eta_м}, \quad (10)$$

где $P_ц$ — максимальное давление в рабочей полости цилиндра, $P_ц = 0{,}4$ МПа (сжатый воздух) [3];

$\eta_м = 0{,}8$ — механический КПД пневмоцилиндра;

$$D_д = \sqrt{\frac{4S_д}{\pi}}. \quad (11)$$

Максимальный ход штока пневмоцилиндра:

$$h_ш = h_ц \frac{l_1}{l_2}, \quad (12)$$

где $h_ц$ — максимальное перемещение звеньев цепи равно максимальному перемещению натяжного винта;

$l_1/l_2 = 1$ — соотношение длин плеч рычага.

По полученным значениям хода штока и диаметру диафрагмы подбираем пневмоцилиндр. Нашим условиям удовлетворяет тормозная камера автомобиля ЗИЛ-4329. По принятому значению D уточняем максимальную развиваемую силу на штоке пневмоцилиндра, Н.

$$F_ш = \frac{\pi D^2}{4} P_ц \eta_м. \quad (13)$$

Расчет оси

Сила, развиваемая пневмоцилиндром, вызывает деформацию сдвига (среза) оси по двум плоскостям и деформацию смятия. Обычно сопротивление стали деформации сдвига ниже, чем смятия. Поэтому последней пренебрегают и ось рассчитывают только на срез. Так как различия сил, передаваемых каждой из осей механизма, незначительны, то проводим расчет только для оси, соединяющей шток пневмоцилиндра с коромыслом.

Из условия прочности на срез имеем:

$$\tau_{ср} = \frac{4F_{ср}}{\pi d^2} \leqslant \left[\tau_{ср}\right], \quad (14)$$

где $F_{ср}$ — сила среза;

$[\tau_{ср}]$ — предел прочности материала оси на срез, для стали 35 $[\tau_{ср}] = 90$ МПа [1];

d — диаметр оси

sb718.indd 301 02.07.2018 14:10:59

$$d = \sqrt{\frac{4F_{ср}}{\pi\left[\tau_{ср}\right]}}. \quad (15)$$

По ГОСТ 9650—80 выбираем ось тип 6 диаметром d = 0,01 м [1].

Расчет рычага

На рычаг *4* (см. рисунок) действует изгибающий момент, создаваемый усилием штока пневмоцилиндра.

Определим геометрические параметры рычага из условия прочности на изгиб. Выбираем в качестве материала изготовления рычага лист толщиной 20 мм из улучшенной стали 45 по ГОСТ 1050—88 [1].

Из условия прочности на изгиб

$$\sigma_и = \frac{T_{из}}{W} \leqslant [\sigma_и], \quad (16)$$

где $T_{из}$ — изгибающий момент в наиболее нагруженном сечении рычага;

W — осевой момент сопротивления сечения;

$[\sigma_и]$ — допускаемое напряжение изгиба, для стали 45 улучшенной $[\sigma_и]$ = 290 МПа [2];

$$T_{из} = lF_ш\eta, \quad (17)$$

где l — расстояние от оси приложения нагрузки до наиболее нагруженного сечения (точка крепления рычага к кронштейну);

η = 0,99 — КПД, учитывающий механические потери в шарнирах.

Высота рычага, м:

$$h = \sqrt{\frac{6W}{b}}. \quad (18)$$

Учитывая, что в данном сечении рычага располагается отверстие для оси, полученное значение увеличиваем на диаметр отверстия.

Расчет тяги

Тяга *3* (см. рисунок) передает усилие от рычага к цепи. Расчет тяги сводится к определению ее минимального диаметра. В качестве материала изготовления принимаем сталь 35 ГОСТ 1050—88 [1].

Определим минимальное значение диаметра тяги из условия на растяжение.

$$d_т = \sqrt{\frac{4F_т k}{\pi[\sigma]_р}}, \quad (19)$$

где $F_т$ — сила, прикладываемая к тяге, $F_т = F_ш\eta^3$;

k = 3 — коэффициент запаса прочности;

$[\sigma]_р$ — предел прочности материала трубы на сжатие.

Библиографический список

1. **Анурьев В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. М.: Машиностроение, 2001. 920 с.

2. **Решетов Д.Н.** Детали машин: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1989. 496 с.

3. **Краткий** автомобильный справочник. М.: Транспорт, 1995. 129 с.

sb718.indd 302 02.07.2018 14:11:00

УДК 629.488

А.Н. Головаш, *канд. техн. наук*
(Производственное конструкторско-технологическое предприятие "Транспорт", г. Омск),
Н.Б. Куршакова, *д-р экон. наук*
(Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС))
E-mail: nbk2004@mail.ru

Анализ понятий и определений термина "качество" для использования в системе технического обслуживания и ремонта подвижного состава

Проанализированы термины и их определения, связанные с понятием "качество", приведенные в стандартах, научно-технической, учебной и справочной литературе. По каждому термину и определению даны оценочные комментарии. Анализ показал наличие в терминах и определениях ряда неконкретностей, некорректностей, неопределенностей и противоречий. В результате сформулированы выводы и рекомендации по упорядочению использования термина "качество" в системе производства, работ, услуг. Уточнены определения понятия "качество", которые рекомендованы к использованию в системе технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

The terms and their definitions associated with the concept of "quality", given in the standards, scientific and technical, educational and reference literature are analysed. For each term and definition, evaluation comments are given. The analysis showed the presence in terms and definitions of a number of inconsistencies, incorrectness, uncertainties and contradictions. As a result, conclusions and recommendations on streamlining the use of the term "quality" in the system of production, works and services are formulated. The definitions of the concept "quality", which are recommended to be used in the system of maintenance and repair of rolling stock, are specified.

Ключевые слова: качество, система качества, управление качеством, контроль качества, техническое обслуживание и ремонт, подвижной состав.

Keywords: quality, quality system, quality management, quality control, maintenance and repair, rolling stock.

Введение

В настоящее время в научно-технической, учебной и справочной литературе по ремонту и обслуживанию подвижного состава, управлению качеством ремонта технических средств железнодорожного транспорта, организации, планированию и управлению ремонтом подвижного состава, а также в нормативной документации встречаются различные понятия (термины и их определения) с использованием термина "качество". Неоднозначность их понимания и толкования — проблема не только для обучающихся, но и специалистов железнодорожной отрасли.

Цель исследования — на основе анализа терминов и их определений, связанных с качеством, предложить рекомендации по упорядочению использования термина "качество" в системе производства продукции, работ, услуг — в системе технического обслуживания и ремонта подвижного состава (система ТОиР ПС).

Для реализации поставленной цели определены и решены следующие задачи:

сделан обзор требований ГОСТ по использованию терминов и их определений в отношении качества, при их сравнении выявлены принципиальные различия, которые отрицательно сказываются на результатах деятельности по производству продукции, работ, услуг;

sb718.indd 303 02.07.2018 14:11:00

проведена экспертная оценка и сравнительный анализ понятий, связанных с качеством, используемых в образовательном процессе и практической деятельности, установлены факты их неконкретности, некорректности, наличия в них неопределенностей и противоречий; в результате сделан вывод о том, что термин "качество" неоднозначен в научно-технической, учебной, справочной литературе и в нормативной документации;

предложена методическая база для систематизации терминов и их определений, связанных с качеством, а также авторские определения, которые устраняют различия в толковании и могут использоваться как в процессе подготовки работников для железнодорожной отрасли, так и в процессе технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

Объектом исследования выступали понятия и определения, относящиеся к качеству продукции, работ, услуг, предметом являлось их содержание.

В ходе анализа применяли общенаучные методы исследования, метод сравнения, логического анализа, экспертной оценки, обобщения.

Обзор терминов и определений качества в ГОСТ

Требования к качеству продукции, работ и услуг формулируются государством и содержатся в государственных стандартах, которые создаются для различных отраслей и систем. Они построены на общих для каждой отрасли понятиях — терминах, определениях и, при необходимости, пояснениях к ним.

В ГОСТ, разработанных в СССР и действующих в настоящее время, термины, установленные конкретными стандартами (например, ГОСТ 15467—79 "Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения" и ГОСТ 18322—78 "Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения"), обязательны для применения в документации всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературе. Для каждого понятия устанавливается один стандартизированный термин. Применение терминов-синонимов стандартизированного термина запрещается. Установленные определения разрешается, при необходимости, изменять по форме изложения, не допуская нарушения границ понятий.

Согласно ГОСТ, разработанных в Российской Федерации (например, ГОСТ Р 27.002—2015 "Надежность в технике. Термины и определения"), для каждого понятия устанавливается один стандартизированный термин. В отличие от ГОСТ времен СССР термины, устанавливаемые стандартами Российской Федерации, рекомендуются для применения. Рекомендуются — значит не запрещаются, т.е. в ГОСТ Российской Федерации не запрещено применять термины-синонимы, что затрудняет понимание одного и того же термина. Это приводит к тому, что в практической деятельности специалисты используют различные термины и определения, а ученые имеют возможность предлагать новые термины и определения.

Поскольку исполнение стандартов в Российской Федерации, согласно существующим законам, носит рекомендательный характер, то и требования к качеству для производителя, в том числе и по ремонту подвижного состава, тоже носят рекомендательный характер. Для подтверждения этого вывода сравним два действующих ГОСТа по системе технического обслуживания и ремонта техники, в том числе подвижного состава.

В ГОСТ 18322—78 система ТОиР техники определяется как совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему. В соответствии с ГОСТ 32884—2014 ТОиР железнодорожного подвижного состава — совокупность технических средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для выполнения задач технического обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава.

В обоих определениях указаны элементы системы ТОиР — средства, документация и исполнители, однако цели системы разные. В первом определении это поддержание и восстановление качества изделий, входящих в систему ТОиР, во втором — выполнение задач технического обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава. Но если в первом определении упоминается качество, то во втором — его нет, хотя в самом

sb718.indd 304 02.07.2018 14:11:00

ГОСТ 32884—2014 дается определение качеству отремонтированного железнодорожного подвижного состава как степени соответствия совокупности технических характеристик отремонтированного железнодорожного подвижного состава или его составных частей требованиям нормативной и технической документации. Тем самым в определение понятия "качество" введена неопределенность — "степень соответствия", что для системы производства продукции, работ, услуг является невыполнимым условием. На практике в "системе производства" для выпуска продукции или оказания услуг обязательно имеются утвержденные регламентирующие документы и нормативно-техническая документация, которые включают в себя конкретную технологию и конкретные требования на выпускаемую продукцию, выполнение работ, оказываемые услуги.

Согласно ГОСТ 15467—79 качество продукции — совокупность свойств продукции, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. В этом определении заложены неопределенности — совокупность свойств, пригодность удовлетворять определенные потребности. В практической деятельности для выполнения работ специалистам необходима конкретность, которая заключается в том, что качество должно соответствовать предъявляемым (утвержденным нормативным) требованиям в "системе производства", а изменение требований осуществляется за счет управления в "системе производства". Требования к качеству продукции определяются показателями ее качества.

В соответствии ГОСТ 15467—79 показатель качества продукции — количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления. Определение термина "показатель качества" выражено более конкретно — количественная характеристика в нормативно-технической документации.

По ГОСТ Р ИСО 9001—2015 "Системы менеджмента качества. Требования" качество — степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям.

На практике для того, чтобы использовать данное определение, специалистам приходится найти ответ на вопрос — как оценивать степень соответствия и для чего приводится неопределенность — "совокупность присущих характеристик объекта".

Подводя промежуточный итог результатам, полученным при решении первой задачи, сформулированы следующие выводы:

в определениях термина "качество" в ГОСТ присутствуют неопределенности, которые нельзя выполнить;

требования ГОСТ РФ к качеству продукции, работ, услуг для производителя, в том числе и по ремонту подвижного состава, носят рекомендательный характер. Это приводит к тому, что производитель, особенно недобросовестный, имеет право не выполнять рекомендации и, как правило, защищает свои интересы, а не интересы потребителя. В развитых странах для защиты потребителей создаются государственные испытательные центры по различным направлениям, научно-исследовательские институты, которые участвуют в разработке обязательных для исполнения государственных стандартов. На основании этих стандартов осуществляется контроль со стороны государства и, в случае обнаружения нарушений к производителю, применяются жесткие санкции. В России эти институты только зарождаются. До тех пор пока государство не будет выполнять свои функции, интересы потребителя будут ущемляться, а производитель будет получать необоснованную прибыль.

Сравнительный анализ понятий, связанных с термином "качество"

Проведены сравнения в системе ТОиР ПС понятий: качество продукции (работ, услуг) и система качества; качество управления и качество менеджмента; управление качеством и менеджмент качества; система управления качеством и система менеджмента качества; контроль качества и система контроля качества.

1. Качество и система качества.

Согласно экономическому словарю качество — это совокупность свойств, признаков продукции, товаров, услуг, работ, труда, обусловливающих их способность удовлетворять потребности и запросы людей, соответствовать своему назначению и предъявляемым требованиям [1].

sb718.indd 305 02.07.2018 14:11:00

Совокупность свойств, признаков, способность удовлетворять потребности и запросы, соответствовать назначению и требованиям — это неопределенности. В результате определение состоит из неопределенностей, которые выполнить невозможно.

На железнодорожном транспорте согласно Правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации "сооружения, устройства, механизмы, оборудование железнодорожного транспорта, специальные программные средства, используемые для организации перевозочного процесса, должны соответствовать техническим регламентам, нормам и правилам...".

В данном требовании нет упоминания о качестве, но указано на требование соответствия норм и правил. Из этого можно сделать вывод, что качество — это и есть соответствие нормам и правилам, в которых нормируются также и случайные величины. Для железнодорожного транспорта — это допускаемое количество отказов на один миллион километров пробега.

Все предъявляемые требования к системе ТОиР ПС должны быть конкретными, поскольку неконкретные требования в "системе производства", а тем более осуществление контроля над их выполнением невозможно. Качество в "системе производства" — это неотъемлемое требование, выраженное в конкретных показателях, ко всем элементам системы, а также к процессам создания, функционирования и развития системы. Несоблюдение закономерностей системы производства, в том числе невыполнение требований по установленным показателям, ведет систему к разрушению. Примером того, как "качественно" решаются проблемы качества, может служить известная японская методика решения проблем "5 почему?", которая не ищет "стрелочника", а позволяет найти истинную причину проблемы в системе.

Система качества — это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством. Стандарты серии ИСО 9000 включают в себя пакет документов по созданию систем качества и обеспечению качества, подготовленный членами международной организации "ИСО/Технический Комитет 176" [2]. В стандартах ISO 9000 появилось новое определение термина "система" — это условия, необходимые для управления. Но ведь управление является элементом системы, а не системой. Качество не может быть системой в "системе производства". Оно является необходимым условием функционирования всей "системы производства".

2. Качество управления и качество менеджмента.

Качество управления — эффективная система управления организацией, высокий уровень квалификации высшего и среднего управленческого звена, адекватность функционирования системы управления персоналом целям и задачам организации [3]. На основании этого "качество управления" превратилось в "систему управления". Управление обязано быть эффективным, иначе произойдет разрушение "системы производства".

Качество менеджмента (качество управления) — это степень развития человеческого потенциала (менеджеров высшего звена и служащих, работников), удовлетворения потребностей общества (органов государственной и муниципальной властей, социальных и общественных групп), экономических партнеров (потребителей, дилеров, поставщиков) и финансирующих сторон (акционеров, собственников, инвесторов, финансово-кредитных организаций) с помощью совокупности характеристик менеджмента [4].

