

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ
ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПО ГРУППАМ НАУЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ: 01.02.01 — Теоретическая механика, 01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела, 01.02.06 — Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры, 05.02.02 — Машиноведение системы приводов и детали машин, 05.02.04 — Трение и износ в машинах, 05.02.05 — Роботы, мехатроника и робототехнические системы, 05.02.07 — Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, 05.02.10 — Сварка, родственные процессы и технологии, 05.02.11 — Методы контроля и диагностика в машиностроении, 05.02.13 — Машины, агрегаты и процессы, 05.02.18 — Теория механизмов и машин, 05.04.11 — Атомное реакторостроение, машины, агрегаты и технология материалов атомной промышленности

2020 Том 21
3 (236)

СОДЕРЖАНИЕ

Технологичность конструкции

Микаева С.А., Микаева А.С., Ларшина Э.Л., Васильева Л.А.
Сборка ультрафиолетовой системы 99

Современные технологии сборки

Житников Ю.З., Житников Б.Ю., Матросов А.Е. Автоматизированная установка упругих кольцевых резиновых уплотнений в наружные канавки цилиндрических деталей 105
Иванов А.А., Кретинин О.В. Сборка корпусных интегральных микросхем . . . 109

Трение и смазка в машинах и механизмах

Кулешова Е.М. Определение зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки по результатам триботехнических испытаний при использовании пленкообразующих смазочных материалов 116
Шишкарёв М.П. Оптимизация конструктивных параметров предохранительных пружинно-шариковых муфт 122

В помощь конструктору, технологу

Дубовик Е.А. Ремонт блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей 130
Волков Е.Б., Ситдикова С.В. Определение износостойкости сит вибрационных грохотов на основе динамической модели движения частиц горных пород 136

Зарубежный опыт

Мамасалиева М.И. Состояние и перспективы рационального использования и снижения потерь топлива и смазочных материалов Республики Узбекистан . . . 141

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.
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.
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

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

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.

КОМСОМОЛЬСКО-АМУРСКИЙ

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.
И.В. КОЛЕСНИКОВ, 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.

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. БАСИНОК, 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.

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.

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: 01.02.01 — Theoretical mechanics, 01.02.04 — Mechanics of a deformable solid, 01.02.06 — Dynamics, durability of machines, devices and apparatus, 05.02.02 — Machine science of drive systems and machine parts, 05.02.04 — Friction and wear in machines, 05.02.05 — Robots, mechatronics and robotic systems, 05.02.07 — Technology and equipment for mechanical, physical and technical processing, 05.02.10 — Welding, related processes and technologies, 05.02.11 — Control methods and diagnostics in mechanical engineering, 05.02.13 — Machines, units and processes, 05.02.18 — Theory of mechanisms and machines, 05.04.11 — Nuclear reactor construction of machine, units and technology of the nuclear industry materials

2020 Vol. 21
3 (236)

CONTENTS

Manufacturability of a construction

Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Larshina E.L., Vasilyeva L.A. UV system assembly 99

Modern technologies in assembly

Zhitnikov Yu.Z., Zhitnikov B.Yu., Matrosov A.E. Automated installation of flexible annular rubber seals into outer grooves of cylindrical parts 105
Ivanov A.A., Kretinin O.V. The assembly of the hull of integrated circuits 109

Friction & lubrication in machines and mechanisms

Kuleshova E.M. The determination of the dependence of the wear intensity on the load by the results of tribotechnical tests using film-forming lubricants 116
Shishkarev M.P. Optimization of design parameters the safety spring-ball clutch 122

Industrial and design engineer's aid

Dubovik E.A. Repair of cylinder block of internal combustion engines of cars ... 130
Volkov E.B., Sitdikova S.V. Determination of wear resistance of sieves of vibrating screens on the basis of dynamic model of movement particles of rock 136

Foreing experience

Mamasaliev M.I. Condition and prospects of rational use and reduction of loss of fuel and lubricants of the Republic of Uzbekistan 141

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
S.M. ZAKHAROV
I.N. ZININA

Yu.L. IVANOV
A.V. IGNATOV
A.I. KUMENKO
I.A. LUBININ
E.A. MIKRIN
B.V. SHANDROV
A.G. KHOLODKOVA

Regional editors

VLADIVOSTOK

Yu.N. KULSHIN
A.A. SUPONIA

VOLGOGRAD

M.G. KRISTAL
V.I. LYSAK

IZHEVSK

I.V. ABRAMOV
V.G. OSETRV
B.A. YAKIMOVICH

KAZAN

R.I. ADGAMOV

KOVROV

Yu.Z. ZHITNIKOV

KOMSOMLSK-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
I.V. KOLESNIKOV

RYBINSK

V.F. BEZIAZYCHNYI
V.V. NEPOMILUEV
A.N. SEMENOV

SAMARA

Yu.A. VASHUKOV
M.A. EVDOKIMOV

ST.-PETERSBURG

E.V. SHALOBAEV

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. NUZHINA, I.M. GLIKMAN

Journal is distributed on subscription, which 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@mashin.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.

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

С.А. Микаева, д-р техн. наук, А.С. Микаева, канд. экон. наук,
Э.Л. Ларшина, Л.А. Васильева
(МИРЭА — Российский технологический университет)
E-mail: mikaeva@npo.lit

Сборка ультрафиолетовой системы

Рассмотрена сборка ультрафиолетовой системы для обеззараживания воздуха. Описаны основные части системы и представлены технические характеристики собранной ультрафиолетовой системы.

The work is devoted to the construction of an ultraviolet system for air disinfection. The article describes the main parts of the system and presents the technical characteristics of the assembled ultraviolet system.

Ключевые слова: сборка, система, воздух, очистка, ультрафиолет, камера обеззараживания, термостат, пульт питания, пульт управления.

Keywords: assembly, system, air, cleaning, ultraviolet, disinfection chamber, thermostat, power supply, control panel.

Ультрафиолетовая (УФ) система состоит из камеры обеззараживания и пульта питания и управления. Камера обеззараживания представлена на рис. 1 и предназначена для обеззараживания воздуха в системах вентиляции и кондиционирования [1–5]. Пульт питания и управления, представленный на рис. 2, контролирует работу камеры обеззараживания и предназначен для размещения электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) [6–8].

Камера обеззараживания подсоединяется к воздуховоду при помощи переходников (конфузор-диффузор), геометрические параметры которых соответствуют присоединительным размерам воздухопроводов и камеры обеззараживания. Ультрафиолетовый излучатель — это УФ-лампа, собранная в кварцевом чехле (рис. 2).

Термостат камеры обеззараживания предназначен для выдачи сигнала отключения УФ-лампы в случае перегрева камеры обеззараживания. Термостат 2455R-55/45 нормально замкнутый представляет собой биметаллический термовыключатель. Температура срабатывания +55 °С; температура обратного подключения +45 °С.

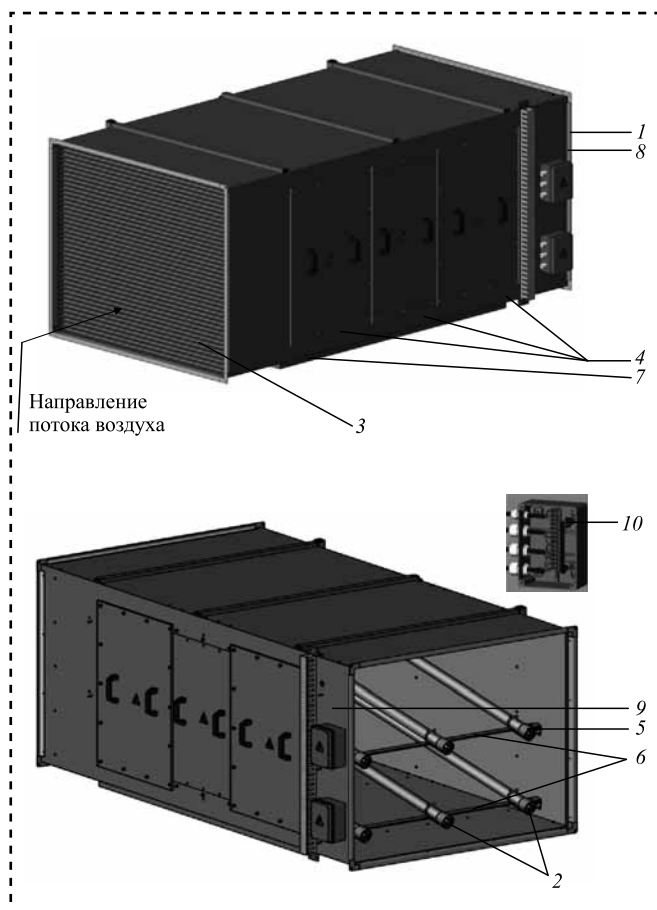
Внутри корпуса пульта питания на монтажной панели расположены пускорегулирующий

аппарат, источник питания, блоки клеммных зажимов, реле, шпилька заземления, термостат и автоматические выключатели (рис. 3).