Если рассматривать данное определение по составляющим, то можно сделать следующие выводы:

в определении указаны термины-синонимы — "качество менеджмента", "качество управления", что противоречит требованиям ГОСТ;

такие составляющие, как "степень развития"; "человеческий потенциал", "удовлетворение потребностей"; "совокупность характеристик менеджмента", — относятся к неопределенности.

В результате можно сделать заключение: определение состоит из неопределенностей.

Если использовать приведенные выше определения, связанные с термином "качество", для системы производства, то получается — "система качества системы управления (менеджмента) качеством (качества) в системе производства", т.е. — система системы в системе. Отсутствие понимания наименований элементов системы и ее закономерностей, предъявляемых к созданию, функционированию и развитию

sb718.indd 306 02.07.2018 14:11:00

"системы производства" позволяет бессистемно манипулировать терминами и их определениями.

3. Управление качеством и менеджмент качества.

В стандарте ИСО 9000, заменившем стандарт ИСО 8402 в третьем издании, термин "управления качеством" был заменен на "менеджмент качества". В результате из-за несоответствия словосочетания "менеджмент качества" грамматике русского языка, новый термин вместо понятного "управления качеством" стал образцом туманного наукообразия [5].

"Управление качеством — деятельность оперативного характера, осуществляемая руководителями и персоналом предприятия, воздействующими на процесс создания продукции в целях обеспечения ее качества путем выполнения функций планирования и контроля качества, коммуникации (информации), разработки и внедрения мероприятий и принятия решений по качеству" [6].

Из данного определения следует, что управление качеством осуществляется только за счет оперативных действий руководства и персонала "системы производства", а стратегические и тактические действия не играют никакой роли в управлении качеством. На практике, управление качеством в "системе производства" осуществляется конкретно за счет изменений регламентной и нормативно-технической документации, а не за счет управления путем выполнения функций управления.

Согласно ГОСТ 15467—79 управление качеством продукции — действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества.

В данном определении "необходимый уровень качества продукции" — это неопределенность. При этом в ГОСТ приводится термин "система управления качеством продукции", который определяется как совокупность управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих с помощью материально-технических и информационных средств при управлении качеством продукции. В результате получается: система управления качеством системы производства, т.е. система над системой. Искусственно разделены "действия" и "управляющие органы", которые не могут существовать друг без друга. На практике управление "системой производства продукции" является ее неотъемлемым элементом.

В ISO 9000:2005 "Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь" управление качеством — часть менеджмента качества, направленная на выполнение требований к качеству. Менеджмент качества — скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству. Качество — степень, в которой совокупность присущих характеристик соответствует требованиям, а требование — выражение в содержании документа, передающее критерии, которые необходимо выполнить в случае заявления о соответствии данному документу и отклонение от которых недопустимо.

В этом стандарте проведена, без пояснений, подмена понятий "управление" на "менеджмент". В связи с этим возникает ряд вопросов: на каком основании управление — часть менеджмента, неужели без "менеджмента" "управление" не соответствовало бы своему назначению; почему "качество" — это степень соответствия требованиям (это неопределенность), и при этом указана определенность — "критерии соответствия документу, отклонение от которых недопустимо". Такое смешивание, по нашему мнению, ведет к непониманию данного определения. Управление качеством подразумевает изменение требований нормативно-технической документации, с привлечением разработчиков и научных работников. В элементе "управление" системы производства должно быть заложено соблюдение стратегии, тактики и оперативности, в том числе развитие системы, которое является одной из закономерностей "системы производства". Управление качеством осуществляется за счет функции управления "системы производства продукции, работ, услуг", а соблюдается за счет работы "контроля качества". Цель "системы производства" — производство и обеспечение качества продукции, работ, услуг согласно требованиям регламентирующих документов и нормативно-технической документации.

Основателем теории управления качеством принято считать Уильяма Эдвардса Деминга. Именно благодаря Демингу Япония совершила свое экономическое чудо после Второй мировой войны. Восемь принципов СМК разработаны организацией ISO на основе 14 клю-

sb718.indd 307 02.07.2018 14:11:00

чевых принципов Деминга. Применение этих принципов и метода "5 почему?" для решения проблем качества в "системе производства" дают эффективный результат. Но, как показывает практика, эти методы в наших организациях используются явно недостаточно. При этом изложение и смысл по управлению качеством с использованием 14 ключевых принципов Деминга и японского метода "5 почему?" понятны любому специалисту.

Менеджмент качества — деятельность, в которую обычно включают разработку политики и целей в области качества, планирование качества, управление качеством, обеспечение и улучшение качества [7].

В этом определении "менеджмент качества" — это деятельность по качеству, но менеджмент — это управление людьми, а чтобы управлять качеством, т.е. вносить изменения в нормативно-техническую документацию, нужно быть специалистом, а не менеджером. Русскоязычный термин "управление качеством" подразумевает не политику, а стратегическое, тактическое и оперативное управление "системой производства продукции", в том числе и работу с нормативной документацией. Цель в области качества у системы одна — производство конкретной продукции согласно нормативно-технической документации. Качество — это не область, а соответствие регламентирующим документам и нормативно-технической документации. Таким образом, определение термина "менеджмент качества" не является конкретным и понятным, в отличие от русскоязычного термина "управление качеством". Выравнивание русскоязычных и иностранных терминов, которое происходит в настоящее время, приводит к появлению разных терминов с одинаковым определением, что является недопустимым в соответствии с общими требованиями ГОСТ.

4. Система управления качеством. Система менеджмента качества.

В Международных стандартах ИСО 9000 базовым критерием служит менеджмент качества. Система управления качеством в этих стандартах именуется системой менеджмента качества и определяется как система менеджмента для руководства и управления организацией применительно к качеству. Ряд авторов, среди которых и Т.А. Салимова, термин "система управления качеством" применяют для обозначения любой системы качества, а термин "система менеджмента качества" — для системы, соответствующей требованиям МС ИСО серии 9000:2000 [8].

В работе [8] заведомо вводятся термины-синонимы, а пояснений, из каких элементов состоят две последние системы, не приводится. Ввиду того, что любая система не может существовать без управления, эти термины являются, по крайней мере, некорректными.

Система менеджмента качества (СМК) — это часть общей системы управления компанией, которая функционирует в целях обеспечения стабильного качества производимой продукции и оказываемых услуг [9].

На наш взгляд, система не может быть частью системы; определения "общая система" не существует; "цель системы — обеспечение стабильного качества продукции", но качество производимой продукции и оказываемых услуг обеспечивается за счет контроля качества по нормативным требованиям, а не через определение его стабильности, поскольку неясно, чем и на основании чего определяется стабильность. В результате в этом определении присутствует некорректность изложения, не раскрыта суть системы менеджмента качества, не дан ответ на вопрос, что такое эта система. Полагаем, что в определении терминов не должно быть неопределенностей и некорректностей, иначе такое определение теряет смысл.

Система управления качеством (система качества) — это организационная структура, включающая взаимодействующий управленческий персонал, реализующий функции управления качеством установленными методами [5]. Данное определение относится к двум терминам-синонимам, значит одно из них можно сократить. Управление качеством (изменение нормативно-технической документации) — это не система, а одна из основных функций управления "системой производства"

О.И. Волков и В.К. Скляренко считают, что управление качеством продукции должно осуществляться системно, т.е. на предприятии должна функционировать система управления

sb718.indd 308 02.07.2018 14:11:00

качеством продукции, представляющая собой организационную структуру, четко распределяющую ответственность, процедуры и ресурсы, необходимые для управления качеством [10].

По нашему мнению, при рассмотрении "управление качеством" как системы нарушается логика, так как управление является основной функцией жизненного цикла (создания, функционирования, развития) производственной системы и ее элементов. В подтверждение этому приведем определение Л. Берталанфи: "система — комплекс элементов, находящихся во взаимодействии и единстве" [11]. Отсюда следует, что система не может существовать без функции управления, иначе не будет ни взаимодействий, ни единства. Не может быть "системы управления системой". Второй наш аргумент исходит из того, что разработка требований и возможность развития "системы производства" заложены в трех равнозначных видах управления — стратегическом, тактическом и оперативном.

5. Контроль качества и система контроля качества.

В ГОСТ 15467—79 приводится термин "система ведомственного контроля", определение которого дается со ссылкой на ГОСТ 16504—81 "Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения", где приведены термины: "система контроля"; "система ведомственного контроля"; "автоматизированная система контроля"; "автоматическая система контроля" и почему-то не указана еще и "смешанная система контроля". Если в ГОСТ 16504—81 "система контроля" определяется как совокупность средств контроля, исполнителей и определенных объектов контроля, взаимодействующих по правилам, установленным соответствующей нормативной документацией, что соответствует определению термина "система" и понятны предъявляемые требования для контроля, то остальные системы, такие как "система ведомственного контроля" и другие, не являются системами, а относятся либо к видам, либо к методам контроля. Такое вольное использование термина "система" объясняется отсутствием единого конкретного его определения и незнание закономерностей создания, функционирования и развития "системы".

Контроль качества — любая плановая и систематическая деятельность, проводимая на производственном предприятии (в производственной системе), которая реализуется для гарантированного подтверждения того, что производимые товары, услуги, выполняемые процессы соответствуют установленным требованиям клиентов (стандартам) [12].

В данном определении дискуссионным вопросом является установление клиентами требований к производимым товарам, услугам. Потребности клиентов могут учитываться производителями только при изменении нормативно-технической документации на продукцию, товары, услуги.

Совершенствование системы контроля качества — непременное условие ее эффективного функционирования в изменяющихся условиях [5]. Система контроля качества (контроль качества) имеет право и возможности контролировать только исполнение нормативно-технической документации на продукцию. Эффективное функционирование в изменяющихся условиях — это лозунг.

Согласно ГОСТ 15467—79 отсутствие качества — это брак — несоответствие требованиям, которые устанавливаются законодательными актами страны, стандартами, нормативно-технической документацией предприятия или иными аналогичными регламентирующими документами. ISO 9000 рекомендует использовать вместо брака понятие — несоответствие. Значит качество — это всего лишь соответствие регламентирующим документам и нормативно-технической документации. Система контроля качества ТОиР ПС, как система, состоит из трех основных элементов: материальной части — средств технического контроля, информационной части — нормативной документации и финансовой части. Цель этой системы — обеспечение соответствия требований регламентирующих документов и нормативно-технической документации за счет их контроля. Она является относительно независимой от работы всех элементов системы производства продукции, работ, услуг, за исключением руководителя системы производства, иначе под вопросом находится объективность

sb718.indd 309 02.07.2018 14:11:00

контроля, а следовательно, и правильность принятия управленческих решений "системой производства".

Качество в "системе производства" — это неотъемлемое требование, выраженное в конкретных показателях, ко всем элементам системы, а также к ее процессам создания, функционирования и развития. Закономерностями жизненного цикла (создание, функционирование и развитие) системы являются — основные требования для построения различных систем — устойчивость, возможность развития, согласованность целей систем; необходимые условия для функционирования системы — потребность общества, наличие ресурсов, управление; основные условия обеспечения жизненного цикла системы — оптимальность, равнозначность, объективность [13]. Несоблюдение закономерностей, в том числе невыполнение требований по установленным показателям, ведет систему к разрушению. Система контроля качества зависит от сложности, вида, объема продукции в производстве. Она может быть избыточна, недостаточна или оптимальна. В первых двух случаях будет происходить разрушение системы производства. В последнем (оптимальном) случае соблюдается закономерность системы. Оптимизация же зависит от работы управления системой производства и является одной из закономерностей системы. Существуют три основных вида контроля — технологический, периодический и оперативный. Контроль качества (контроль соответствия требований) — это одна из функций управления, за счет которой осуществляется обратная связь в системе производства. Анализ полученной объективной информации при контроле качества позволяет принять правильные управленческие решения.

Основной вывод, сформулированный на основе решения второй задачи, состоит в том, что если попытаться выстроить в единую цепь все термины, связанные с термином "качество", то получится следующее: качество продукции обеспечивается системой управления качеством или системой менеджмента качества, которые обеспечивают управление качеством или менеджмент качества за счет качества управления или качества менеджмента, соблюдая качество всех этапов жизненного цикла продукции и качество всех операций по каждой стадии жизненного цикла продукции, и при наличии системы контроля качества за счет контроля качества в качественной "системе производства".

Подсчитать число всех терминов, связанных с термином "качество", практически невозможно. При этом их определения, как правило, содержат неопределенности, что для управления "системой производства, работы, услуги" является недопустимым условием, так как неопределенностями управлять невозможно. Во многих источниках термин "качество" звучит как лозунг и призыв. И здесь стоит привести один из ключевых принципов Деминга — "откажитесь от пустых лозунгов и призывов". Руководство этим принципом предполагает отказ от использования плакатов, лозунгов и призывов к работникам, которые требуют от них работы без брака, повышения производительности и т. п., но ничего не говорят о методах достижения этих целей. Такие призывы, по мнению авторов, только вызывают враждебное отношение, так как основная масса проблем низкого качества и производительности вызвана системой и, таким образом, их решение находится за пределами возможностей рядовых работников. Развивая этот принцип в отношении системы ТОиР ПС, стоит сказать, что данные проблемы должна решать сама система. Одно из определений термина "система" — это способ решения проблем.

Заключение

Качество — неотъемлемая часть элементов и процессов системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава — системы производства продукции, работ, услуг. Вместе с тем анализ терминов и их определений, связанных с термином "качество", показал наличие в них неконкретности, некорректности, неопределенностей и противоречий, неоднозначного понимания, особенно после введения международных стандартов ИСО. Определения часто противоречат друг другу, не поддаются систематизации.

В определениях терминов, связанных с термином "качество" в ГОСТ присутствуют не-

sb718.indd 310 02.07.2018 14:11:00

определенности, которые нельзя выполнить, а требования ГОСТ РФ к качеству для производителя, в том числе и по ремонту подвижного состава, носят рекомендательный характер.

Термин "качество", в связи с наличием неопределенностей в определениях, является философской категорией. Для практической деятельности "качество" — это всего лишь соответствие установленным требованиям регламентирующих документов и нормативно-технической документации.

Большой объем информации по данному вопросу в учебной, научной и справочной литературе создает сложности в усвоении этого материала, и не только для студентов, но и для специалистов-практиков. К сожалению, как показывает практика, кроме затрат на обучение и сертификацию, влияние на качество не изменилось.

Термины "система качества" и "система управления качеством", "управление" и "менеджмент", а также "система менеджмента качества" и "система управления качеством" — это разные понятия. Менеджмент — это всегда управление людьми, а управление является более общим понятием, так как включает автоматическое управление с использованием современных интеллектуальных технических средств, требует знаний технологических процессов производства, экономических знаний и др. Чтобы качественно управлять системой производства, в первую очередь необходимы знания этого производства. Системы производства (предприятия), в основном, создают талантливые инженеры, а не менеджеры. Инженера проще обучить умению управлять людьми, чем менеджеру усвоить соответствующие специальные знания. Одна из основных закономерностей работы и элемента "системы" — наличие "управления", иначе "система" не является "системой".

В учебной и другой литературе "управление качеством" и "менеджмент качества" используются как тождественные, что противоречит требованиям ГОСТ. Для взаимосвязи терминов в области системного подхода к управлению качеством используются термины "система", "система менеджмента", "система менеджмента качества". Эти определения указывают на то, что "управление качеством", а также "качество управления" не являются системами, и что качество — это соответствие установленным требованиям стандартов в "системе производства".

Причины вышеуказанных недостатков — несоблюдение требований к терминам и определениям, изложенным в Рекомендациях по стандартизации Р.50.1.075—2011 "Разработка стандартов на термины и определения", утвержденные приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии" от 25.03.2011 № 35ст, нарушения общих требований ГОСТ — недопустимость терминов-синонимов.

Методической базой для последующей систематизации терминов и определений, связанных с качеством, может стать конкретное определение термина "система" как условно замкнутой совокупности конкретного количества оптимальных величин взаимосвязанных между собой системообразующих элементов. Взаимосвязь между системами осуществляется на основании согласованных целей. Авторами установлены три группы закономерностей создания, функционирования и развития системы — устойчивость, возможность развития, согласованность целей систем; потребность общества, наличие ресурсов, управление; оптимальность, равнозначность, объективность. Согласно закономерностям "системы" проблема по управлению качеством решается за счет совместной работы двух систем — "системы производства продукции, работ, услуг" и относительно независимой "системы контроля качества", как обратной связи "системы производства продукции".

В целях установления однозначно понимаемой и непротиворечивой терминологии по управлению качеством во всех видах регламентирующей и нормативно-технической документации, научной и учебной литературы предлагается:

— в ходе научной дискуссии, которая может быть проведена в формате круглого стола, тематической секции научно-технической конференции, организованной транспортным вузом, или редакцией научно-технического журнала "Известия Транссиба", выработать единые толкования терминов "качество", "управление качеством", "контроль качества" для системы производства продукции, работ,

sb718.indd 311 02.07.2018 14:11:00

услуг. В качестве вклада предлагается обсудить следующие определения, сформулированные по результатам данного исследования для системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава: **"качество"** — это соответствие требованиям регламентирующих документов и нормативно-технической документации; **"управление качеством"** — это изменения требований регламентирующих документов и нормативно-технической документацией; **"контроль качества"** — это действия по выполнению требований регламентирующих документов и нормативно-технической документацией; **"показатели качества"** — требования регламентирующих документов и нормативно-технической документации;

— организовать межвузовскую рабочую группу, с привлечением производственных специалистов, для анализа ГОСТов, применяемых на железнодорожном транспорте и выработки предложений по их изменению.

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в том, что выявлены проблемы в терминологии, указаны их причины, предложена методическая база для систематизации терминов и определений, связанных с качеством, уточнены понятия "качество", "управление качеством", "контроль качества", "показатели качества" для системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава, которые могут использоваться в учебном процессе технических вузов.

Практическая значимость заключается в том, что уточненные определения терминов "качество", "управление качеством", "контроль качества", "показатели качества", отличающиеся ясностью и точностью, могут быть использованы специалистами при организации, планировании и управлении техническим обслуживанием и ремонтом подвижного состава.

Библиографический список

1. **Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.** Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 1999. 479 с.
2. **Центр** управления финансами [Электронный ресурс]. URL:http://center-yf.ru/data/Menedzheru/Sistema-kachestva.php (дата обращения: 26.07.2017).
3. **Лекции** по менеджменту. Основы менеджмента [Электронный ресурс]. URL:http://infomanagement.ru/lekciya/Kachestvo_upravlenie (дата обращения: 15.07.2017).
4. **Качество** менеджмента [Электронный ресурс]. URL:http://www.wikiznanie.ru/wikipedia/index.php (дата обращения: 15.07.2017).
5. Система управления качеством [Электронный ресурс]. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения: 27.04.2017).
6. **Управление** качеством [Электронный ресурс]. URL:http://dic.academic.ru/dic.nsf/econ_dict/7330/wiki (дата обращения: 26.07.2017).
7. **Управление** качеством [Электронный ресурс]. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения: 27.07.2017).
8. **Салимова Т.А.** Управление качеством: учебник. М.: Изд-во "ОмегаЛ", 2008. 414 с.
9. **Глоссарий.** Система менеджмента качества [Электронный ресурс]. URL: http://www.businessstudio.ru/procedures/glossary/system_management (дата обращения: 07.07.2017).
10. **Волков О.И., Скляренко В.К.** Экономика предприятия: курс лекций М.: ИНФА-М., 2006. 280 с.
11. **Общая** теория систем [Электронный ресурс]. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения: 26.07.2017).
12. **Энциклопедия** производственного менеджера [Электронный ресурс]. URL:http://www.up-pro.ru/encyclopedia/quality-control.html (дата обращения: 02.07.2017).
13. **Головаш А.Н., Куршакова Н.Б.** Совершенствование системы внедрения инновационных технологий в локомотивном комплексе ОАО "РЖД": методический подход // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: матер. науч. конф., посвященной Дню российской науки. Омск: ОмГУПС, 2017. С. 67—77.

sb718.indd 312 02.07.2018 14:11:00

УДК 519.688

Д.А. Осипович, С.Г. Ярушин, *д-р техн. наук,* **А.Б. Макеев**
(Пермский национальный исследовательский политехнический университет)
E-mail: daria.osipovich.pnrpu@gmail.com

Исследование алгоритмов подбора лопаток при сборке сопловых аппаратов газотурбинного двигателя

Выполнена оценка достигаемой точности площади проходного сечения соплового аппарата газотурбинного двигателя существующими методами подбора, основанными на сортировке по возрастанию или убыванию отдельных отклонений лопаток. Предложены алгоритмы прямого подбора, использующие предварительное вычисление площади проходного сечения одного—четырех последовательно собранных межлопаточных каналов. Для оценки прогнозируемого фактического проходного сечения применили имитационную модель развертки межлопаточного канала, состоящую из двух лопаток.

Article describes accuracy estimation of the open flow area of gas turbine engine nozzle diaphragm provided by existing selection methods based on ascending or descending sort of blades individual deviations. Direct selection algorithms based on preliminary calculation of open flow area values for one to four nozzles are suggested. Estimation of predicted open flow area values has been performed by the flat simulation model of nozzle including two blades.

Ключевые слова: площадь проходного сечения, качество сборки, метод подбора, обеспечение точности.

Keywords: open flow area, assembly quality, selection algorithm, assurance of accuracy.

Окончательная сборка сложных и ответственных изделий, таких как газотурбинные двигатели (ГТД) и их отдельные узлы, занимает до 40...50 % общей трудоемкости изготовления изделия и характеризуется рядом проблем: неудовлетворительной повторяемостью результатов сборки, необъективностью оценки достигнутого качества и сложностью обеспечения требований к качеству [1]. В этих условиях задача технологического обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик изделия является актуальной. Один из ключевых параметров ступеней турбины ГТД — площадь проходного (минимального) сечения (ППС) соплового аппарата, оказывающая существенное влияние на итоговые значения показателей эффективности двигателя (КПД, тяга). Существующий уровень производственно-технологических возможностей не позволяет обеспечивать требуемую точность достижения расчетной величины ППС соплового аппарата методом полной взаимозаменяемости.

Поскольку дополнительная размерная обработка проточной части лопатки не допускается, компенсация ее отклонений возможна только методом подбора [2, 3].

Для сокращения погрешности результирующей ППС также применяют метод подгонки, реализуемый путем шлифования посадочной поверхности относительно известного положения пера [4]. Наиболее распространенный способ достижения требуемой ППС заключается в сочетании подбора и доработки лопаток. Сокращение трудоемкости данного подхода возможно за счет использования эффективных алгоритмов подбора, которые минимизируют или полностью исключают операции доработки высокой сложности.

Входные параметры для разработки алгоритмов достижения требуемой точности ППС соплового аппарата турбины:

— погрешность изготовления профиля проточной части лопатки, выраженная в виде отклонений по участкам границы проходного сечения на спинке и кромке лопатки;

sb718.indd 313 02.07.2018 14:11:00

— прогнозируемая погрешность установки, связанная со смещением и разворотом пера лопатки относительно ее установочных поверхностей без учета отклонения сопрягаемых деталей.

Измерение погрешности изготовления профиля проточной части и прогнозируемой погрешности установки выполняют сравнением сканированной и номинальной поверхностей лопатки, совмещенных по наилучшему совпадению заданной области пера (рис. 1, *а*). Полученное среднее значение отклонения профиля в измеряемом сечении приводится к единицам измерения площади умножением на длину участка профиля сечения.

Параметрическое определение прогнозируемой погрешности установки лопатки при этом требует анализа пространственной размерной цепи по данным измерения фактических точек элементов конструкции лопатки (пера и базовых поверхностей). Погрешность установки может быть представлена в виде радиус-вектора и углов поворота (или универсальных геометрических параметров) [6] системы координат, связанной с положением наилучшего совпадения по установочным поверхностям лопатки, относительно системы координат наилучшего совпадения пера (рис. 1, *б*).

Для сравнения точности фактической ППС, достигаемой с применением различных алгоритмов подбора деталей, разработана имитационная модель развертки межлопаточного канала в среднем сечении, составленная из

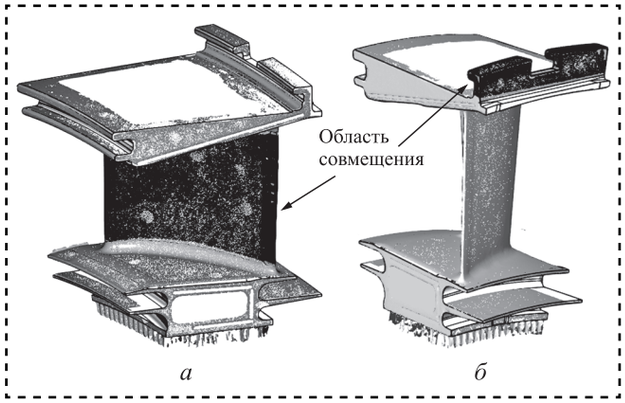


Рис. 1. Схемы совмещения фактической и номинальной моделей лопатки при определении погрешностей изготовления лопатки:

а — погрешность изготовления профиля пера; *б* — погрешность установки

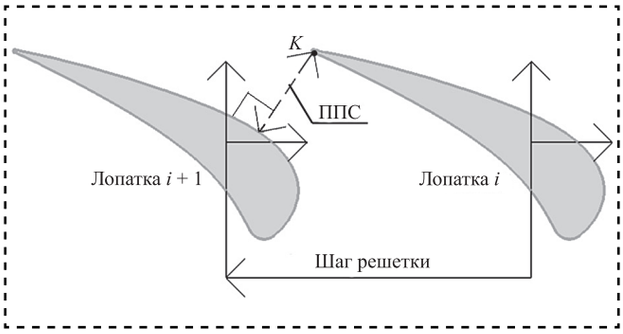


Рис. 2. Схема развертки межлопаточного канала для определения ППС

двух номинальных лопаток, расположенных со смещением вдоль одной оси (рис. 2).

Для каждой пары анализируемых лопаток применяют соответствующие векторы отклонений формы и расположения пера и рассчитывают прогнозируемую фактическую ППС. Решение задачи оценки ППС в плоской постановке позволяет существенно сократить время расчета за счет исключения компонент отклонения, связанных со смещением и наклоном лопатки в радиальном направлении, которые в наименьшей степени влияют на формирование ППС межлопаточного канала. В имитационной модели учитывается влияние отклонений профиля проточной части лопатки по спинке и кромке D_s, D_k, а также смещения по осям в плоскости сечения R_x, R_y и поворот от номинального положения φ (рис. 3).

Прогнозируемую в имитационной модели фактическую ППС вычисляют в соответствии с определением ОСТ 1 02571—86 следующим образом:

— на профиле номинальной кривой сечения при дискретном описании выбирают точку K (см. рис. 2), соответствующую переходу поверхности корыта лопатки к выходной

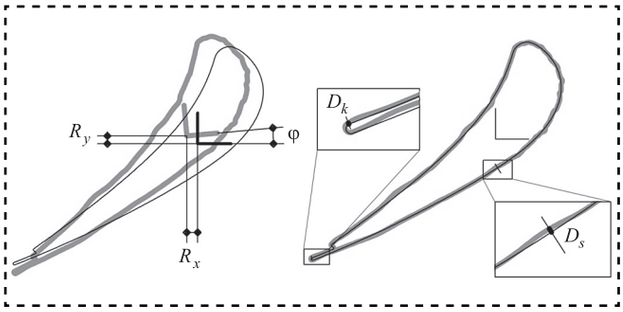


Рис. 3. Отклонения формы и расположения профиля пера лопатки

sb718.indd 314 02.07.2018 14:11:01

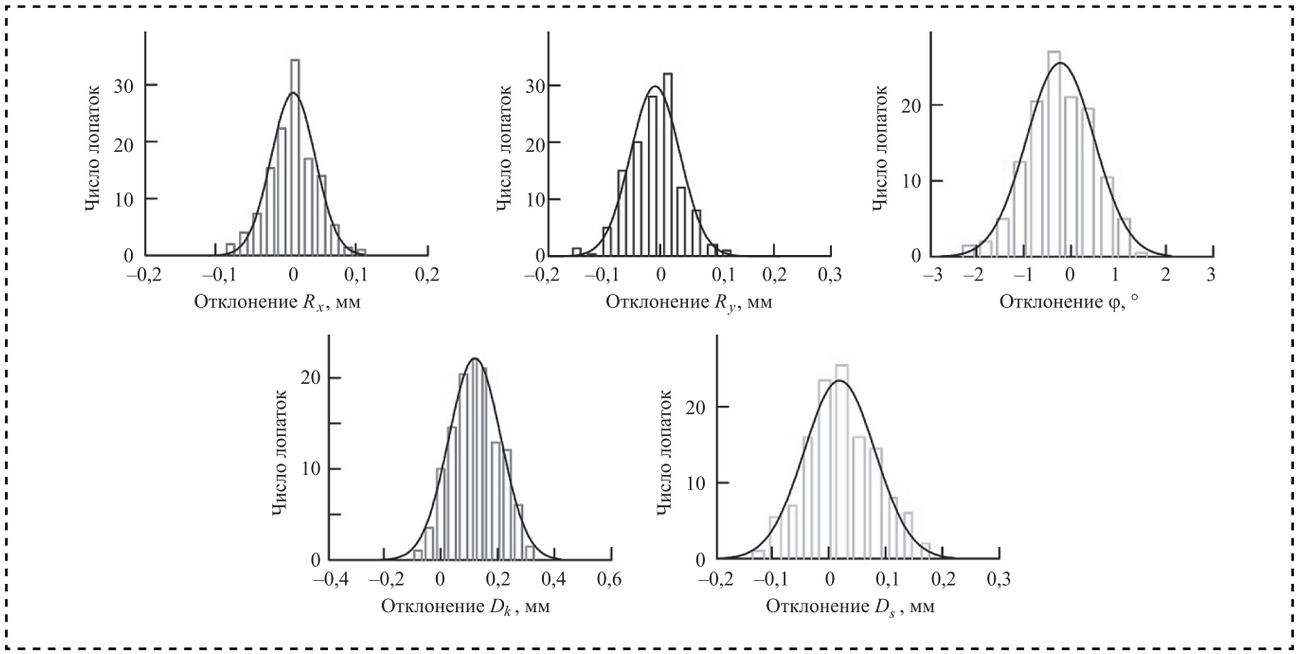


Рис. 4. Распределение отклонений профиля и расположения пера в партии лопаток

кромке, и определяют ее координаты с учетом отклонений расположения пера i-й лопатки;

— определяют угловой коэффициент прямой, проходящей через точку K и перпендикулярной кривой сечения, описывающей спинку с учетом отклонений расположения пера $(i + 1)$-й лопатки;

— определяют длину участка кратчайшей прямой между точкой K и кривой сечения спинки $(i + 1)$-й лопатки, которая соответствует поверхности проходного сечения межлопаточного канала в рассматриваемой имитационной модели;

— выполняют корректировку длины отрезка проходного сечения путем вычитания отклонений профилей пера образующих канал лопаток D_{k_i} и $D_{s_{i+1}}$;

— результирующая ППС аппарата в целом получается суммированием ранее определенных длин отрезков с учетом отклонений профилей пера лопаток.