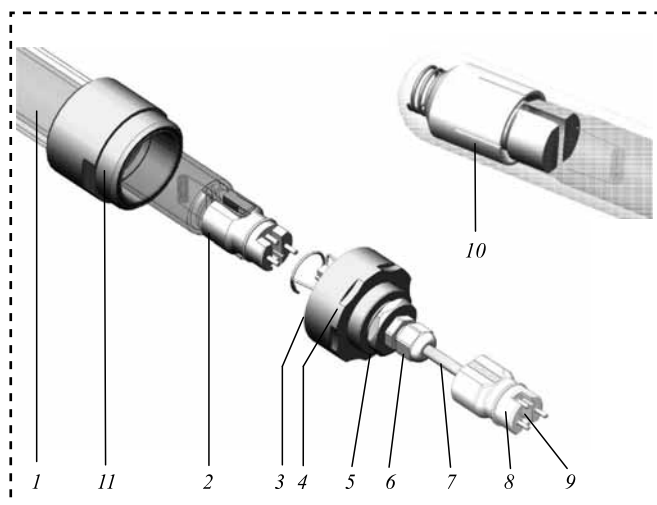
Термостат 2455R-55/45 для выдачи сигнала отключения УФ-ламп в случае перегрева пульта питания и управления устанавливаются внутри пульта питания и управления. Температура срабатывания +65 °С; температура обратного подключения +55 °С.

УФ-система может работать в режимах: местного управления; дистанционного управления и контроля. К функциям пульта питания и управления УФ-системы относят: контроль исправности УФ-ламп и ЭПРА; учет времени наработки и числа включений УФ-ламп; включение/выключение УФ-ламп; аварийное отключение УФ-системы при перегреве пульта питания и управления. При работе установки в местном режиме переключатель режимов управления *13* находится в положении "МЕСТН." (см. рис. 3).

Данный режим работы УФ-системы позволяет контролировать состояние УФ-системы, настраивать технологические параметры УФ-системы, управлять отдельными компонентами УФ-системы с панели оператора пульта питания и управления. Состояние установки


Рис. 1. Камера обеззараживания:

1 — корпус; 2 — отражатель; 3 — выравнивающая решетка; 4 — люки обслуживания; 5 — УФ-излучатель; 6 — держатели УФ-излучателей; 7 — рамы; 8 — коробка подключения; 9 — шпильки заземления; 10 — термостат


Рис. 2. УФ-излучатель

1 — чехол в сборе; 2 — УФ-лампа FOTOTRON 158 или FOTOTRON 160 (НПО "ЛИТ", Москва); 3 — зажим; 4 — розетка; 5 — гайка; 6 — стакан; 7 — кабельный ввод МВА 12-05; 8 — заглушка; 9 — цоколь; 10 — насадка подпружиненная; 11 — кольцо 045-048-19-2-3 ГОСТ 9833—73

"НОРМА" соответствует нормальной работе УФ-системы и на экране панели оператора отображается информация о состоянии установки. В случае аварийной ситуации на панели оператора отображается сигнал "АВАРИЯ". Возможные причины возникновения сигнала "АВАРИЯ": выход из строя лампы или ЭПРА; температура в пульте питания и управления превысила +65 °С. "АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ" (отключение УФ-системы) происходит через определенный промежуток времени после появления сигнала "АВАРИЯ". При этом на панели оператора продолжает гореть световой индикатор "АВАРИЯ", а УФ-лампы выключены.

В случае аварийного отключения из-за перегрева необходимо устранить причины перегрева. После остывания пульта питания и управления УФ-систему можно включать. Сброс сигнала "АВАРИЯ" осуществляется кнопкой "СТОП". При нахождении переключателя режимов управления в положении "ДИСТ." осуществляется дистанционный контроль за состоянием УФ-системы и дистанционное управление включением и выключением УФ-системы. Сигналы дистанционного контроля передаются гальванически развязанными контактами ("сухие контакты"). Управление УФ-системой осуществляется посредством замыкания внешних гальванически развязанных контактов и по цифровому интерфейсу Modbus RTU. Переводить переключатель ИЗ "МЕСТН.-ДИСТ." из одного положения в другое можно при работающей УФ-системе. Перечень сигналов состояния системы и управляющих сигналов представлен в табл. 1.

Функциональное описание УФ-системы представляет собой перечень функций системы управления, а также параметров, сигналов, команд, задержек и внешних проявлений, возникающих при реализации каждой функции (табл. 2).

Камеру обеззараживания устанавливают в помещении таким образом, чтобы было обеспечено свободное пространство для замены бактерицидных ламп (зона обслуживания) и выполнения других регламентных работ. Камеру обеззараживания монтируют так, чтобы полностью исключить возможность выхода УФ-излучения во внешнее пространство помещений, используя уплотнительные материалы, устойчивые к УФ-излучению.

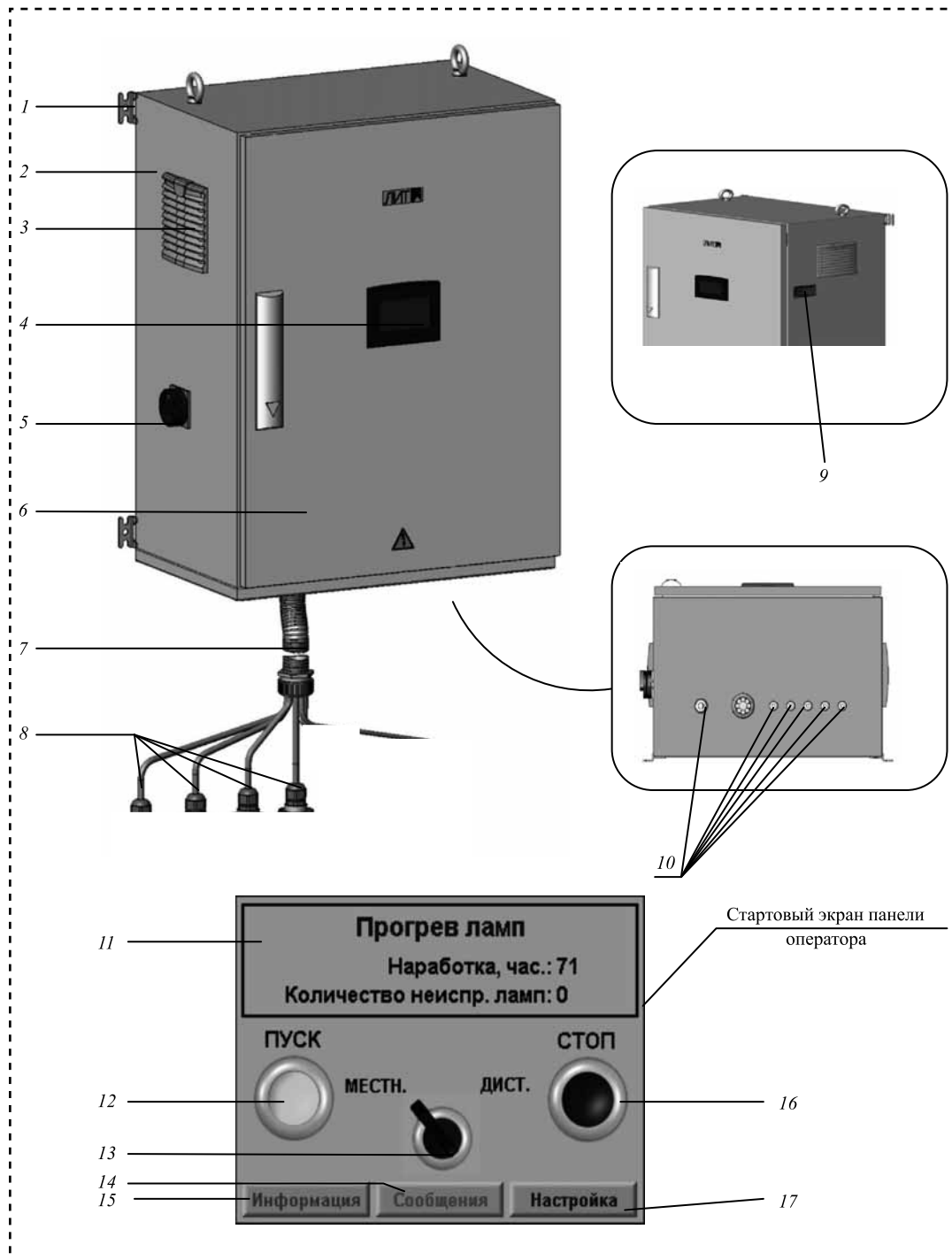


Рис. 3. Пульт питания и управления:

1 — крепления пульта питания и управления; 2 — корпус пульта питания и управления; 3 — вентиляционная решетка; 4 — панель оператора (для индикации состояний УФ-системы и настройки технологических параметров); 5 — главный выключатель; 6 — дверь; 7 — гофра с ламповыми кабелями (число ламповых кабелей соответствует числу ламп в камере обеззараживания); 8 — ламповый кабель; 9 — шильдик; 10 — гермовводы (для подключения кабелей); 11 — область режима работы УФ-системы (отображает режим работы УФ-системы, текущую наработку ламп и число неисправных ламп); 12 — ПУСК (включение УФ-ламп); 13 — МЕСТН.-ДИСТ. (переключатель режимов работы УФ-системы); 14 — сообщения (раздел меню, содержащий сообщения о предупреждениях и авариях); 15 — информация (раздел меню, содержащий информацию о времени наработки, состоянии УФ-датчика и состоянии ламп); 16 — СТОП (выключение УФ-ламп); 17 — настройка (раздел меню, позволяющий редактировать параметры УФ-системы)



Сигналы дистанционного контроля и управления пульта питания и управления

| Сигнал | Тип сигнала/интерфейса | Примечание |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Сигналы контроля</i> | | |
| РАБОТА (УФ-СИСТЕМА ВКЛЮЧЕНА) | — | — |
| ГОТОВНОСТЬ | "Сухие" контакты или Modbus RTU | Сигнал появляется после прогрева ламп |
| АВАРИЯ | — | — |
| МЕСТНОЕ/ДИСТАНЦИОННОЕ | — | — |
| <i>Сигналы управления</i> | | |
| УФ-СИСТЕМА ПУСК/СТОП | "Сухие" контакты или Modbus RTU | — |

При размещении пульта питания и управления следует обеспечить свободный доступ к нему. При монтаже камеры обеззараживания в местах с затрудненным доступом следует обеспечить УФ-систему специальными площадками обслуживания.

При подсоединении камеры обеззараживания к воздуховоду для перехода с сечения воздуховода на сечение камеры обеззараживания и обратно следует использовать переходные участки: конфузор и диффузор, которые крепят к камере обеззараживания при помощи фланцев. Угол расширения диффузора и угол сужения конфузора не должны превышать 40°. Соединение фланцев осуществляют при помощи монтажных болтовых клипс-зажимов. Для защиты ламповой зоны от попадания посторонних предметов вход и выход камеры обеззараживания оснащен защитной решеткой.

Для снижения нагрузки на конструкцию воздуховода камера обеззараживания может располагаться на раме, опирающейся на пол помещения или подвешенной к потолку либо к иным конструктивным элементам при помощи шпилек или кронштейнов. При необходимости для снижения вибраций, передающихся по конструкции воздуховода, камера обеззараживания крепится при помощи амортизаторов (пружинных или резиновых) и отделена от конструкции воздуховода демпфирующими вставками.

Пульт питания и управления закрепляют на стене или раме в легкодоступном и удобном для наблюдения за лицевой панелью месте, защищенном от попадания прямых солнечных лучей. Ко всем поверхностям пульта питания и управления должен быть обеспечен свободный доступ воздуха для его охлаждения. Ламповый

кабель не допускается скручивать в бухты. В процессе эксплуатации УФ-системы необходимо контролировать следующие параметры: исправность УФ-системы по панели оператора пульта питания и управления; время наработки УФ-ламп по счетчику времени наработки и журналу эксплуатации УФ-системы; число включений/выключений УФ-ламп по счетчику числа включений.

Основные функции панели оператора: визуализация состояний УФ-системы; управление УФ-системой; коррекция технологических параметров. На панели оператора отображаются данные о состоянии УФ-системы (см. рис. 3). После загрузки на панели оператора в течение 1 с отображается настройка Modbus. Для ввода нового адреса необходимо нажать на экран, настройка Modbus будет отображаться 1 мин. После ввода нового адреса контроллер перезагрузится. На панели оператора отображается стартовый экран. В верхней части экрана отображается информация о режиме работы установки. Для перехода к разделу "Лампы" нужно нажать на соответствующую кнопку: фиолетовый — УФ-лампа включена; серый — УФ-лампа выключена; красный — неисправная УФ-лампа с указанием номера. Для перехода к разделам "Сообщения", "Настройки" нужно нажать на соответствующую кнопку. Для выхода нажать на кнопку ESC.

До ввода пароля пользователь имеет возможность смены языка панели оператора. После ввода пароля пользователь получает доступ к разделам: Нарботка, Конфигурация, Дата/Время, УФ-датчик. Пользователь может включить/выключить функцию "Авторестарт" (автоматическое включение системы после возобновления подачи электропитания).



Таблица 2

Функциональное описание УФ-системы

| Действие/функция | Параметры управления | Сигналы и команды | Условия возникновения сигналов | Задержка на формирование сигналов, с | Внешнее проявление |
|--|---|--|--|--------------------------------------|---|
| Подача питания на УФ-систему | — | Замыкание контактов пускового реле в пульте питания и управления | Включение "Главного выключателя" | 0 | Загрузка контроллера и панели оператора (на панели оператора загрузился стартовый экран) |
| Контроль температуры пульт-а питания и управления | Температура пульта питания и управления (сигнал с термостата пульта питания и управления) | "АВАРИЯ" по перегреву пульта питания и управления | Более +65 °С (температура обратного переключения +55 °С) | 5 | Сообщение на панели оператора |
| Ввод и изменение параметров управления УФ-системой | — | — | "АВАРИЯ" по перегреву | 5 | Дополнительно к сообщению на панели оператора выключение УФ-ламп |
| Выбор режима управления УФ-системой | Режим управления | Переключение режима управления в соответствии с положением переключателя | Местный или дистанционный режим управления УФ-системой | 0 | Ввод параметров управления через панель оператора под двумя типами паролей (пользователя и администратора) |
| Включение УФ-ламп | Питание ЭПРА | Замыкание контактов пускового реле в пульте питания и управления | Нажатие "ПУСК" на панели оператора или в случае режима дистанционного управления дистанционно | 0 | Переключение "МЕСТН.-ДИСТ." на панели оператора |
| Автоматическое включение УФ-ламп | Питание ЭПРА | Замыкание контактов пускового реле в пульте питания и управления | При появлении питающего напряжения после его исчезновения (при отсутствии других аварийных сигналов, если система была включена) | 0 | На панели оператора отображается сообщение "Прогрев ламп". Включение вентилятора пульта питания и управления |
| Выключение УФ-ламп | Питание ЭПРА | Размыкание контактов пускового реле в пульте питания и управления | Нажатие "СТОП" на панели оператора или в случае режима дистанционного управления дистанционно | 0 | Сообщение на панели оператора. Включение вентилятора пульта питания и управления |
| Контроль исправности ламп | — | "АВАРИЯ" | УФ-лампа неисправна (начало проверки спустя 10 мин после включения УФ-ламп) | 0 | Сообщение на панели оператора |
| Отсчет времени наработки УФ-ламп | Время наработки: от момента первого пуска установки; от момента сброса наработки | Увеличение времени наработки от момента включения УФ-ламп до момента их выключения | Замыкание контактов пускового реле в пульте управления | 0 | Отображение на панели оператора времени наработки в часах двух типов: от момента первого пуска УФ-системы и от момента сброса числа включений |
| Возможность сброса времени наработки УФ-ламп | Время наработки от момента сброса | Сброс времени наработки УФ-ламп | Время наработки равно нулю | 0 | Сброс через панель оператора под паролем пользователя |
| Отсчет числа включений УФ-ламп | Число включений: от момента пуска установки; от момента сброса числа включений | Увеличение числа включений УФ-ламп | Замыкание контактов пускового реле в пульте питания и управления | 0 | Отображение на панели оператора числа включений двух типов: от момента первого пуска УФ-системы; от момента сброса числа включений |
| Возможность сброса числа включений УФ-ламп | Число включений от момента сброса | Сброс числа включений УФ-ламп | Число включений равно нулю | 0 | Сброс через панель оператора под паролем пользователя |
| Снятие питания УФ-системы | — | Размыкание контактов пускового реле в пульте питания и управления | Выключение "Главного выключателя" | 0 | Выключение УФ-ламп |