Полученная таким образом в имитационной модели номинальная ППС составила 536,2 мм.

По результатам измерения партии из 120 лопаток установлено, что все учитываемые в имитационной модели отклонения распределяются в пределах допуска по законам, близким к нормальному распределению (рис. 4). Это позволяет сгенерировать случайные значения возможных отклонений в диапазоне допуска и использовать их для проверки работоспособности, корректности и эффективности предлагаемых алгоритмов. Параметры законов распределения для используемых отклонений приведены в табл. 1. Для проверки каждого алгоритма сгенерировано пять массивов отклонений, чтобы уменьшить влияние случайных факторов на принимаемое решение.

Известные подходы к обеспечению точности путем подбора деталей для установки в определенные положения основываются на простой сортировке по возрастанию или убыванию одного из параметров подбираемых деталей [2, 3, 5]. Использование такого метода подбора не обеспечивает полноты использова-

Таблица 1

Параметры законов распределения для отклонений профиля и расположения пера лопатки

Параметры	D_s	D_k	R_x	R_y	φ
Математическое ожидание m	0,117	0,022	0,01	−0,008	−0,2
Среднее квадратическое отклонение σ	0,086	0,064	0,034	0,045	0,37

sb718.indd 315 02.07.2018 14:11:01

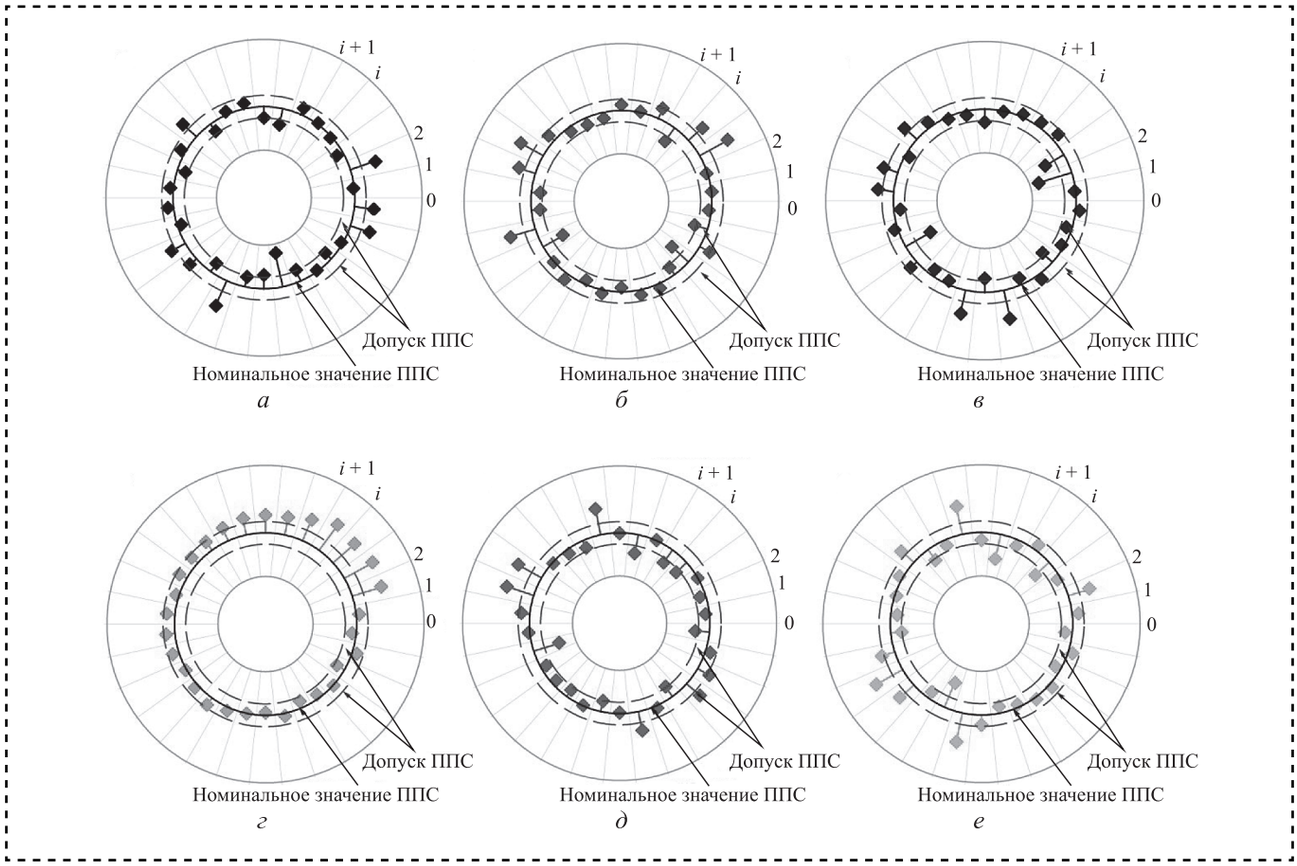


Рис. 5. Распределение отклонений ППС в сопловом аппарате:
а — случайная расстановка; *б* — по возрастанию R_x; *в* — по возрастанию R_y; *г* — по возрастанию φ; *д* — по возрастанию D_k; *е* — по возрастанию D_s

ния имеющихся данных о фактической геометрии лопаток, а также характеризуется невысокой эффективностью для достижения минимального результирующего отклонения ППС. Пример распределения лопаток в сопловом аппарате при использовании алгоритма расстановки, основанного на сортировке по возрастанию отклонений, приведен на рис. 5, а результаты сравнения фактической величины ППС, получаемой в имитационной модели с использованием алгоритмов расстановки по возрастанию или убыванию отдельных используемых отклонений, а также по возрастанию модуля отклонений, приведены в табл. 2, 3 и на рис. 6.

Расширить применимость известных подходов сортировки по возрастанию или убыванию можно путем введения комплексных параметров для подбора, составленных из комбинаций различных отклонений. Примером такого подхода может служить использование для сортировки универсального отклонения D, равного сумме квадратов всех (D_1) или некоторых (D_2 — отклонения профиля пера; D_3 — линейные отклонения положения; D_4 — все отклонения положения) рассматриваемых отклонений:

$$D_1 = D_s^2 + D_k^2 + R_x^2 + R_y^2 + \varphi^2;$$

$$D_2 = D_s^2 + D_k^2;\ D_3 = R_x^2 + R_y^2;\ D_4 = R_x^2 + R_y^2 + \varphi^2.$$

При использовании такого подхода гарантируется, что все известные отклонения фактической детали будут учтены при подборе, однако игнорируются закономерности их влияния на результирующую величину ППС. Так, отклонения D_s и D_k, описывающие погрешность изготовления профиля пера лопатки, могут быть рассмотрены как звенья линейной размерной цепи при формировании ППС, но зависимость от величин, описывающих смещение и поворот системы координат, не может

sb718.indd 316 02.07.2018 14:11:02

Таблица 2

Значения фактической ППС, полученные в имитационной модели с использованием алгоритмов сортировки по возрастанию или убыванию отдельных отклонений

Номер опыта	ППС, мм									
	По возрастанию					По убыванию				
	R_x	R_y	φ	D_k	D_s	R_x	R_y	φ	D_k	D_s
1	546,63	545,72	556,14	548,86	546,55	543,63	545,84	536,26	542,76	544,99
2	536,44	539,60	549,12	541,40	537,21	537,57	533,77	523,73	531,14	536,91
3	534,25	535,27	545,95	535,32	535,64	536,47	533,08	525,01	536,97	534,46
4	536,03	535,40	547,56	540,00	541,63	536,14	539,46	526,69	536,00	531,45
5	537,67	535,37	544,66	536,04	537,48	532,20	535,26	525,58	535,54	533,43

Таблица 3

Значения фактической ППС, полученные в имитационной модели с использованием алгоритмов сортировки по возрастанию модуля отклонения

Номер опыта	ППС, мм				
	R_x	R_y	φ	D_k	D_s
1	542,84	547,27	556,14	548,86	546,55
2	536,42	537,07	549,12	541,40	537,21
3	534,46	533,59	545,95	535,32	535,64
4	534,55	540,12	547,56	540,00	541,63
5	534,58	536,02	544,66	536,04	537,48

быть выражена простыми соотношениями. Результаты сравнения фактической ППС, получаемой в имитационной модели с использованием алгоритмов расстановки по возрастанию универсальных отклонений D_1—D_4, приведены в табл. 4 и на рис. 7.

Таблица 4

Значения фактической ППС, полученные в имитационной модели с использованием алгоритмов сортировки по возрастанию универсальных отклонений

№ опыта	ППС, мм			
	Универсальное отклонение			
	D_1	D_2	D_3	D_4
1	549,65	549,36	545,31	547,56
2	540,28	543,17	539,46	540,15
3	535,82	535,48	532,38	533,18
4	541,97	540,81	535,81	540,20
5	535,03	536,04	536,49	537,00

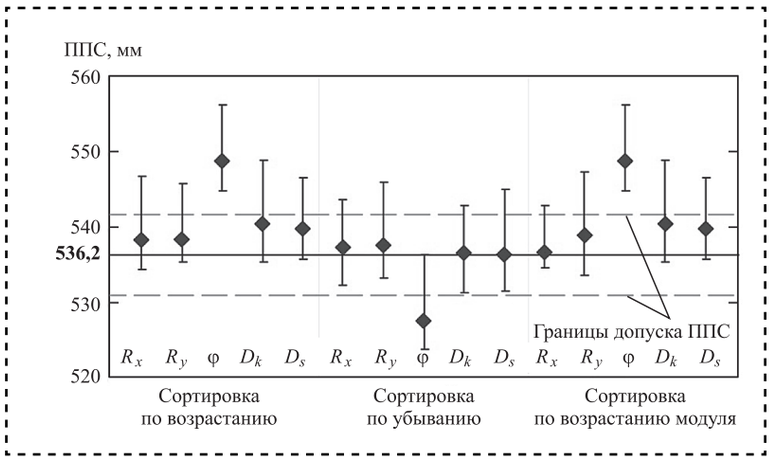


Рис. 6. Распределение фактических значений ППС, полученных в имитационной модели с использованием алгоритмов сортировки по возрастанию или убыванию, относительно номинального значения

Поскольку каждая имеющаяся лопатка может занимать любое положение в аппарате при сборке, необходимо для нее найти такое окружение, чтобы ее компенсирующая способность была максимальной [2]. Поэтому предлагается заменить сортировку исходных массивов отклонений по возрастанию или убыванию на прямой подбор лопатки, обеспечивающий минимальное прогнозируемое отклонение ППС, в зависимости от параметров предыдущей установленной. Лопатка, выбранная на преды-

sb718.indd 317 02.07.2018 14:11:02

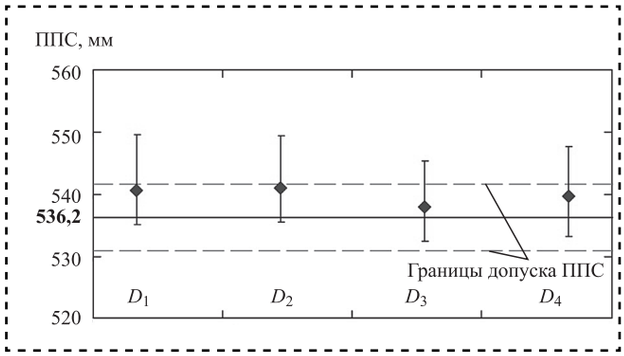


Рис. 7. Распределение фактических значений ППС, полученных в имитационной модели с использованием алгоритмов сортировки по возрастанию универсальных отклонений, относительно номинального значения

дущей итерации, устанавливается в позицию i в соответствии с известными ее отклонениями. Это позволяет однозначно определить положение точки K и отклонение профиля D_k. После чего в позицию $i + 1$ поочередно устанавливаются все ранее не использованные лопатки, и с помощью имитационной модели рассчитывается прогнозируемое фактическое значение ППС. Из полученных значений выбирается то, которое ближе всего к номинальному, и обеспечивающая его лопатка рекомендуется к установке на текущую позицию. При этом возникает необходимость составления условия для лопатки, устанавливаемой в первую позицию, когда параметры предыдущей лопатки неизвестны, и невозможно рассчитать значение прогнозируемого отклонения ППС. В этом случае для выбора первой лопатки может быть использовано требование минимальной величины универсального отклонения D.

Поскольку в результате проверки предложенного способа расстановки на имитационной модели установлено, что использование условия минимума прогнозируемой ППС только для одной лопатки приводит к появлению значительных отклонений в следующем межлопаточном канале (рис. 8, *а*), необходимо при расстановке учитывать влияние выбранной лопатки на несколько последующих межлопаточных каналов. Для этого прямой подбор дополняется условием минимального суммарного прогнозируемого отклонения ППС по нескольким парам последовательно установленных лопаток.

Помимо требования обеспечения минимума прогнозируемого отклонения ППС к лопатке, занимающей i-ю позицию, могут быть предъявлены дополнительные требования для обеспечения равномерности распределения отклонений в окружном направлении, такие как обязательное чередование знаков отклонений соседних межлопаточных каналов. Это позволит избежать накопления односторонних отклонений в некотором секторе аппарата, приводящих к неравномерности потока. Результаты сравнения фактической ППС, получаемой в имитационной модели с использованием алгоритмов прямого подбора по одной—четырем парам последовательно установленных лопаток, в том числе с чередованием знаков отклонений, приведены в табл. 5 и на рис. 8, 9.