*Технические характеристики системы МЕГАЛИТ 2200 Ф*

| | |
|--|--|
| Материал корпуса камеры обеззараживания | Сталь AISI/304/AISI 430 |
| Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм: | |
| камера обеззараживания | 2000×500×310 |
| пульт питания и управления | 635×262×800 |
| Размер шины фланца, мм | 20 |
| Сечение вентиляционного канала, мм | 400×250 |
| Масса, не более, кг: | |
| камера обеззараживания | 50 |
| пульт питания и управления | 40 |
| Степень пыле- и влагозащищенности: | |
| камера обеззараживания | IP 40 |
| пульт питания и управления | IP 54 |
| Скорость потока в камере обеззараживания, м/с: | |
| минимальная | 4 |
| максимальная | 10 |
| Производительность при эффективности обеззараживания 90...99,9 % по <i>Staphylococcus Aureus</i> , м ³ /ч | 2500 |
| Температура обрабатываемого воздуха, °С | 1...35 |
| Потери напора воздуха в камере обеззараживания, Па | 100 |
| Минимальный допустимый расход, м ³ /ч | 1440 |
| Число ламп | 2 |
| Тип ламп | FOTOTRON 158 |
| Номинальный ресурс работы лампы, ч | 16 000 |
| Число включений/выключений | 5000 |
| Потребляемая мощность, кВт | 0,94 |
| Напряжение питания, В | 220 ± 10 % |
| Частота питающего напряжения, Гц | 50 ± 1 |
| Тепловыделение в пульте питания и управления, Вт | 10 % от потребляемой мощности УФ-системы |
| Длина соединительных кабелей "пульт—камера обеззараживания", м | 12 |

Ввод УФ-системы в эксплуатацию осуществляется включением главного выключателя нажатием кнопки "ПУСК", тогда УФ-система перейдет в режим прогрева ламп. После прогрева ламп УФ-система переходит в режим "Готовность".

Вывод УФ-системы из эксплуатации осуществляется выключением показания счетчика времени наработки на момент отключения. Между выключением и последующим включением установки следует выдержать паузу не менее 1 мин. Затем выключить УФ-лампы, нажав кнопку "СТОП" и выключить главный выключатель.

Представленные системы обеззараживания воздуха связаны с применением перспективных и инновационных материалов и технологий и должны внедряться в промышленные и административные здания и сооружения.

Библиографический список

1. **Микаева С.А., Микаева А.С.** Системы обеззараживания ультрафиолетовым излучением //

Справочник. Инженерный журнал. 2015. № 11. С. 59—64.

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

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

4. **Микаева С.А.** Повышение качества технологии производства приборов, установок и систем на базе перспективных источников света. М.: МИРЭА, 2017. 150 с.

5. **Микаева С.А.** Производство приборов и систем с новейшими источниками света. М.: РУСАЙНС, 2018. 135 с.

6. **Брысин А.Н., Микаева С.А.** Электротехника. Казань: Бук, 2018. С. 228.

7. **Микаева С.А., Микаева А.С.** Современные электронные системы и устройства. М.: РУСАЙНС, 2019. 188 с.

8. **Брысин А.Н., Микаева С.А.** Промышленная электроника. Импульсные устройства и основы микропроцессорной техники. Казань: Бук, 2019. С. 252.

Ю.З. Житников, д-р техн. наук

(Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева),

Б.Ю. Житников, д-р техн. наук

(Владимирский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации),

А.Е. Матросов, канд. техн. наук

(Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева)

E-mail: mae76@mail.ru

Автоматизированная установка упругих кольцевых резиновых уплотнений в наружные канавки цилиндрических деталей

Описана работа автоматизированного устройства установки упругих резиновых кольцевых уплотнений в наружные канавки цилиндрических деталей и обоснованы силовые параметры сборки.

Description of operation of automated device for installation of elastic rubber ring seals in external grooves of cylindrical parts is performed and power parameters of assembly are justified.

Ключевые слова: автоматизированное устройство, кольцевые резиновые уплотнения, установка уплотнений, силовые параметры.

Keywords: automated device, ring rubber seals, installation of seals, force parameters.

В современном производстве используется ряд приспособлений с ручной, механизированной и автоматизированной установкой плоских, цилиндрических и кольцевых уплотнений [1–3].

Автоматизировать процесс установки упругих резиновых кольцевых уплотнений сложно из-за перекручивания уплотнения вокруг оси сечения в процессе их установки. При эксплуатации устройств, в которых установлены перекрученные уплотнения, даже при минимальном числе (20–30) срабатываний механизма уплотнение разрывается, нарушая герметичность.

Решить эту задачу возможно, только если кольцевое резиновое уплотнение не скользит по поверхности при его растяжении в момент установки в наружную канавку цилиндрической детали.

Предложена кинематическая схема автоматизированной установки упругих кольцевых уплотнений (рис. 1).

Механизмы устройства размещены на основании 22, горизонтальной плите 28 и закреплены на кронштейне 4. На основании 22 расположен механизм 23 для растяжения и перемещения упругих колец 26 снабжен пневмоприводами 17 и 20. На поворотном устройстве 29 с кронштейном 4 расположены механизм 30 подачи и удаления деталей 31. На кронштейне 4 закреплена оправка 1 для установки растянутых колец 26 в наружные канавки детали 31. Магазин 25 вручную заполняется уплотнениями 26. Шибер 27 сопряжен с пневмоприводом 32.

Устройство работает следующим образом. Упругое кольцевое уплотнение 26 из магазина 25 при помощи шибера 27, имеющего форму полукольца, приводом (условно не показан) перемещают к механизму 23 и устанавливают на губки 24. Шибер возвращается в исходное положение. В него из магазина 25 выпадает следующее упругое кольцо.

Сжатый воздух подают в верхнюю полость пневмоцилиндра 17. Поршень 15, поджатый пружиной 16, штоком 14, скрепленным с рамой 13, перемещает ее, а кольцо 12, взаимодействуя с рычагами 9, поворачивает их, растягивая упругое резиновое кольцо до требуемого диаметра вписанной окружности наружного диаметра оправки 1.

Затем подают сжатый воздух в нижнюю полость пневмоцилиндра 20. Сжимая поршнем пружину 19, шток 18, жестко связанный с пневмоцилиндром 17, перемещает его по направляющей и одновременно перемещает раму 13 с рычагами 9, к губкам 24, в которых расположено растянутое резиновое кольцо. Губки 24 упираются в один из пазов канавок А оправки 1. Упругое резиновое кольцо располагается над выступом Б оправки 1.

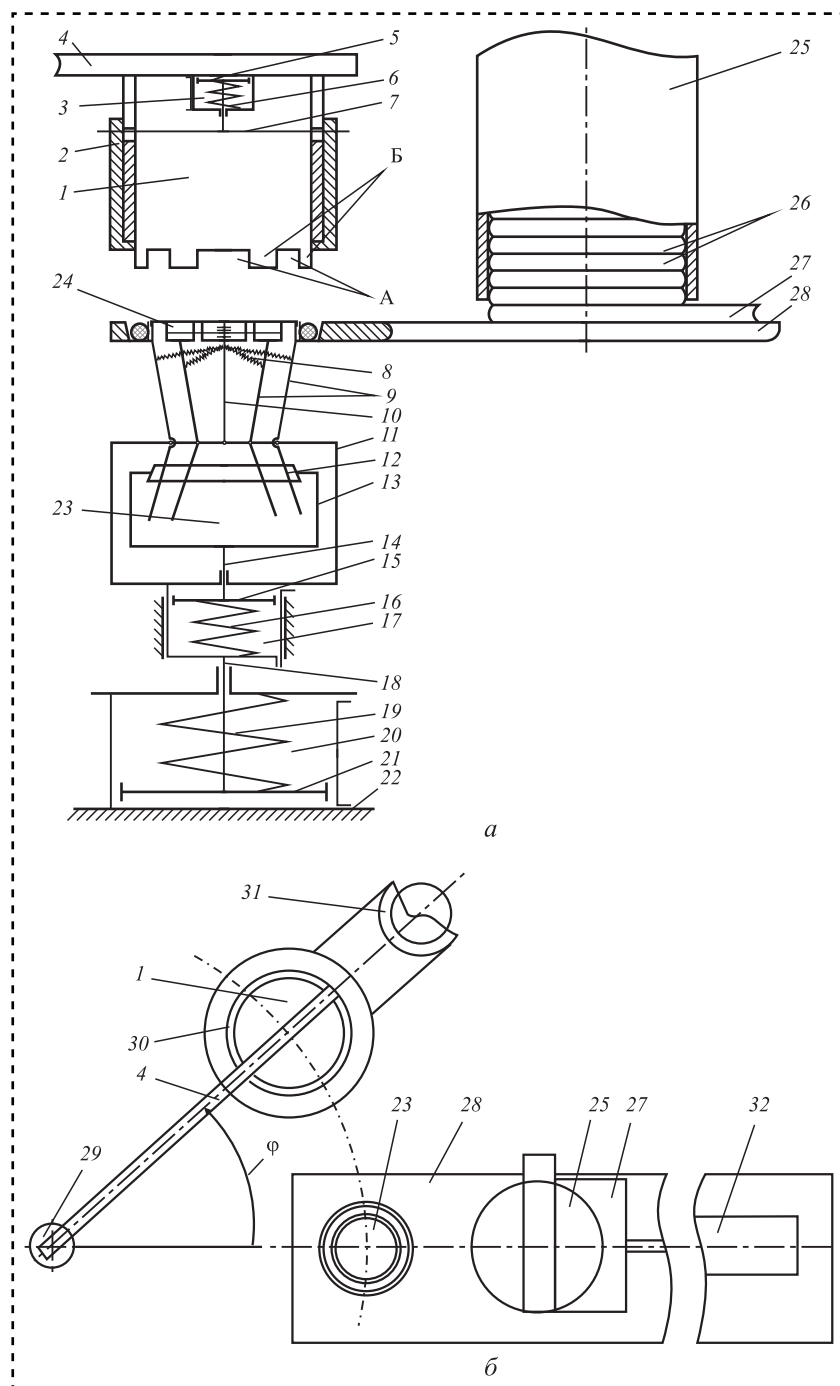


Рис. 1. Кинематическая схема (а) и вид сверху (б) устройства для установки упругих колец в наружные канавки цилиндрических деталей

Сжатый воздух из верхней полости пневмоцилиндра 17 выпускается, а шток 14 под действием пружины 16 перемещает раму 13 с кольцом 12 вверх, освобождая рычаги 9 от кольца 12. Рычаги под действием пружин 8 отводят губки 24 от растянутого кольцевого уплотнения и оно садится на выступы Б оправки 1.

Сжатый воздух из нижней полости пневмоцилиндра 20 выпускается и шток 18 под действием пружины 19 перемещает по направляющим пневмоцилиндра 17 раму 11 с рычагами 9 в исходное положение.

Одновременно приводом 32 деталь 31 подается на позицию установки резинового кольца. Поворотное устройство 29, снабженное кронштейном 4, перемещает оправку 1 на угол φ , совмещая оси детали и оправки.

Механизм подвода и отвода оправки 1 перемещает ее вниз, совмещая торец оправки с верхней кромкой торцевой наружной кольцевой канавки.

Сжатый воздух подают в верхнюю полость пневмоцилиндра 3. Поршень 5 перемещает шток 7, сжимая пружину 6. Шток, жестко связанный с осью, перемещаясь по пазам торцов втулки 2, сбрасывает растянутое кольцо в наружную канавку детали 31.

При таком малом перемещении кольца оно не может закрутиться вокруг оси сечения, гарантируя качество сборки.

Далее выпускают сжатый воздух из верхней полости пневмоцилиндра 3 и под действием пружины 6 шток 7 перемещает ось вверх, возвращая втулку 2 в исходное положение.

Механизм 30 подвода и удаления детали выводит ее из полости оправки 1. Готовая сборка: деталь — упругое кольцо удаляется с позиции сборки.

Поворотное устройство 29 возвращает оправку в исходное положение.

Процесс автоматизированной установки упругого кольца завершен.

Определим силовые параметры растяжения резинового кольцевого уплотнения, при которых не будут возникать остаточные деформации (удлинения) или разрыв уплотнения, что является браком при сборке.

Анализ удлинений кольцевых уплотнений при их растяжении в четырех, пяти и шести точках рычагами устройства показал:

— при растяжении в четырех точках для обеспечения надежной сборки необходимо удлинить резиновое уплотнение не менее чем на 45 % от его нерастянутой длины;

— при растяжении в пяти точках — не менее чем на 20 %;

— при растяжении в шести точках — не менее чем на 11 %.

Согласно ГОСТу на кольцевые резиновые уплотнения допустимое удлинение может составлять 20...70 % от их длины в нерастянутом состоянии. Следовательно, растягивать кольцевое уплотнение целесообразно в 5 точках.

Найдем предельное значение силы растяжения отрезка уплотнения между двумя точками AB (рис. 2).

Учтем, что $\triangle OAB$ равносторонний, угол $\alpha = 60^\circ$.

Так как F — сила воздействия рычага 9 (см. рис. 1), то составляющая сила растяжения отрезка AB резинового уплотнения:

$$F_1 = F \cos \alpha. \quad (1)$$

Следовательно, необходимое условие растяжения отрезка AB , при котором не возникнут остаточные деформации:

$$2F_1 < [F_p], \quad (2)$$

где $[F_p]$ — допустимое напряжение при растяжении.

Истинное напряжение растяжения согласно [5]:

$$\sigma_p = \frac{F_p}{S_p} \leq [\sigma_p], \quad (3)$$

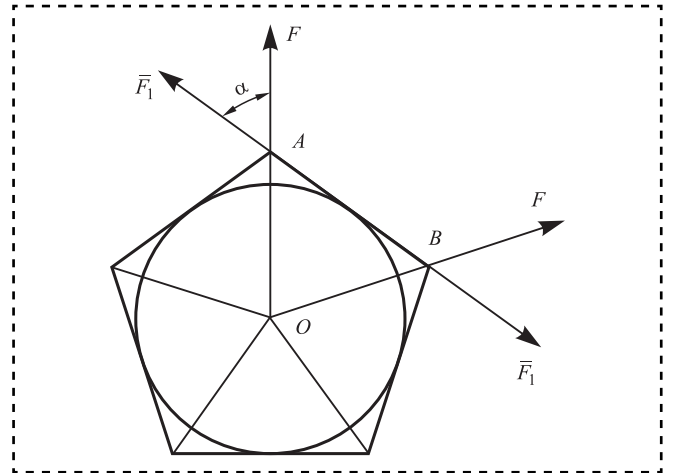


Рис. 2. Предельное значение силы растяжения отрезка уплотнения между двумя точками AB

где $[\sigma_p]$ — предельно допустимое напряжение;
 S_p — площадь поперечного сечения уплотнения.

Площадь поперечного сечения кольцевого резинового уплотнения равна:

$$S_p = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (4)$$

где d — диаметр поперечного сечения уплотнения.

С учетом выражений (1), (3), (4) выражение (2) примет вид:

$$2F \cos \alpha < [\sigma_p] \frac{\pi d^2}{4}. \quad (5)$$

Проверим условие не превышения относительного удлинения отрезка AB кольцевого уплотнения. Относительное удлинение Δl находим из выражения [5]:

$$\Delta l = \frac{Pl}{ES}, \quad (6)$$

где P — сила растяжения, $P = 2F_1$;

l — длина отрезка AB уплотнения;

E — модуль упругости материала уплотнения;

$S = S_p$ — площадь поперечного сечения уплотнения.

Условие не превышения относительного удлинения выполняется, если:

$$\Delta l < [\Delta l], \quad (7)$$



где $[\Delta l]$ — допустимое удлинение согласно ГОСТу [4].

Из выражения (5) находим силу растяжения кольцевого уплотнения рычагами 9 устройства, а с учетом передаточного отношения рычагов — силу пневмоцилиндра.

Заключение

Обоснована кинематическая схема надежной работы устройства автоматизированной установки кольцевых резиновых уплотнений в наружные канавки цилиндрических деталей, а также силовые характеристики работы устройства.

Библиографический список

1. **Автоматизация** технологических и производственных процессов в машиностроении: учебник / Ю.З. Житников и др.; под общ. ред. Ю.З. Житникова. Старый Оскол: ТНТ, 2018. 656 с.
2. **Переналаживаемый** автоматический комплекс сборки головки цилиндра трактора / Ю.З. Житников и др. // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2006. № 11. С. 14–19.
3. **Автомат** для установки уплотнений в комплекте с сопрягаемой деталью / Ю.З. Житников и др. // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2002. № 4. С. 21–24.
4. **Уплотнения** и уплотнительная техника: справочник / Л.А. Кондаков и др. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.
5. **Феодосьев В.И.** Сопротивление материалов. М.: Наука, 1970. 544 с.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»



СПРАВОЧНИК ТЕХНОЛОГА

Под общей редакцией А.Г. Сулова

Цена 9500 руб.

2019 г. 800 с.