В результате сравнения известных и предлагаемых алгоритмов расстановки лопаток в сопловом аппарате турбины ГТД для обеспечения минимального отклонения ППС установлено, что:

— использование сортировки по возрастанию или убыванию отдельных отклонений,

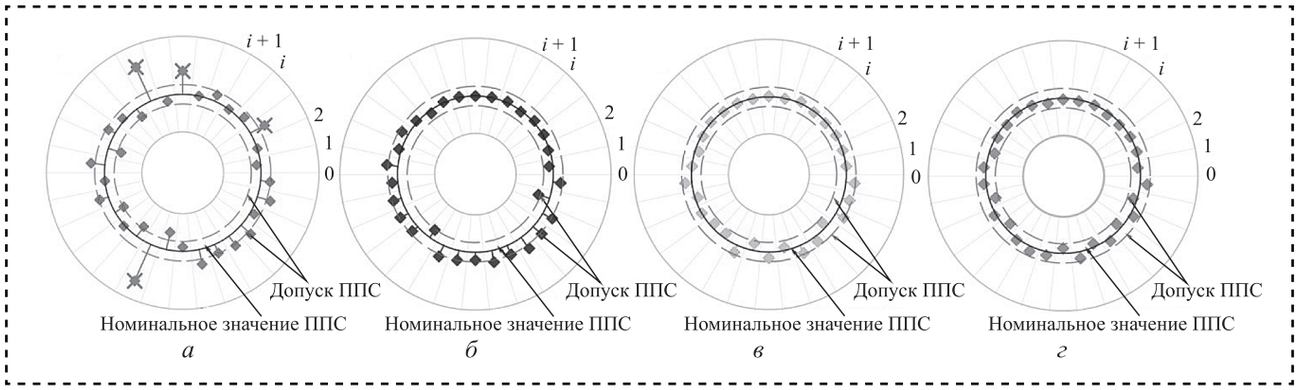


Рис. 8. Распределение отклонений ППС в сопловом аппарате при использовании метода прямого подбора с учетом отклонений, формируемых установкой:
а — одной лопатки; *б* — двух лопаток; *в* — трех лопаток; *г* — четырех лопаток

sb718.indd 318 02.07.2018 14:11:02

Таблица 5

Значения фактической ППС, полученные в имитационной модели с использованием алгоритмов прямого подбора лопаток и прямого подбора с чередованием знаков отклонений

Номер опыта	ППС, мм, при числе лопаток							
	Прямой подбор				Подбор с чередованием знаков			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	542,17	537,57	538,21	536,98	542,79	537,57	539,78	535,36
2	534,84	536,10	537,72	537,69	535,07	537,44	537,66	536,28
3	534,84	537,04	535,66	535,14	532,95	537,22	536,23	535,92
4	537,39	536,48	536,54	537,99	537,39	538,28	536,24	537,67
5	537,08	535,12	537,63	536,01	536,52	536,77	535,49	535,71

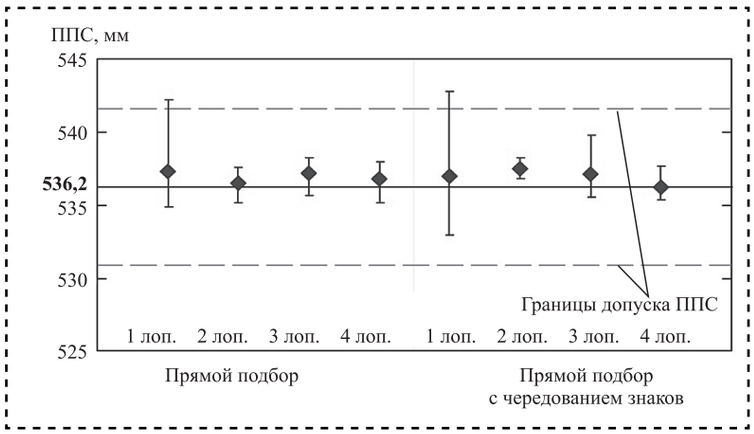


Рис. 9. Распределение фактических значений ППС, полученных в имитационной модели с использованием алгоритмов прямого подбора лопаток и прямого подбора с чередованием знаков отклонений

а также их абсолютных значений и различных комбинаций не гарантирует получения суммарной ППС в пределах требуемого допуска;

— использование прямого последовательного подбора с учетом параметров ранее установленных лопаток позволяет сократить отклонение суммарной ППС, но не удовлетворяет требованию равномерности распределения отклонений межлопаточных каналов;

— использование расширенного прямого подбора, учитывающего несколько последовательно устанавливаемых лопаток с дополнительным условием чередования знаков отклонений, характеризуется высокой вычислительной ресурсоемкостью, значительно возрастающей с каждой дополнительной учитываемой лопаткой.

Наилучший результат в пяти опытах с приемлемыми затратами времени на расчет получен при использовании алгоритма прямого подбора, учитывающего установку двух последовательных лопаток.

Усовершенствование и уточнение предложенного алгоритма предполагается осуществлять путем включения дополнительных входных параметров, описывающих трехмерные отклонения, а также за счет использования менее ресурсоемких методов расчета.

Библиографический список

1. **Безъязычный В.Ф., Непомилуев В.В.** Некоторые проблемы современного сборочного производства и перспективы их преодоления // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 8. С. 18—25.

2. **Майорова Е.А., Непомилуев В.В.** Исследование возможностей повышения качества сборки путем использования индивидуального подбора деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2006. № 10. С. 34—38.

3. **Пат. 2397330 РФ,** МПК[8] F01D9/04. Способ расстановки сопловых лопаток газотурбинного двигателя / Лебедев В.М., Коган Б.П., Виноградов А.В. заявл. 04.09.08; опубл. 20.08.2010. № 2397330. Бюл. № 23.

4. **Макаров В.Ф., Туранский Р.А., Григорьева А.В.** Технологическое обеспечение точности изготовления сопловых лопаток турбин при глубинном многоосевом шлифовании на станке с ЧПУ // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2016. № 1. С. 34—37.

5. **Непомилуев В.В., Майорова Е.А.** Оптимизация метода индивидуального подбора для многозвенных размерных цепей // Качество. Инновации. Образование. 2008. № 5. С. 38—43.

6. **Кашуба Л.А.** Геометрические параметры и погрешности реальной геометрии недеформируемых деталей машиностроения // Системный анализ в науке и образовании. Государственный университет "Дубна". 2013. № 4 (22). С. 244—261.

sb718.indd 319 02.07.2018 14:11:02

УДК 621.717

М.Н. Сорокин, *д-р техн. наук,* **А.С. Лопатина**
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)
E-mail: sorokin-mn@mail.ru, Anna.S.Lopatina@gmail.com

Определение радиального зазора в шарикоподшипнике по его осевому зазору

Рассмотрена зависимость между осевым и радиальным зазорами. Допуск радиуса желоба дорожек качения представлен в виде погрешности измерения радиального зазора. Показана возможность создания приспособления для определения радиального зазора по измеренному осевому зазору.

The dependence between axial and radial gaps is considered. The tolerance of the kerf radius of paths of swing is presented in the form of an error of measurement of a radial gap. The possibility of creation of device for definition of a radial gap on the measured axial gap is shown.

Ключевые слова: шарикоподшипник, осевой зазор, радиальный зазор, допуск радиуса желоба, погрешность измерения.

Keywords: ball-bearing, axial gap, radial gap, kerf radius, tolerance, error of measurement.

Радиальный зазор — один из важнейших параметров, определяющих работоспособность шарикоподшипника и основной контролируемый параметр шарикоподшипника после его сборки.

Контроль радиального зазора в шарикоподшипнике чаще всего осуществляют на приспособлениях механическим способом, измеряя перемещение наружного кольца шарикоподшипника относительно внутреннего кольца, которое закреплено неподвижно.

Предложено измерять радиальный зазор в шарикоподшипнике по значению его осевого зазора, так как в шарикоподшипнике существует аналитическая зависимость между радиальным и осевым зазорами. Определим эту аналитическую зависимость.

На рис. 1 показано начальное положение шарика относительно наружного и внутреннего колец шарикоподшипника. Пусть радиальный зазор в шарикоподшипнике равен δ, тогда шарик имеет зазор с наружным кольцом δ/2. Такой же зазор имеет шарик и с внутренним кольцом. Перемещаем шарик (вместе с внутренним кольцом) в сторону наружного кольца таким образом, чтобы центр массы шарика оставался на линии *m—m*. Шарик перемещаем до достижения им точки контакта *A* шарика с дорожкой качения наружного кольца шарикоподшипника, в которой радиус шарика совпадает с радиусом желоба дорожки качения наружного кольца шарикоподшипника. В точке контакта *A* и радиус шарика, и радиус желоба дорожки качения наружного кольца

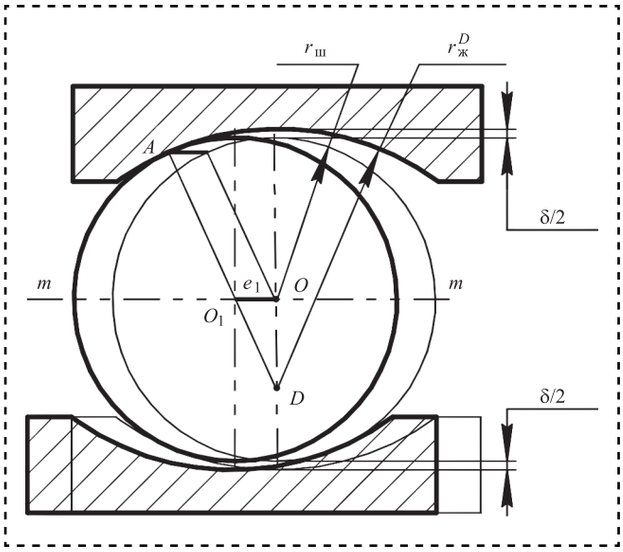


Рис. 1. Смещение шарика при его контакте с желобом дорожки качения наружного кольца шарикоподшипника

sb718.indd 320 02.07.2018 14:11:02

перпендикулярны поверхности дорожки качения наружного кольца шарикоподшипника. До точки контакта A шарик по линии $m—m$ переместится на расстояние e_1. В результате перемещения шарика получим треугольник O_1OD, т.е. контактный треугольник шарика для наружного кольца.

Стороны контактного треугольника O_1OD шарика для наружного кольца равны:

$$O_1O = e_1;$$

$$O_1D = r_ж^D - r_ш;$$

$$OD = r_ж^D - r_ш - \delta/2,$$

где $r_ш$ — радиус шарика;

$r_ж^D$ — радиус желоба дорожки качения наружного кольца;

δ — радиальный зазор в шарикоподшипнике;

e_1 — осевое перемещение шарика (вместе с внутренним кольцом) из начальной точки до точки контакта A с дорожкой качения наружного кольца шарикоподшипника.

Из треугольника O_1OD следует, что зазор $\delta/2$ в шарикоподшипнике связан с осевым перемещением шарика e_1 соотношением:

$$\left(r_ж^D - r_ш\right)^2 = e_1^2 + \left(r_ж^D - r_ш - \delta/2\right)^2. \qquad (1)$$

Если радиусы желоба дорожки качения наружного и внутреннего желоба равны $\left(r_ж^D = r_ж^d\right)$, то подобные рассуждения можно отнести и к перемещению внутреннего кольца к шарику.

Получим точку контакта B, т.е. точку контакта шарика с дорожкой качения внутреннего кольца шарикоподшипника, и, следовательно, контактный треугольник шарика для внутреннего кольца.

В этом случае контактный треугольник шарика для наружного кольца равен контактному треугольнику шарика для внутреннего кольца. Выражение (1) справедливо и для контактного треугольника шарика для внутреннего кольца, если в нем заменить $r_ж^D$ на $r_ж^d$. Осевое перемещение шарика e_2 из начальной точки контакта до точки B равно осевому перемещению шарика e_1. Осевой зазор e, т.е. осевое смещение внутреннего кольца относительно наружного кольца в шарикоподшипнике, равен:

$$e = e_1 + e_2 = 2e_1. \qquad (2)$$

Получили аналитическую зависимость (1) между радиальным и осевым зазорами в шарикоподшипнике. Однако воспользоваться выражениями (1) и (2) для определения радиального зазора нельзя, так как в полученной аналитической зависимости не учитываются значения радиуса желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника.

Соотношение (1) определяет положение равновесия шарика. Небольшое усилие, приложенное к внутреннему кольцу шарикоподшипника, действует и на шарик. Линия действия усилия на шарик проходит через точки контакта шарика с дорожкой качения наружного и внутреннего колец, через точки A и B. Линия действия усилия на шарик определяет угол контакта в шарикоподшипнике. Радиус желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника, диаметр шарика и линия действия усилия на шарик совпадают, что и обеспечивает положение равновесия шарика в шарикоподшипнике.

Рассмотрим случай, когда значения радиуса желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника связаны соотношением:

$$r_ж^D \geqslant r_ж^d.$$

В этом случае центр массы шарика должен сместиться с оси $m—m$ на ось $n—n$ на величину x.

Тогда контактным треугольником шарика для наружного кольца (рис. 2) будет треугольник O_1CD, у которого

$$O_1C = e_1;$$

$$O_1D = r_ж^D - r_ш;$$

$$CD = r_ж^D - r_ш - \delta/2 - x,$$

где x — смещение центра массы шарика с оси $m—m$ на ось $n—n$.

Величины $\delta/2$, e_1, x связаны соотношением:

$$\left(r_ж^D - r_ш\right)^2 = e_1^2 + \left(r_ж^D - r_ш - \delta/2 - x\right)^2. \qquad (3)$$

Контактным треугольником шарика для внутреннего кольца (см. рис. 2) будет треугольник O_1EF, у которого

$$FE = e_2;$$

sb718.indd 321 02.07.2018 14:11:03

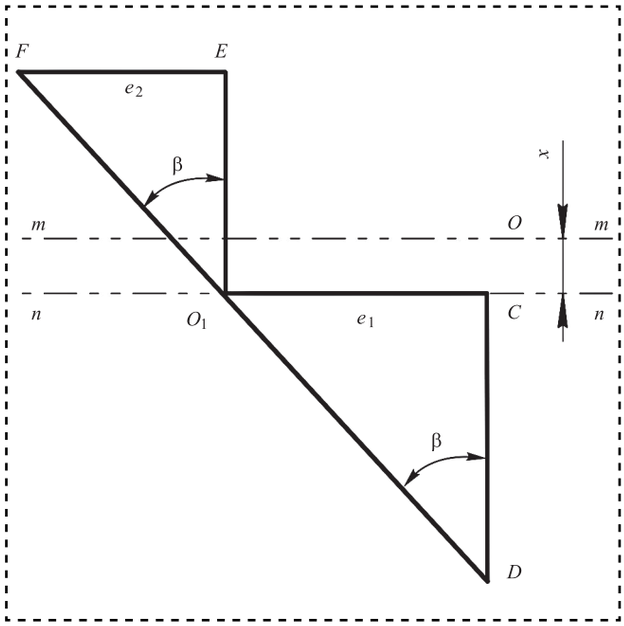


Рис. 2. Контактные треугольники шарика для наружного и внутреннего колец шарикоподшипника

$$O_1F = r_ж^d - r_ш;$$

$$O_1F = r_ж^d - r_ш - \delta/2 + x,$$

тогда

$$\left(r_ж^d - r_ш\right)^2 = e_2^2 + \left(r_ж^d - r_ш - \delta/2 + x\right)^2. \quad (4)$$

Шарик будет находиться в положении равновесия, если линия действия усилия на шарик проходит через точки контакта шарика с дорожками качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника и через центр массы шарика. Эта линия действия усилия на шарик определяет угол контакта β в шарикоподшипнике. Поэтому это возможно, если выполняется соотношение:

$$\cos\beta = \frac{r_ж^D - r_ш - \delta/2 - x}{r_ж^D - r_ш} = \frac{r_ж^d - r_ш - \delta/2 + x}{r_ж^d - r_ш}. \quad (5)$$

При этом контактный треугольник O_1CD шарика для наружного кольца будет подобен контактному треугольнику O_1EF шарика для внутреннего кольца.

Чтобы определить значения e_1 и e_2, необходимо из соотношения (5) определить величину x для известных $r_ш$, $r_ж^D$, $r_ж^d$, δ. Затем из выражений (3) и (4) найти e_1, e_2 и осевой зазор e:

$$e = e_1 + e_2. \quad (6)$$

Однако опять возникает необходимость знания значений радиуса желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника и значения радиуса шарика.

Шарики в шарикоподшипнике — элементы, которые изготавливают самым точным образом. Комплектование и сборку шарикоподшипника осуществляют подбором шариков [1]. Поэтому значение радиуса шарика $r_ш$ с большой точностью всегда известно для каждого собранного шарикоподшипника.

Следовательно, зная радиальный зазор δ, радиусы желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника и радиус шарика можно определить осевой зазор e. Необходимо решить обратную задачу: зная величину осевого зазора e, определить радиальный зазор δ.

Суть решения обратной задачи заключается в том, чтобы при нахождении радиального зазора δ исключить значения радиуса желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника из выражений (3) и (4). Значения радиуса желоба дорожки качения принадлежат некоторому полю допуска. Необходимо поле допуска радиуса желоба дорожки качения наружного и внутреннего колец шарикоподшипника представить в виде погрешности измерения радиального зазора δ.

Решение обратной задачи покажем на конкретном примере.

Исходные данные $r_ж^D = r_ж^d = 1{,}100^{+0{,}020}_{-0{,}020}$; $r_ш = 1{,}000$; $\delta = 0{,}010$.

Построены табл. 1 и 2 при $r_ш = 1{,}000$, $\delta = 0{,}010$ зависимостей смещения x из выражения (5) и осевого зазора e из выражения (6) от значений $r_ж^D$ и $r_ж^d$ из их поля допуска.

Анализ последовательности подобных таблиц в зависимости от радиального зазора δ (δ = 6...14 мкм через интервал 0,1 мкм) показал:

— с увеличением радиального зазора увеличивается и осевой зазор в шарикоподшипнике;

— определенному значению осевого зазора соответствует не одно значение радиального зазора, т.е. зависимость радиального зазора от осевого зазора не является однозначной функцией;

— для определенного значения осевого зазора существует определенный интервал, в пределах которого радиальный зазор принимает значения;

sb718.indd 322 02.07.2018 14:11:03

Таблица 1

Значения смещения x в зависимости от $r_ж^D$, $r_ж^d$ при условии $r_ш$ = 1,000, δ = 0,010

$r_ж^d$	$r_ж^D$								
	1080	1085	1090	1095	1100	1105	1110	1115	1120
1080	0	0,15	0,29	0,43	0,56	0,68	0,79	0,90	1,00
1085		0	0,14	0,28	0,41	0,53	0,64	0,75	0,85
1090			0	0,14	0,26	0,38	0,50	0,61	0,71
1095				0	0,13	0,25	0,37	0,48	0,58
1100					0	0,12	0,24	0,35	0,45
1105						0	0,12	0,23	0,33
1110							0	0,11	0,22
1115								0	0,11
1120									0

Таблица 2

Значения осевого зазора e в зависимости от $r_ж^D$, $r_ж^d$ при условии $r_ш$ = 1,000, δ = 0,010

$r_ж^d$	$r_ж^D$								
	1080	1085	1090	1095	1100	1105	1110	1115	1120
1080	59,06	59,11	59,14	59,16	59,16	59,16	59,14	59,12	59,10
1085		59,95	59,98	59,99	60,00	60,00	59,98	59,96	59,94
1090			60,81	60,82	60,83	60,82	60,81	60,79	60,76
1095				61,64	61,64	61,64	61,63	61,60	61,58
1100					62,45	62,45	62,43	62,41	62,48
1105						63,24	63,23	63,21	63,18
1110							64,01	63,99	63,96
1115								64,77	64,74
1120									65,50

— для определенного значения осевого зазора (например, выберем из табл. 2 e = 62,45 мкм) существует таблица, образованная радиальным зазором δ_1 = 4,1 мкм, в которой значение осевого зазора e = 62,45 мкм появляется впервые в последовательности таблиц. Также существует и таблица, образованная радиальным зазором δ_2 = 6,3 мкм, в которой значение осевого зазора e = 62,45 мкм появляется в последний раз в последовательности таблиц.

Рассмотрим этот вывод подробнее.

Значение осевого зазора e = 62,45 мкм впервые появляется при выполнении условия $r_ж^D = r_ж^d = 1{,}120$; $x = 0$. Значение δ_1 определим из выражения (1), δ_1 = 8,2 мкм.

Осевой зазор e = 62,45 мкм появляется в последний раз при выполнении условия $r_ж^D = r_ж^d = = 1{,}080$; $x = 0$. Значение δ_2 определим из выражения (1), δ_2 = 12,6 мкм.

Значение радиального зазора δ, соответствующее значению измеренного осевого

sb718.indd 323 02.07.2018 14:11:03

зазора e = 62,45 мкм, примем как среднеарифметическое величин δ_1 и δ_2:

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}.$$

Таким образом, если имеем определенное значение осевого зазора e = 62,45 мкм, то значение радиального зазора δ будет находиться в интервале (δ_1, δ_2), т.е. 8,2...12,6 мкм.

Для нашего случая δ = 10,4 мкм (8,2 мкм $\leqslant \delta \leqslant$ 12,6 мкм).

Значения δ_1 и δ_2 можем рассматривать как предельные значения радиального зазора δ, соответствующие измеренному значению осевого зазора e, или как погрешность измерения радиального зазора δ, связанную с допуском радиуса желоба дорожки качения. Таким образом, поле допуска радиуса желоба дорожки качения исключено для нахождения радиального зазора по измеренному значению осевого зазора, но появляется погрешность измерения радиального зазора.

Для нахождения радиального зазора по измеренному значению осевого зазора необходимо выполнить вычислительные действия, связанные с нахождением величин δ_1, δ_2 и δ при известном значении радиуса шарика $r_ш$.

Эти действия может выполнить вычислитель, связанный с датчиком измерения осевого зазора.

Приведенные рассуждения показывают возможность создания приспособления для определения радиального зазора в шарикоподшипнике по измеренному осевому зазору, т.е. по осевому смещению внутреннего кольца относительно наружного.

Подобный подход может быть применен и для измерения угла контакта в шарикоподшипнике по измеренному осевому зазору.

Выводы

1. Показана возможность создания приспособления для определения радиального зазора в шарикоподшипнике по значению измеренного осевого зазора.
2. Определена аналитическая зависимость между радиальным зазором и осевым зазором в шарикоподшипнике.
3. Дан алгоритм определения радиального зазора в шарикоподшипнике по значению осевого зазора.
4. Допуск радиуса желоба дорожки качения исключен из аналитической зависимости между радиальным зазором и осевым зазором в шарикоподшипнике и представлен в виде погрешности измерения радиального зазора.
5. Показана возможность измерения угла контакта в шарикоподшипнике по измеренному осевому зазору.

Библиографический список

1. **Сорокин М.Н., Кулешов В.И., Ануров Ю.Н.** Комплектование подшипников качения // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2016. № 2. С. 18—23.

sb718.indd 324 02.07.2018 14:11:04

УДК 621.757

Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, *д-ра техн. наук,*
А.Е. Матросов, О.В. Золотарёва, *канд-ты техн. наук*
(Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева)
E-mail: kgta_tms@mail.ru

Режимы вращения бойка при испытаниях и штатной работе одношпиндельных гайковертов ударного действия

Обоснованы предельные режимы вращения бойка, при которых обеспечивается надежная и долговечная работа одношпиндельного гайковерта ударного действия.

The limit modes of rotation striker at which reliable and durable functioning of the a single-spindle impact wrench is ensured are proved.

Ключевые слова: ударный гайковерт, предельные режимы вращения, упругая и упругопластическая деформация, кулачки бойка, наковальня.

Keywords: impact wrench, limit modes of rotation, elastic and elasto-plastic deformation, of cams streker, anvil.

В процессе испытаний одношпиндельных гайковертов ударного действия на взаимодействующих поверхностях кулачков бойка и наковальни возникают упругопластические деформации, вызывающие наклеп с упрочнением поверхностей и повышением их твердости [4].

В режиме штатной работы гайковертов при завинчивании и затяжке резьбовых соединений на поверхностях кулачков должны возникать только упругие деформации, исключающие выход из строя кулачков.

Обоснуем предельные режимы вращения бойка для двух случаев работы гайковертов.

Воспользуемся теоремой об изменении главного вектора количества движения механической системы в проекции на ось вращения бойка [1]:

$$J_б\left(\omega_1 - \omega_0\right) = \sum M^{в}_{J_z}\Delta t, \qquad (1)$$

где $J_б$ — предельный момент инерции элементов гайковерта от двигателя оси бойка;

ω_1, ω_0 — конечная и начальная угловая скорость вращения бойка при взаимодействии его кулачков с кулачками наковальни соответственно;

$\sum M^{в}_{J_z}$ — суммарный момент внешних сил, действующих при взаимодействии кулачков в проекции на ось вращения бойка;

Δt — время взаимодействия кулачков.

Рассмотрим случай удара, когда учитывается только сила или момент удара, а остальными силами или моментами можно пренебречь из-за их малости:

$$J_б\left(\omega_1 - \omega_0\right) = -M^{уд}. \qquad (2)$$

В конце удара угловая скорость бойка ω_1 равна нулю, выражение (2) примет вид:

$$J_б\omega_0 = M^{уд}\Delta t. \qquad (3)$$

Рассмотрим режим вращения бойка при испытаниях гайковерта.

Работы при ударе $A^{уд}$ и медленном сжатии $A_{сж}$ деталей при одинаковых деформациях взаимодействующих поверхностей равны:

$$A^{уд} = A_{сж}. \qquad (4)$$

sb718.indd 325 02.07.2018 14:11:04

Работа от момента удара запишется:

$$A^{уд} = F^{уд} r \varphi^{уд} = M^{уд} \varphi^{уд}, \quad (5)$$

где $F^{уд}$ — сила взаимодействия кулачков при ударе;

r — средний радиус взаимодействия цилиндрических поверхностей кулачков бойка и наковальни;

$\varphi^{уд}$ — угол поворота бойка при упругопластических деформациях поверхностей кулачков.

Найдем угол поворота бойка при ударе.

Считаем, что процесс упругопластической деформации происходит равнозамедленно, следовательно:

$$\varphi = \varphi_{ср} \Delta t = \frac{\omega_1 + \omega_0}{2} \Delta t = \frac{\omega_0}{2} \Delta t. \quad (6)$$

Окончательно работу от момента удара бойка о наковальню можно записать:

$$A^{уд} = M^{уд} \frac{\omega_0}{2} \Delta t. \quad (7)$$

Найдем работу при медленном сжатии кулачков бойка и наковальни:

$$A_{сж} = F_{сж} r \varphi_{сж}, \quad (8)$$

где $F_{сж}$ — сила сжатия кулачков;

$\varphi_{сж}$ — угол поворота бойка при упругопластической деформации взаимодействующих поверхностей,

$$\varphi_{сж} = \frac{h + a_у}{r}, \quad (9)$$

где h — остаточная пластическая деформация поверхностей кулачков;

$a_у$ — упругая деформация поверхностей.

Остаточная пластическая деформация кулачков не должна превышать значений:

$$h = \frac{1}{3} \Delta, \quad (10)$$

где Δ — допустимое отклонение радиусов кулачков.

При сжатии кулачков на их поверхностях возникают напряжения смятия.

Глубина упругого сжатия (смятия) находится из выражения [5, 6]:

$$a_у = 1,231^3 \sqrt{\frac{P_0^2 (R_1 + R_2)}{E^2 R_1 R_2}}, \quad (11)$$

где P_0 — сила, под действием которой возникают упругая деформация взаимодействующих поверхностей кулачков и их смятие;

$R_1 = R_2$ — радиус поверхностей кулачков;

E — приведенный модуль упругости материалов кулачков бойка и наковальни.

Радиусы кулачков равны:

$$R_1 = R_2 = R. \quad (12)$$

Силу упругого смятия найдем из условий прочности:

$$P_0 = F_{см} = [\sigma_{см}] S_{см}, \quad (13)$$

где $[\sigma_{см}]$ — допустимое напряжение материала кулачков на смятие;

$S_{см}$ — площадь взаимодействия кулачков.

Площадь взаимодействующих цилиндрических поверхностей кулачков при упругой деформации найдем из выражения:

$$S_{см} = 2al, \quad (14)$$

где a — площадь пятна контакта взаимодействия кулачков;

l — длина взаимодействия.

Полуось пятна контакта цилиндрических поверхностей [5, 6]:

$$a = 1,109^3 \sqrt{\frac{P_0 R_1 R_2}{E (R_1 + R_2)}}. \quad (15)$$

Приведенный модуль упругости материалов кулачков:

$$E = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2}. \quad (16)$$

Учитывая, что кулачки бойка и наковальни изготовлены из одинаковых материалов, выражение (16) примет вид:

$$E_1 = E_2 = E. \quad (17)$$

Подставим в формулу (15) выражения (12)—(14), (17), возведем в третью степень и разделим на "a". Окончательно запишем выражение полуоси пятна контакта:

$$a = \frac{\sqrt{1,109^3 [\sigma_{см}] lR}}{E}. \quad (18)$$

Подставим в формулу (11) выражения (12)—(14), (17), (18) и после преобразования получим выражение глубины упругой деформации:

sb718.indd 326 02.07.2018 14:11:04

$$a_{\text{у}} = \frac{2,73[\sigma_{\text{см}}]l}{E}. \quad (19)$$

Пластическая деформация взаимодействующих поверхностей кулачков [5, 6]:

$$h = \frac{P - P_0}{2\pi R_{\text{пр}}\text{HD}}, \quad (20)$$

где P — сила, под действием которой возникает упругопластическая деформация;

$R_{\text{пр}}$ — приведенный радиус взаимодействующих поверхностей кулачков;

HD — пластическая твердость поверхностей [5, 6], МПа:

$$\text{HD}=\frac{88\,000}{130 - \text{HRC}}, \quad (21)$$

где HRC — твердость по Роквеллу.

Из выражения (20) найдем силу взаимодействия кулачков при сжатии:

$$F_{\text{сж}} = P = P_0 + 2\pi R_{\text{пр}}\text{HD}h. \quad (22)$$

Подставим в формулу работы (8) при медленном сжатии кулачков выражения (22), (9) и с учетом уравнений (10), (13), (14), (18)—(21) окончательно получим:

$$A_{\text{сж}} = \left([\sigma_{\text{см}}]2l\frac{\sqrt{1,109^3[\sigma_{\text{см}}]lR}}{E} + \frac{2}{3}\pi R\Delta\frac{88\,000}{130 - \text{HRC}}\right)\times \left(\frac{2,73[\sigma_{\text{см}}]l}{E} + \frac{1}{3}\Delta\right). \quad (23)$$

Найдем предельную угловую скорость вращения бойка в режиме испытаний:

$$\omega < \sqrt{\frac{2}{J_{\text{б}}}}\times \left([\sigma_{\text{см}}]2l\frac{\sqrt{1,109^3[\sigma_{\text{см}}]lR}}{E} + \frac{2}{3}\pi R\Delta\frac{88\,000}{130 - \text{HRC}}\right)\times \left(\frac{2,73[\sigma_{\text{см}}]l}{E} + \frac{1}{3}\Delta\right). \quad (24)$$

Рассмотрим режим вращения бойка при штатной работе гайковерта, когда при ударе бойка по наковальне возникают только упругие деформации.

В выражении (4) равенства работ при ударе и медленном сжатии поверхностей кулачков будут возникать только упругие деформации.

Работа при упругом сжатии кулачков равна:

$$A_{\text{сж}} = [\sigma_{\text{см}}]2al\frac{a_{\text{у}}}{r}. \quad (25)$$

Предельная угловая скорость вращения бойка в штатном режиме работы гайковерта:

$$\omega < [\sigma_{\text{см}}]l\sqrt{\frac{11}{ERJ_{\text{б}}}\sqrt{\frac{1,109^3[\sigma_{\text{см}}]lR}{E}}}. \quad (26)$$

Найдены предельные режимы вращения бойка ударного гайковерта в зависимости от его параметров и физико-механических свойств материалов кулачков бойка и наковальни, при которых будет обеспечена надежная и долговечная работа.