За последние 40 лет впервые издан совершенно новый Справочник технолога. В его написании приняли участие 69 докторов и кандидатов технических наук из 17 регионов Российской Федерации. В книге приведен справочный материал, необходимый технологу при разработке технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов. Последовательность изложения справочного материала соответствует методологии технологической подготовки производства. Изложен справочный материал по производству заготовок, назначению припусков, базированию, технологическим способам обработки заготовок, обеспечению качества деталей и сборочных единиц, методике разработки технологических процессов, обработке заготовок, в том числе на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах, и сборке изделий машиностроения и авиадвигателестроения.

Приведена нормализованная технологическая документация для разработки технологических процессов. Впервые изложена методология технологической подготовки цифровых производств.

Для инженерно-технических работников промышленных предприятий, студентов, аспирантов и преподавателей технических вузов.

ПРИБРЕСТИ КНИГУ ПО ЦЕНЕ ИЗДАТЕЛЯ МОЖНО, ПРИСЛАВ ЗАЯВКУ

по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительная информация по телефону (495) 785-60-69 и на сайте WWW.MASHIN.RU

А.А. Иванов, О.В. Кретинин, д-ра техн. наук
(Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева)
E-mail: kretinin@list.ru

Сборка корпусных интегральных микросхем

Показано, как технологии сборки интегральных микросхем реализуются на линиях и комплектах оборудования в составе автоматизированного цеха, структура которого включает: комплексы основного, сервисного и резервного оборудования, автоматизированный склад, инструментальную и ремонтную службы. Применение в оборудовании вычислительной техники и систем технического зрения обеспечивает способность сборочных автоматов к самообучению и позволяет осуществлять быструю переналадку автоматизированных участков цеха на сборку различных типов интегральных микросхем в корпусах широкой номенклатуры.

It is shown how IC assembly technologies are implemented on lines and sets of equipment as part of an automated shop, the structure of which includes: complexes of main, service and backup equipment, automated warehouse, and tool and repair services. The use of computer technology and vision systems in the equipment ensure the ability of assembly machines to self-learning and allow for quick changeover of automated sections of the shop for the assembly of various types of IC in buildings of a wide range.

Ключевые слова: комплект оборудования, автоматизированный склад, быстрая переналадка.

Keywords: set of equipment, automated warehouse, quick changeover.

Существует большое разнообразие цифровых и логических интегральных микросхем (ИМС), которые выпускаются электронной промышленностью в корпусном и бескорпусном исполнении.

Весь типаж металлокерамических (более 50 типов) и пластмассовых корпусов можно подразделить на две основные группы: с *планарными* и *штырьковыми* контактными выводами (рис. 1). Корпус защищает кристалл (чип) микросхемы от внешних воздействий и обеспечивает его электрическое соединение с внешними цепями.

Технология сборки ИМС в корпусе с планарными выводами

На комплекс сборки ИМС корпуса с планарными выводами поступают в стандартных плоских ячеистых кассетах *1*, которые штабелируются в кассетном накопителе сборочного автомата (рис. 2).

Кассетируют корпуса при перегрузке их из упаковочной тары завода-производителя. Перед сборкой корпуса в кассетах подвергают очистке и сушке. Полупроводниковые кристаллы δ (чипы) подают на операцию установки



Рис. 1. Корпусные ИМС с планарными и штырьковыми выводами

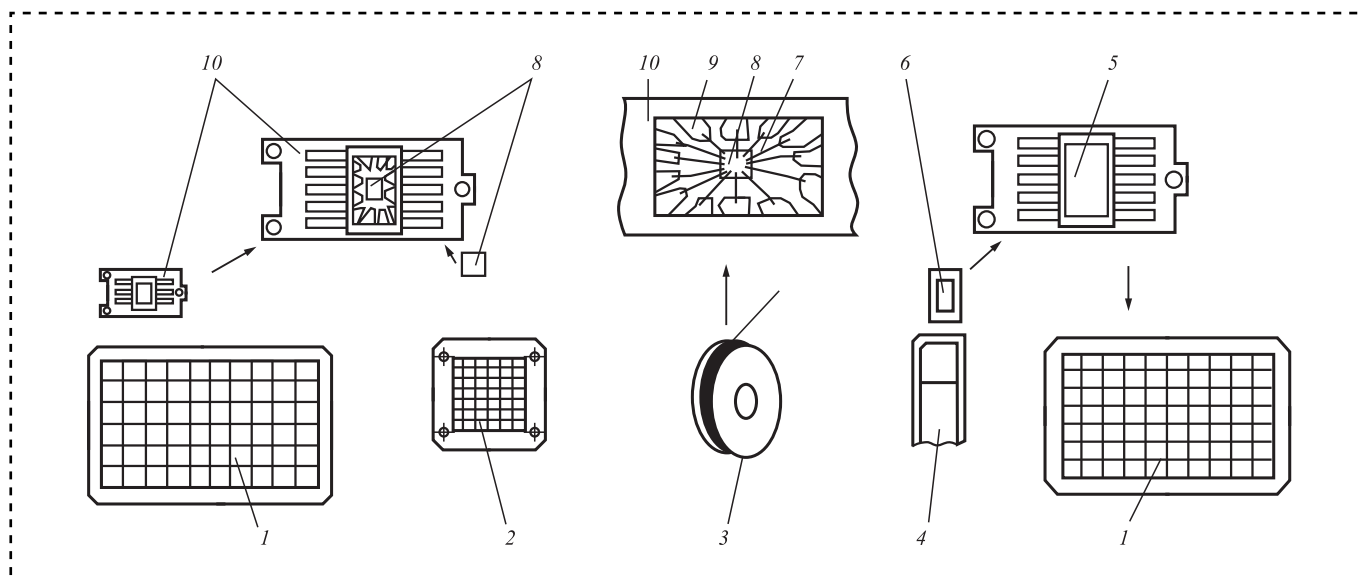


Рис. 2. Технологическая схема сборки ИМС в корпусе с планарными контактными выводами:

1 — кассета для корпусов и собранных приборов; 2 — кассета для ПП кристаллов; 3 — катушка с проволокой 7; 4 — выходной лоток АЗУ для крышек 6; 5 — собранная ИМС; 8 — ПП кристалл; 9 — контактная площадка корпуса; 10 — корпус ИМС

в корпус 10 ИМС в кассете 2. Кристаллы укладывают в кассету на комплекте вспомогательного оборудования, расположенного вне сборочного комплекса. В зависимости от типа ИМС присоединение кристаллов к основанию корпуса (первая операция) проводится контактной пайкой с образованием эвтектического сплава или посадкой на токопроводящий клей (контактол). Поэтому на автомате присоединения кристаллов предусмотрены и нагревательное устройство, и быстросъемный дозатор клея.

Вторая операция — прецизионный проволочный монтаж внутренних соединений ИМС, выполняемый автоматом микросварки с адаптивной системой управления. Для соединения контактных площадок 9 корпуса с контактными площадками кристалла 8 используют золотую или алюминиевую проволоку 7 диаметром 20...50 мкм, которая подается из катушки 3. При монтаже золотой проволокой применяется метод термокомпрессионной сварки, а при монтаже алюминиевой проволокой — метод ультразвуковой (УЗ) сварки. Сборку ИМС завершает операция герметизации приборов методом пайки или сварки крышки 6 с корпусом. Для подачи крышек используют унифицированную кассету или магнитное загрузочно-ориентирующее устройство, с выходного лотка 4 которого крышки 6 забирает загрузочный робот.

После герметизации собранные приборы 5 укладываются роботом в ячейки плоской кассеты 1. Никелевые крышки 6 предназначены для герметизации ИМС методом шовной контактной сварки током промышленной частоты в среде защитного газа. Процесс сварки включает две стадии: сначала двумя роликами образуются швы по одним параллельным сторонам крышки, а после поворота корпуса на 90° — по двум другим сторонам.

Технология сборки ИМС в корпусе со штырьковыми выводами

Согласно технологической схеме сборки ИМС в корпусе со штырьковыми выводами (рис. 3) корпуса 5 и кристаллы 3 также подаются на сборку соответственно из кассет 8 и 4, проволока для монтажа внутренних соединений 6 — из катушки 10, а крышка 7 — из лотка 9 загрузочно-ориентирующего устройства. Аналогично проводится операция герметизации приборов с помощью никелевых крышек 7.