Библиографический список

1. **Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р.** Курс теоретической механики. В 2 т. М.: Наука, 1979. 543 с.
2. **Автоматизация** производственных процессов в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Ю.З. Житников и др.; под ред. проф. Ю.З. Житникова. Старый Оскол: ТНТ, 2009. 656 с.
3. **Житников Б.Ю., Житников Ю.З.** Динамика движения элементов механизмов при упругом и упругопластическом ударах о неподвижные и подвижные тела. Ковров: ВПО "КГТА им. В.А. Дегтярева", 2014. 80 с.
4. **Пат. 2480323** Российская федерация, МПК[8] В 25 В 21/02. Ударный гайковерт / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, Ю.Н. Матросова; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 4.
5. **Демидов С.Н.** Теория упругости: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1979. 432 с.
6. **Дрозд М.С., Матлин М.М., Сидякин Ю.И.** Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации. М.: Машиностроение, 1986. 224 с.

sb718.indd 327 02.07.2018 14:11:04

УДК 004.42

Ю.Н. Можегова, *канд. техн. наук,* **И.Н. Марихов**
(Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева)
E-mail: kandy2701@mail.ru

Компьютерное моделирование двухшпиндельного гайковерта для завинчивания шпилек

Разработана трехмерная модель двухшпиндельного гайковерта для завинчивания шпилек. Проведены прочностной и тепловой анализы узлов устройства в Solid Works.

A three-dimensional model of a two-spindle wrench for screwing studs was developed. Strength and thermal analyzes of the device nodes in Solid Works were carried out.

Ключевые слова: гайковерт, компьютерное моделирование.

Keywords: wrench, computer simulation.

Автоматизированное завинчивающее устройство представляет собой сложное технологическое изделие, предназначенное для сборки резьбовых соединений.

При проектировании данного изделия существенную роль играет компьютерное моделирование, которое в настоящее время позволяет не только получить графическое изображение изделия, но и его трехмерную модель, а значит, оценить его функциональные возможности перед изготовлением.

Одно из таких автоматизированных завинчивающих устройств — гайковерт (рис. 1) [1]. Схема гайковерта состоит из четырех блоков А — двигатель с системой защиты и отключения; Б, В — механизм свободного хода и дифференциал; Г — редуктор.

В блоке А расположен двигатель *1*, передающий вращение через вал-шестерню *2*, которая передает вращение на муфту предельного момента *3*, а затем через дифференциал *4* на промежуточные тихоходные валы *5*, *6*, вращающие блок редуктора Г. Происходит завинчивание. Как только один из патронов завершает завинчивание, дифференциал *4* перераспределяет момент завинчивания и затяжка проводится через вторую ветвь вращения.

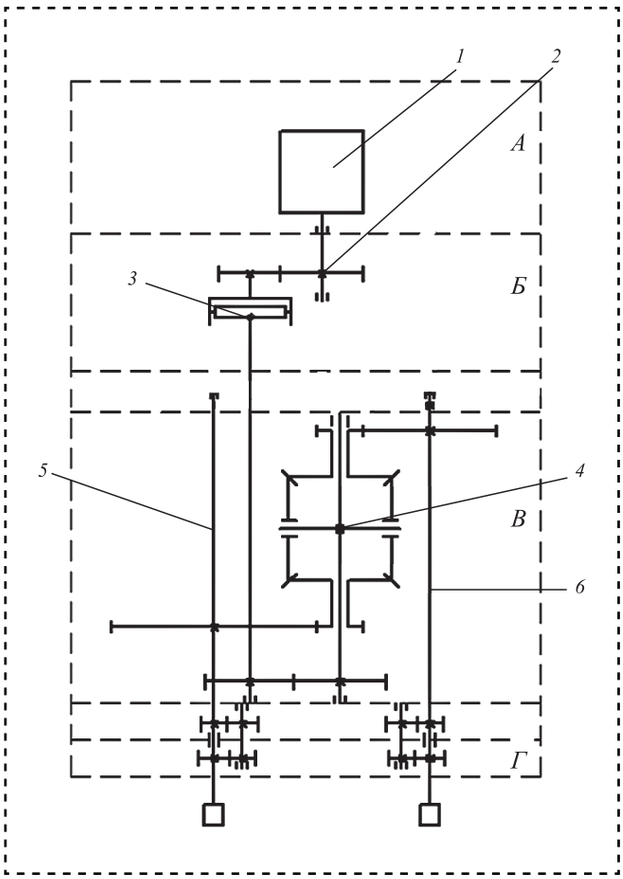


Рис. 1. Кинематическая схема двухшпиндельного гайковерта

sb718.indd 328 02.07.2018 14:11:05

Данное приспособление имеет единичный тип производства и достаточно дорогостояще при изготовлении, поэтому целесообразно первоначально выполнить его трехмерную модель, а затем провести прочностной расчет и тепловой анализ с помощью системы автоматизированного проектирования Solid Works 2016 для проверки функциональности и работоспособности устройства.

Моделирование осуществляли следующим образом: первоначально построены 3D-модели элементов сборки устройства, а затем проведена их сборка (рис. 2 на стр. 3 обложки).

Наиболее нагруженные участки в приспособлении — патрон и дифференциал (рис. 3 на стр. 3 обложки).

Из-за больших нагрузок в зоне быстроходной ветви вращения возникают высокие температуры (рис. 4 на стр. 3 обложки), поэтому проводят тепловой анализ элементов быстроходной ветви вращения.

В муфте предельного момента (рис. 5 на стр. 3 обложки) в момент срабатывания большие силы трения вызывают нагрев муфты, что делает необходимым проведение исследования данного узла на статические и температурные характеристики с помощью приложения Solid Works Simulation.

После проведения расчета сил и моментов затяжки, возникающих при завинчивании шпилек устройством и приложении этих значений на исследуемые объекты, получены результаты прочностного анализа патрона (рис. 6 на стр. 3 обложки, 7 на стр. 4 обложки), быстроходной ветви (рис. 8 на стр. 4 обложки) дифференциала (рис. 9 на стр. 4 обложки, 10 на стр. 4 обложки) и муфты предельного момента (рис. 11 на стр. 4 обложки).

Анализ показал, что завинчивающий патрон в процессе работы не испытывает предельных нагрузок и его работоспособность соответствует поставленным требованиям.

Быстроходная ветвь (см. рис. 8) включает в себя зацепление с большим передаточным числом. Предполагается, что малая шестерня, совершая быстрое вращение (750 мин$^{-1}$), может нагреваться до высоких температур, при этом проведенный температурный анализ показывает, что нагрев зубьев шестерни не достигает критических состояний и устройство работоспособно.

Статический анализ дифференциала включает в себя исследование на напряжения (см. рис. 9) и деформацию (см. рис. 10). От приложенной нагрузки деформации незначительны и никак не влияют на нормальную работу дифференциала.

Проделанный статический анализ не выявил никаких перенапряжений в работе дифференциала, что говорит о его работоспособности. Статический анализ на возникающие напряжения в элементах муфты предельного момента показал, что возникающие напряжения в узле достаточно далеки от критических значений (см. рис. 11).

Температурный анализ муфты предельного момента для исключения влияния температурного фактора на процесс работы приспособления показывает, что в зоне трения температура резинового кольца составляет 30 °С — муфта работает исправно (рис. 12 на стр. 4 обложки).

Проведенное компьютерное моделирование двухшпиндельного гайковерта позволило создать модель гайковерта и провести анализ его элементов на возникающие в процессе функционирования напряжения, деформации и нагрев.

Библиографический список

1. **Житников Ю.З., Житников Б.Ю., Воркуев Д.С.** Многошпиндельный гайковерт повышенной точности на основе дифференциальных механизмов, механизмов свободного хода, муфт предельного момента с переключением вращений // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2013. № 4. С. 8—11.

sb718.indd 329 02.07.2018 14:11:05

УДК 621.838.222

М.П. Шишкарев, *д-р техн. наук*
(Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону)
E-mail: shishkarevm@mail.ru

Исследование адаптивной фрикционной муфты второго поколения с бифункциональным управляющим устройством

Осуществлен синтез адаптивной фрикционной муфты второго поколения с нажимным устройством, включающим в себя функцию отжимного стабилизирующего устройства. Показаны преимущества конструкции муфты с точки зрения точности срабатывания.

The synthesis of adaptive friction clutches of the second generation with a pressure device including the function of squeezing the stabilizing device is carried out. The advantages of the design of the coupling from the point of view of accuracy of operation are shown.

Ключевые слова: адаптивная фрикционная муфта, второе поколение, бифункциональное управляющее устройство, коэффициент трения, коэффициент усиления.

Keywords: adaptive friction clutch, second generation, bifunctional control device, coefficient of friction, gain.

Введение

Накопленный опыт проектирования и эксплуатации адаптивных фрикционных муфт (АФМ) первого поколения с бифункциональным управляющим устройством (УУ) показал, что, имея определенное преимущество по нагрузочной способности по сравнению с базовым вариантом, у них нет преимущества по точности срабатывания [1, 2].

Во многих случаях практического применения недостаточно высокая точность срабатывания АФМ с бифункциональным УУ вызывает определенные проблемы с точки зрения надежности защиты от перегрузок узлов и деталей приводов машин, а также завышение их массогабаритных показателей. Например, у автоматических сборочных приспособлений и комплексов, при работе которых должны выдерживаться определенные с минимальными отклонениями силы запрессовки деталей для обеспечения заданного качества соединения.

Таким образом, задача повышения точности срабатывания АФМ второго поколения с бифункциональным УУ является актуальной. Ее решение позволит соединить в одной конструкции два главных эксплуатационных показателя — высокие нагрузочную способность и точность срабатывания АФМ.

Цель работы — разработка и исследование точности срабатывания АФМ второго поколения с бифункциональным УУ.

Идея модернизации базового варианта АФМ второго поколения заключается во введении в конструкцию бифункционального УУ и обособленной фрикционной группы, замыкаемой от УУ, и отдельного силового замыкателя (рис. 1).

Соосные одна другой полумуфты *1* и *2* кинематически связаны между собой в окружном направлении двумя фрикционными группами:

— основной (ОФГ), состоящей из фрикционных дисков *3* и *4*;

— дополнительной (ДФГ), включающей фрикционные диски *5* и *6*.

УУ муфты состоит из тел качения *7*, размещенных в скошенных гнездах, которые выполнены на взаимообращенных торцовых поверхностях нажимного диска и опорной шайбы *8*,

sb718.indd 330 02.07.2018 14:11:05

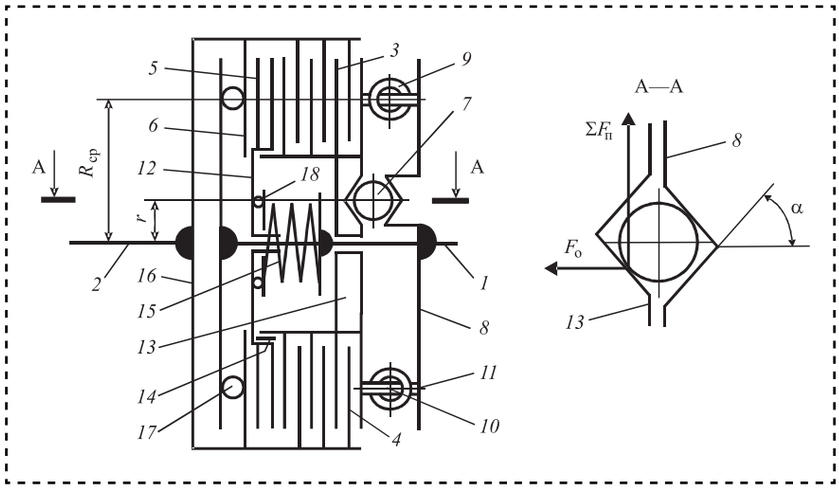


Рис. 1. Принципиальная схема АФМ второго поколения с бифункциональным УУ

жестко закрепленной на ступице полумуфты *1* (рис. 1, сечение А—А).

Общее силовое замыкание пар трения ОФГ и ДФГ осуществляется группой тангенциально расположенных пружин *9*, которые одним концом опираются на бобышки *10*, закрепленные на крайнем правом диске трения *3*, и на бобышки *11*, смонтированные на опорной шайбе *8*.

Пружины *9* и *15* поставлены в муфту с предварительным натяжением. Диски трения *5* ДФГ смонтированы на стакане *12*, связанном со ступицей нажимного диска *13* посредством шпонки *14*. Стакан *12* справа поджат пружиной *15*, расположенной в центральном отверстии нажимного диска, который установлен на ступице полумуфты *1* свободно. Для уменьшения трения между ДФГ и упорным диском *16*, жестко закрепленным на ступице полумуфты *1*, а также между стаканом *12* и пружиной *15* установлены упорные подшипники *17* и *18* соответственно.

Работа АФМ происходит следующим образом. Пружины *9*, имея в качестве неподвижной опоры опорную шайбу *8*, воздействуют в окружном направлении на нажимной диск *13*, благодаря чему тела качения *7* заклиниваются между противоположными стенками гнезд и оказывают осевое давление на пары трения ОФГ и ДФГ.

При вращении АФМ в направлении часовой стрелки (см. вид справа на рис. 1) момент сил сопротивления со стороны нажимного диска *13* действует в направлении против часовой стрелки. Вследствие этого действие упругого момента сил пружин *9* на тела качения *7* уменьшается, что приводит к снижению осевой силы, приложенной к нажимному диску. Благодаря этому осуществляется автоматическое регулирование силы прижатия друг к другу пар трения ОФГ и ДФГ и, как следствие, предельной величины вращающего момента АФМ.

Пары трения ДФГ дополнительно замыкаются пружиной *15*, вследствие чего автоматическое регулирование силы прижатия друг к другу пар трения распространяется и на данную фрикционную группу.

Представленная механическая система муфты по принципу действия идентична базовому варианту АФМ второго поколения (в части силового замыкания пар трения ОФГ и ДФГ). Осевую силу $F_о$, при помощи которой осуществляется силовое замыкание пар трения ОФГ и, частично, пар трения ДФГ, вычисляют по формуле:

$$F_о = F_t \mathrm{tg}\alpha, \qquad (1)$$

где F_t — тангенциальная (окружная) сила, действующая на нажимной диск *13*;

α — угол скоса гнезда под тело качения *7*.

Для статического состояния АФМ запишем

$$\sum F_п R = F_t r, \qquad (2)$$

где $F_п$ — сила натяжения пружины *9*;

R — радиус окружности, на которой расположены тангенциальные пружины *9*;

r — радиус окружности, на которой расположены тела качения *7*.

Из уравнения (2) найдем

$$F_t = \frac{\sum F_п R}{r}. \qquad (3)$$

Подставляя правую часть равенства (3) в формулу (1), получаем

$$F_о = nF_п C, \qquad (4)$$

где n — число пружин *9*;

C — коэффициент усиления (КУ) нажимного устройства, $C = \frac{R}{r}\mathrm{tg}\,\alpha$.

Формула (4) записана для статического состояния АФМ, когда на элементы муфты дей-

sb718.indd 331 02.07.2018 14:11:05

ствуют только внутренние силовые факторы. Естественно, что в данном случае сила $F_о$ остается неизменной.

При работе вследствие действия вращающего момента в направлении, противоположном направлению действия момента от сил тангенциальных пружин *9*, нагрузка, передаваемая телами качения УУ, изменяется по зависимости

$$\Delta T = T_{пр} - T_п, \quad (5)$$

где $T_{пр}$ — момент сил от действия тангенциальных пружин *9*;

$T_п$ — вращающий момент, передаваемый АФМ.