На комплекте оборудования для подготовки кристаллов проводят следующие технологические операции: закрепление исходных полупроводниковых пластин 2 на адгезионном носителе 1, резка пластин на кристаллы 3, очистка и сушка, отбраковка негодных кри-

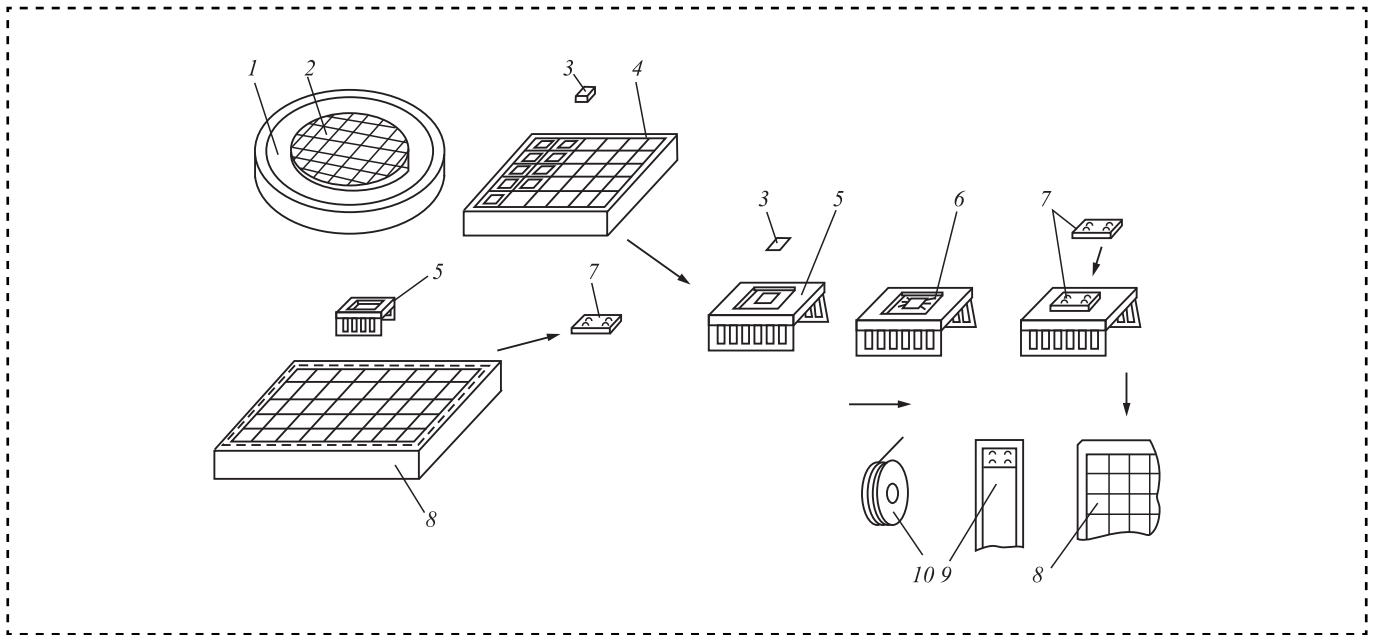


Рис. 3. Технологическая схема сборки ИМС в корпусе со штырьковыми контактными выводами:

1 — адгезионный носитель для ПП пластин; 2 — ПП кристалл; 3 — ПП кристалл; 4 — кассета для кристаллов; 5 — корпус ИМС; 6 — проволочная перемычка; 7 — крышка для герметизации корпуса; 8 — кассета для корпусов и собранных приборов; 9 — выходной лоток АЗУ для крышек; 10 — катушка с проволокой

сталлов по результатам контроля параметров и укладка их в стандартные кассеты 4. Резка (или надрезка) пластин на кристаллы производится высокооборотным алмазным кругом на клейком полимерном носителе. Для закрепления пластин на подложке используют также вакуумные и электростатические фиксаторы.

Указанные технологии сборки ИМС реализуются на линиях и комплектах оборудования в составе автоматизированного цеха (рис. 4).

В структуру автоматизированного цеха сборки ИМС входят: комплект основного технологического оборудования 5, два комплекта вспомогательного оборудования для подготовки кристаллов 3, корпусов и крышек 1, автоматизированный склад 6, инструментальная и ремонтная служба, группа резервного оборудования и группа оборудования для контроля собранных приборов на герметичность. Управление цехом осуществляется с центрального пульта УВК 4, а управление комплектами основного и вспомогательного оборудования — с пультов 2. Число комплектов цеха определяется объемом годового выпуска приборов.

Применение в оборудовании вычислительной техники и систем технического зре-

ния, способность технологических автоматов к самообучению, наряду с высокой степенью унификации основных функциональных узлов, позволяют осуществлять быструю переналадку автоматизированных участков цеха на сборку различных типов ИМС в корпусах широкой номенклатуры.

Рассмотрим автоматическое оборудование для ключевых сборочных операций: установки полупроводникового кристалла (чипа) в корпус микросхемы, проволочного монтажа внутренних соединений и герметизации корпуса ИМС.

Технологический цикл сборки начинается с того, что программируемый манипулятор 9 загружает корпус ИМС из кассеты 1 накопителя 10 в транспортный спутник тактового конвейера 6 (рис. 5). Для присоединения кристалла методом контактно-реактивной пайки с образованием эвтектического сплава кремний—золото в зоне установки кристалла корпус ИМС подогревают электронагревателем.

За это же время манипулятор 8 переносит очередной кристалл из кассеты 2 в центрирующее устройство 7, откуда его забирает сборочный робот 5 и устанавливает в подогретый

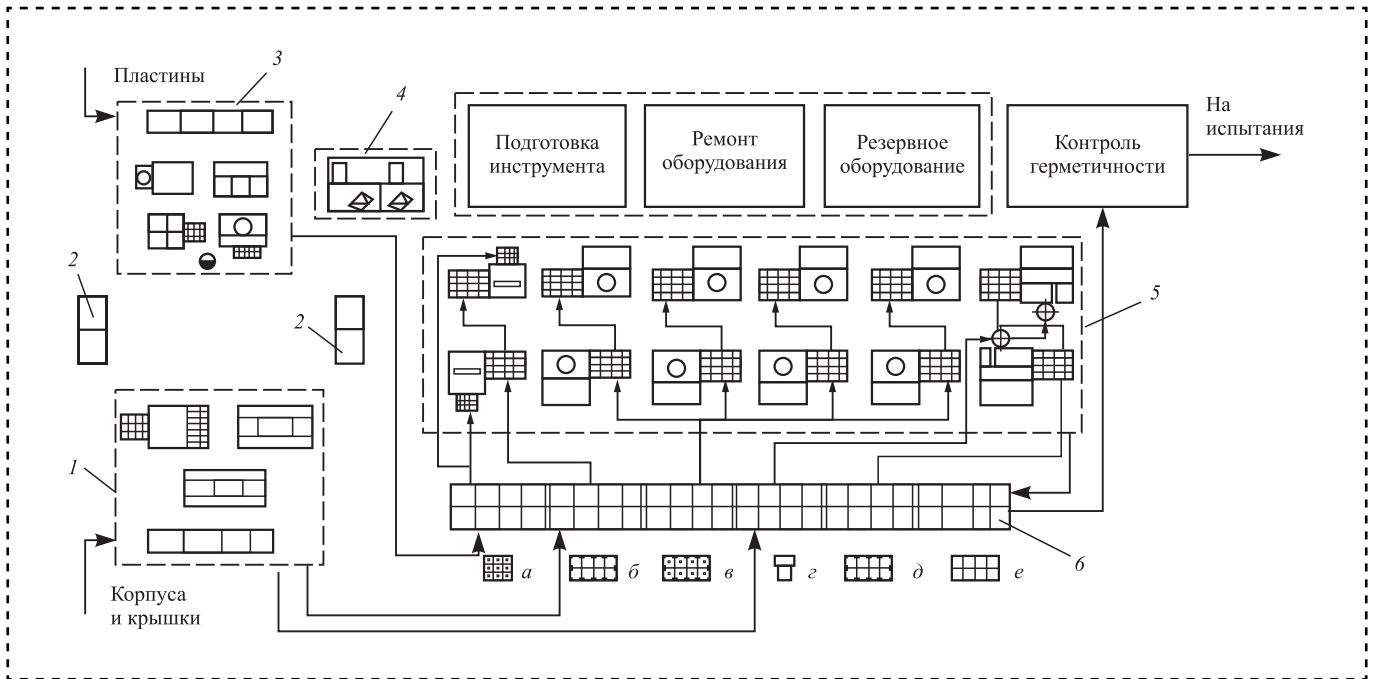


Рис. 4. Структурная схема автоматизированного цеха сборки ИМС:

a — кристаллы; *b* — корпуса; *в* — корпуса с кристаллами; *г* — крышки; *д* — ИМС после сварки; *е* — герметизированные ИМС; 1, 3 — участки кассетирования корпусов, крышек и кристаллов; 2 — пульт управления; 4 — УВК; 5 — участок установки кристаллов, микросварки и герметизации ИМС; 6 — автоматизированный склад