Из соотношения (5) следует, что при постоянном моменте $T_{пр}$ момент ΔT является переменным вследствие изменения вращающего момента $T_п$ в результате влияния как внутреннего (коэффициент трения между фрикционными дисками ОФГ и ДФГ), так и внешнего (переменная нагрузка на рабочий орган машины) факторов.

В соответствии с конструктивно-компоновочной схемой фрикционного узла муфты, показанной на рис. 1, тела качения УУ передают полный вращающий момент АФМ, который складывается из суммы двух вращающих моментов:

T_1, передаваемого парами трения ОФГ;

T_2, передаваемого парами трения ДФГ.

На основании этого запишем

$$T_п = T_1 + T_2; \quad (6)$$

$$T_1 = zF_о R_{ср} f; \quad (7)$$

$$T_2 = z_1 \left(F_о + F_{п1}\right) R_{ср} f, \quad (8)$$

где z — число пар трения ОФГ;

$R_{ср}$ — средний радиус поверхностей трения ОФГ;

f — коэффициент трения между фрикционными дисками ОФГ;

z_1 — число пар трения ДФГ;

$F_{п1}$ — сила натяжения пружины *15*.

Сила $F_о$ зависит от вращающего момента, передаваемого телами качения УУ, и от других параметров:

$$F_о = \frac{\Delta T}{r} \operatorname{tg} \alpha. \quad (9)$$

Вращающий момент, создаваемый тангенциальными пружинами *9*, равен

$$T_{пр} = nF_п R. \quad (10)$$

Из соотношения (9), с учетом формулы (5), следует, что сила $F_о$ убывает при увеличении передаваемого вращающего момента и наоборот. Тем самым осуществляется автоматическое регулирование силы прижатия друг к другу пар трения ОФГ и ДФГ и обеспечивается адаптация муфты к изменяющимся условиям ее эксплуатации.

После подстановки правой части соотношения (9) в выражения (7) и (8), с учетом формул (5) и (10), в равенство (6) получим

$$T_п = nF_п R_{ср} f \frac{\left(z + z_1\right) C + z_1 p}{1 + \left(z + z_1\right) C_1 f}, \quad (11)$$

где C_1 — КУ отжимного устройства, $C_1 = \frac{R_{ср}}{r} \operatorname{tg} \alpha$;

p — коэффициент, $p = \frac{F_{п1}}{nF_п}$.

Коэффициент точности исследуемой АФМ вычисляется с учетом соотношения (11) по формуле:

$$K_т = \frac{f_{max}\left[1 + \left(z + z_1\right) C_1 f_{min}\right]}{f_{min}\left[1 + \left(z + z_1\right) C_1 f_{max}\right]}. \quad (12)$$

Исследование точности срабатывания АФМ

Сравним точность срабатывания рассматриваемой АФМ и базового варианта АФМ второго поколения. Для базового варианта АФМ второго поколения коэффициент точности вычисляется по формуле [3]:

$$K_{т1} = \frac{f_{max}\left(z + 1 - C_2 f_{max}\right)\left[1 + (z-1) C_2 f_{min}\right]}{f_{min}\left(z + 1 - C_2 f_{min}\right)\left[1 + (z-1) C_2 f_{max}\right]}, \quad (13)$$

где C_2 — КУ обратной связи базового варианта АФМ второго поколения.

С помощью формулы (13) можно вычислить значение коэффициента точности при числе пар трения ДФГ, равном единице. При $z_1 > 1$ формула для вычисления коэффициента точности имеет следующий вид:

$$K'_{т1} = \frac{f_{max}\left[z + z_1\left(1 - C_2 f_{max}\right)\right]\left[1 + (z-1) C_2 f_{min}\right]}{f_{min}\left[z + z_1\left(1 - C_2 f_{min}\right)\right]\left[1 + (z-1) C_2 f_{max}\right]}. \quad (14)$$

sb718.indd 332 02.07.2018 14:11:05

В базовом варианте АФМ второго поколения максимальное значение C_2, при котором достигается наибольшая точность срабатывания муфты, равно [3]

$$C_2 = \frac{1}{z_1 f_{\max}}. \quad (15)$$

Подставляя правую часть равенства (15) в формулу (14), получаем

$$K'_{т1} = \frac{m(z + z_1 - 1)}{(z + z_1 - 1/m)}, \quad (16)$$

где m — относительная ширина интервала изменения коэффициента трения, $m = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}$.

Принципиальное отличие рассматриваемой АФМ от базового варианта АФМ второго поколения заключается в отсутствии ограничения сверху величины C_1 при статическом нагружении конструкции.

Сравним коэффициенты точности $K_т$ и $K_{т1}$, для чего используем графический способ (рис. 2). Графики зависимостей $K_т(C)$ и $K_{т1}(C)$ построены по соотношениям (12) и (16) при следующих исходных данных: $f_{\min} = 0{,}1$; $f_{\max} = 0{,}8$; $z = 6$; $z_1 = 2$; $m = 8$.

Кривая *1* на рис. 2 отражает зависимость (12), прямая *2* построена по соотношению (16).

С увеличением C точность срабатывания рассматриваемой АФМ повышается (кривая *1*). При всех значениях C (в пределах шкалы абсцисс на рис. 2) точность срабатывания рассматриваемой АФМ выше, чем у базового варианта АФМ второго поколения, причем с увеличением C разность между точностями срабатывания сравниваемых муфт увеличивается.

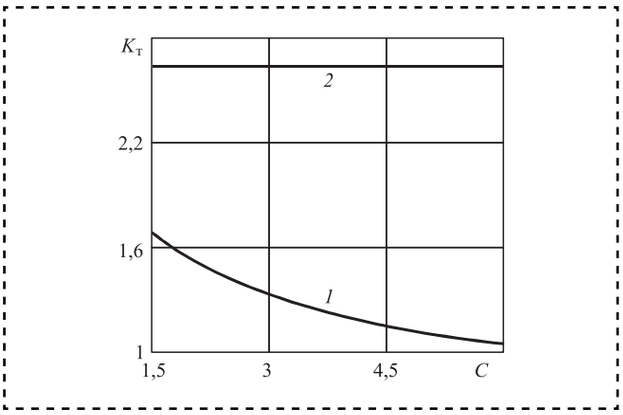


Рис. 2. Графики зависимости коэффициента точности АФМ от коэффициента усиления

Положим, что при значении $f_{\max}$ полный вращающий момент АФМ второго поколения передают только пары трения ДФГ. Тогда $F_о = 0$ и вращающий момент муфты равен

$$T_{п\max} = z_1 F_{п1} R_{ср} f_{\max}. \quad (17)$$

Вращающий момент АФМ, вычисляемый по формуле (11), равен вращающему моменту, передаваемому парами трения ДФГ.

На основе данного предположения получим

$$C_1 = \frac{C}{z_1 p f_{\max}}.$$

При $z_1 = 1$

$$C_1 = \frac{C}{p f_{\max}}. \quad (18)$$

Воспользовавшись полученным результатом, подставим правую часть равенства (18) в соотношение (12):

$$K_т = \frac{f_{\max}\left[p + (z+1)C f_{\min}/(p f_{\max})\right]}{f_{\min}[1 + (z+1)C]} = \frac{m[p + (z+1)C/m]}{p + (z+1)C}. \quad (19)$$

При $C_1 = 1/f_{\max}$ (см. выше) коэффициент точности равен:

$$K_{т1} = \frac{m[1 + (z-1)/m]}{z + 1 - 1/m}. \quad (20)$$

Сопоставление значений $K_т$ и $K_{т1}$ по соотношениям (19) и (20) в предположении, что $K_т < K_{т1}$ приводит к соответствующему неравенству

$$p < \frac{(z+1)(1 - 1/m)^2 C}{1 - z/m}. \quad (21)$$

Анализ неравенства (21) показывает, что верхнее граничное значение коэффициента p возрастает при увеличении z и при $z = m$ неравенство $K_т < K_{т1}$ выполняется при любых значениях p.

На рис. 3 показан график зависимости $p(z)$, построенный с использованием правой части неравенства (21). Исходные данные: $C = 1{,}25$ (при $f_{\max} = 0{,}8$ и при $z_1 = 1$), $m = 8$.

sb718.indd 333 02.07.2018 14:11:06

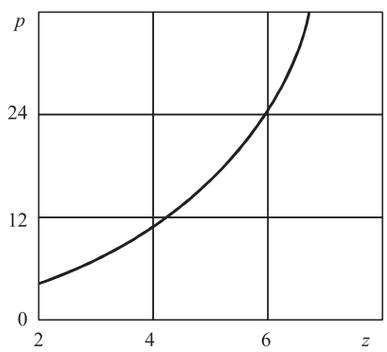


Рис. 3. График зависимости коэффициента *p* от числа пар трения фрикционной группы

Область значений, расположенная на рис. 3 ниже кривой, соответствует данным, удовлетворяющим неравенству (21).

Введение в конструкцию АФМ автономного нажимного устройства позволило существенно (в 1,54...2,25 — по величине коэффициента точности) повысить точность срабатывания, приблизив муфту по данному показателю к "идеальной" АФМ, имеющей $K_т = 1$. Вместе с тем повышается нагрузочная способность муфты, что значительно увеличивает эффективность применения ее на практике.

Основная идея синтеза конструктивно-компоновочной схемы исследуемой АФМ заключается в том, чтобы соединить в одном функциональном устройстве достоинства бифункционального УУ, позволяющего повысить нагрузочную способность муфты, и отрицательно-нулевую обратную связь, обеспечивающую наибольшую точность срабатывания.

Конструктивное решение АФМ второго поколения с бифункциональным УУ основано на введении в конструкцию нажимного элемента пар трения ДФГ, функционально независимого от нажимных элементов пар трения ОФГ.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетах и проектировании АФМ второго поколения с бифункциональным УУ для выбора оптимальных параметров, обеспечивающих высокие эксплуатационные характеристики муфты.

Выводы

1. Точность срабатывания исследуемой АФМ повышается с увеличением КУ обратной связи.

2. Точность срабатывания исследуемой АФМ выше, чем точность срабатывания базового варианта АФМ второго поколения.

3. Существует верхнее граничное значение коэффициента, характеризующего отношение силы замыкания пар трения ДФГ к силе замыкания тангенциальной пружины нажимного устройства бифункционального УУ, которое обеспечивает более высокую точность срабатывания исследуемой АФМ по сравнению с точностью срабатывания базового варианта АФМ второго поколения.

Библиографический список

1. **Шишкарев М.П.** Об одном преимуществе адаптивной фрикционной муфты с бифункциональным управляющим устройством // Известия ОрелГТУ. 2008. № 3-2/271 (546). С. 79—83.

2. **А.с. 1110957 СССР**, МПК^3 F 16 D 7/02, F 16 D 13/04. Предохранительная фрикционная муфта / М.П. Шишкарев (СССР). № 3604465/25–27; заявл. 10.06.83; опубл. 30.08.84. Бюл. № 32. 3 с.

3. **А.с. 1430633 СССР**, МПК^4 F 16 D 7/02. Предохранительная фрикционная муфта / М.П. Шишкарев (СССР). № 4048607/25–27; заявл. 26.02.86; опубл. 15.10.88. Бюл. № 38. 3 с.

sb718.indd 334 02.07.2018 14:11:06

ЕЛЕНА ЛЬВОВНА ПЕРВУХИНА

13 апреля 2018 года после продолжительной болезни ушла из жизни Елена Львовна Первухина — доктор технических наук, профессор кафедры "Информационные системы", талантливый ученый, авторитетный руководитель, педагог, воспитатель, организатор, принимавший самое активное участие в деятельности Учебно-методического совета по направлению подготовки "Информационные системы и технологии", Федерального УМО по укрупненной группе специальностей и направлений высшего образования "Информатика и вычислительная техника".

Елена Львовна внесла огромный организационный и творческий вклад в развитие подготовки разработчиков информационных систем и технологий в Севастопольском государственном университете. Ее яркие выступления, неиссякаемая энергия и профессионализм, обаяние и целеустремленность, оптимизм, принципиальность, умение отстаивать свое мнение и настойчивость в достижении поставленной цели всегда привлекали и вдохновляли всех, кто ее окружал, помогали по-новому осознать смысл и значение решаемых профессиональных задач.

Елена Львовна была инициатором и вдохновителем Межрегиональной научно-практической конференции "Перспективные направления развития отечественных информационных технологий", объединившей усилия представителей органов власти, науки, образования, бизнеса, направленные на обеспечение технологической независимости ИТ-сферы в условиях современных вызовов и санкций, интеграцию Севастополя в образовательное и информационное пространство России, и получившей статус регулярного мероприятия всероссийского уровня. Много лет входила в состав редакционного совета журнала "Сборка в машиностроении, приборостроении".

Глубоко скорбим вместе с родными, близкими, коллегами и учениками Елены Львовны, разделяя горечь постигшей всех невосполнимой утраты.

Светлая Вам память, дорогая Елена Львовна!

Редакционный совет и редакция журнала
"Сборка в машиностроении, приборостроении"

sb718.indd 335 02.07.2018 14:11:06

Уважаемые коллеги!

Международный союз машиностроителей, Донецкий национальный технический университет и ряд ведущих университетов и организаций различных стран

10—18 сентября 2018 г. в городе Севастополе

проводят Юбилейную

XXV Международную научно-техническую конференцию

"МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОСФЕРА XXI ВЕКА"

ОСНОВНАЯ ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

1. Практика и перспективы создания и применения прогрессивных и нетрадиционных технологий. Интегрированные технологии. Сборка в машиностроении, приборостроении. Абразивные и виброабразивные технологии.
2. Механизация и автоматизация производственных процессов. Прогрессивное оборудование
3. Комплексная автоматизация проектирования, подготовки и управления производством. Экономические проблемы техносферы.
4. Проблемы создания и применения прогрессивных инструментов и инструментальных материалов.
5. Управление качеством продукции и технических систем. Проблемы инженерии поверхностного слоя изделий.
6. Современные проблемы машиноведения и деталей машин.
7. Современные проблемы инженерии материалов, процессов и материаловедения в машиностроении. Упрочняющие технологии и покрытия изделий машиностроения. Наноматериалы и нанотехнологии.
8. Вопросы моделирования и расчетов технических систем.
9. Специальная техника и технологии техносферы. Экологические проблемы техносферы.
10. Современные проблемы инженерного образования. Евроинтеграция в образовании.

Адрес оргкомитета

283001, г. Донецк, ул. Артема, 58,
ДонНТУ, кафедра "Технология машиностроения", Оргкомитет
☎ Тел./факс: +38 062 305-01-04, +38 062 301-08-05
☎ Моб. тел.: +38 050 6202396; +7 978 1369454 (во время конференции)
✉ E-mail: tm@fimm.donntu.org или mntk21@mail.ru
http://konf-sev.donntu.org, http://iumb.donntu.org, http://www.donntu.org

Михайлов Александр Николаевич — председатель

Голубов Николай Васильевич — ученый секретарь

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение", 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2
Учредитель ООО "Издательство "Инновационное машиностроение".
Адрес электронной почты издательства: **mashpubl@mashin.ru**;
редакции журнала: **sborka@mashin.ru, http://www.mashin.ru.**
Телефон редакции журнала: 8 (499) 269-54-98, факс: 8 (499) 269-54-96.
Технический редактор *Патрушева Е.М.* Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 03.05.2018. Подписано в печать 26.06.2018. Формат 60 × 88 1/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88. Свободная цена.
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Адвансед солюшнз". Сайт: **www.aov.ru**
Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

sb718.indd 336 02.07.2018 14:11:06