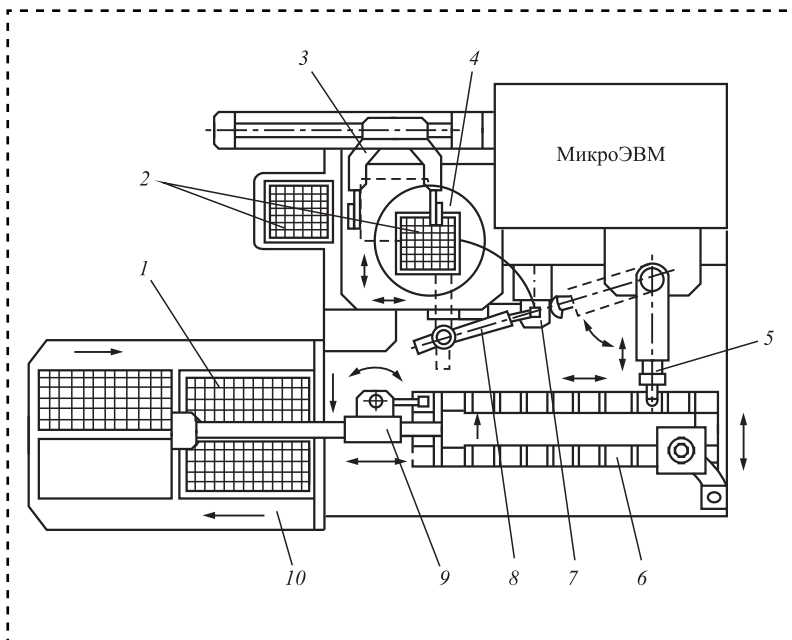


Рис. 5. Схема автомата установки полупроводникового кристалла в корпус ИМС:

1 — кассета для корпусов ИМС; 2 — кассета с кристаллами; 3 — манипулятор для установки кассеты с кристаллами на координатный стол 4; 5 — манипулятор для установки кристалла в корпус ИМС; 6 — тактовый конвейер; 7 — позиция центрирования кристалла; 8 — манипулятор для загрузки кристалла в центрирующее устройство; 9 — манипулятор для загрузки корпусов на тактовый конвейер и выгрузки собранных приборов в кассету; 10 — накопитель кассет с корпусами

корпус ИМС. Загрузку кассет с кристаллами на координатный стол 4 выполняет манипулятор 3. Для ускорения процесса образования соединения захват робота 5 соединен с вибратором, частота которого регулируется в диапазоне 10...100 Гц. После установки кристалла спутник с собранной ИМС перемещается на возвратную ветвь конвейера 6, доставляющего его в зону выгрузки изделия из спутника в то же гнездо кассеты 1. Данный сборочный автомат может устанавливать кристаллы в корпуса ИМС с планарными и штырьковыми выводами. Тип корпуса влияет лишь на конструкцию гнезд транспортного спутника и кассеты, которые заменяют при переналадке автомата.

При клеевом методе соединения дозирующее устройство подает каплю клея на корпус ИМС, затем грузочный робот устанавливает кристалл в корпус после центрирования. Рабочий цикл присоединения кристалла к корпусу ИМС начинается с этапа взятия кристалла 2 (рис. 6, поз. 1) из ячейки 3 кассеты вакуумным захва-

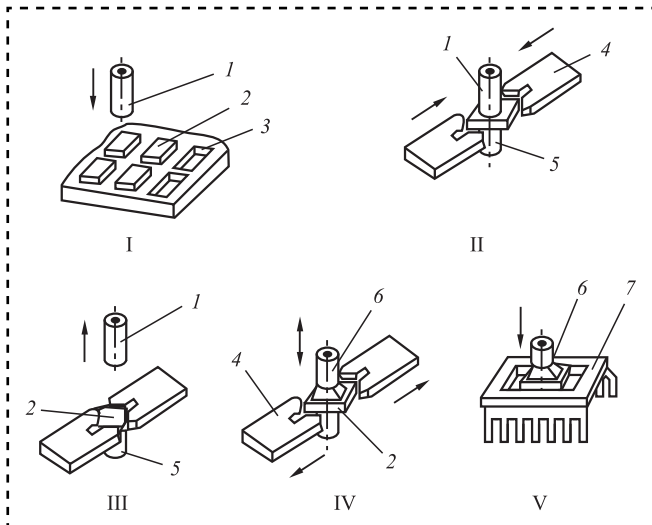


Рис. 6. Основные этапы рабочего цикла установки кристалла в корпус ИМС:

1 — вакуумный захват загрузочного манипулятора; 2 — кристалл; 3 — кассета; 4 — центрирующие губки; 5 — вакуумная опора центрирующего устройства; 6 — вакуумный захват сборочного манипулятора; 7 — корпус ИМС

том 1 загрузочного манипулятора и установки его на вакуумный столик 5 центрирующего устройства (рис. 6, поз. II).

Центрирование кристалла 2 осуществляется призматическими губками 4 по его граням (рис. 6, поз. III). В момент центрирования рука загрузочного манипулятора возвращается в исходное положение, а на поверхность кристалла опускается вакуумный захват 6 сборочного робота. После совмещения захвата 6 с объектом центрирующие губки 4 расходятся, вакуум столика 5 отключается (рис. 6, поз. IV), сборочный робот переносит кристалл на конвейер спутников и устанавливает его в корпус 7 ИМС (рис. 6, поз. V).

На операции проволочного монтажа внутренних соединений ИМС автоматическая установка проводит микросварку перемычек к внутренним выводам корпуса и контактным площадкам кристалла. Для образования внутренних соединений в массовом производстве применяют алюминиевую проволоку, присоединяемую к контактным площадкам с помощью ультразвуковой сварки. Однако для монтажа соединений в приборах повышенной надежности используют золотую проволоку, которую присоединяют методом термокомпрессии. Соединения алюминиевой проволокой диаметром 20...500 мкм выполняют на контактные площадки кристалла размером от 40×40 до 500×500 мкм.

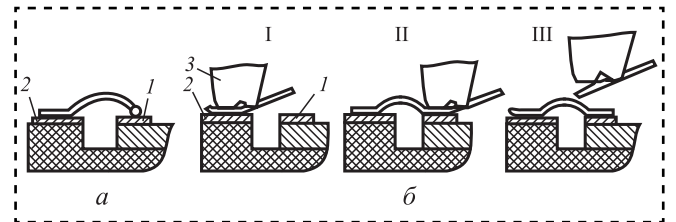


Рис. 7. Схемы образования перемычки при монтаже внутренних соединений ИМС с применением золотой (а) и алюминиевой (б) проволоки:

1 — контактная площадка кристалла; 2 — контактная площадка корпуса; 3 — сварочная игла

При монтаже перемычек золотой проволокой (рис. 7, а) к контактной площадке 1 кристалла приваривают шарик, оплавленный на одном конце проволоки, а к контактной площадке 2 корпуса — проволочную перемычку внахлест. Если монтаж ведется алюминиевой проволокой (рис. 7, б), то сварка обоих соединений выполняется внахлест. Из исходного положения сварочная игла 3 с поданной через ее отверстие алюминиевой проволокой опускается на контактную площадку 2 корпуса ИМС, после чего от УЗ-генератора колебания передаются на сварочную иглу и осуществляется сварка первой точки (рис. 7, поз. I). Затем игла поднимается, КС с ИМС перемещается к контактной площадке 1 кристалла. В этот момент алюминиевая проволока свободно вытягивается через направляющий канал в игле. Сварочная игла опускается на площадку 1, проводя сварку второй точки (рис. 7, поз. II). В это время проволока фиксируется, образуя перемычку требуемой конфигурации. Далее проволока отрывается и игла поднимается для образования следующей перемычки (рис. 7, поз. III).

Процесс сварки одной перемычки занимает 15...30 мс, а остальное время (порядка 0,5 с) затрачивается на взаимное перемещение инструмента и изделия и на затухание колебаний динамических звеньев сварочной системы (около 7 мс).

УЗ-сварка внутренних проволочных соединений ИМС происходит автоматически с помощью прецизионного мини-робота (рис. 8).

Керамический корпус ИМС с прикрепленным кристаллом устанавливают на поворотную опору 1 и фиксируют лапками 4 от пневмопривода. Опора установлена на координатном столе 3. Перемещения по осям X, Y и по угловой координате φ обеспечивают шаговые двигатели 2. Сварочный инструмент в виде иглы 10 на волноводе 11, фиксатор 7 проволоки

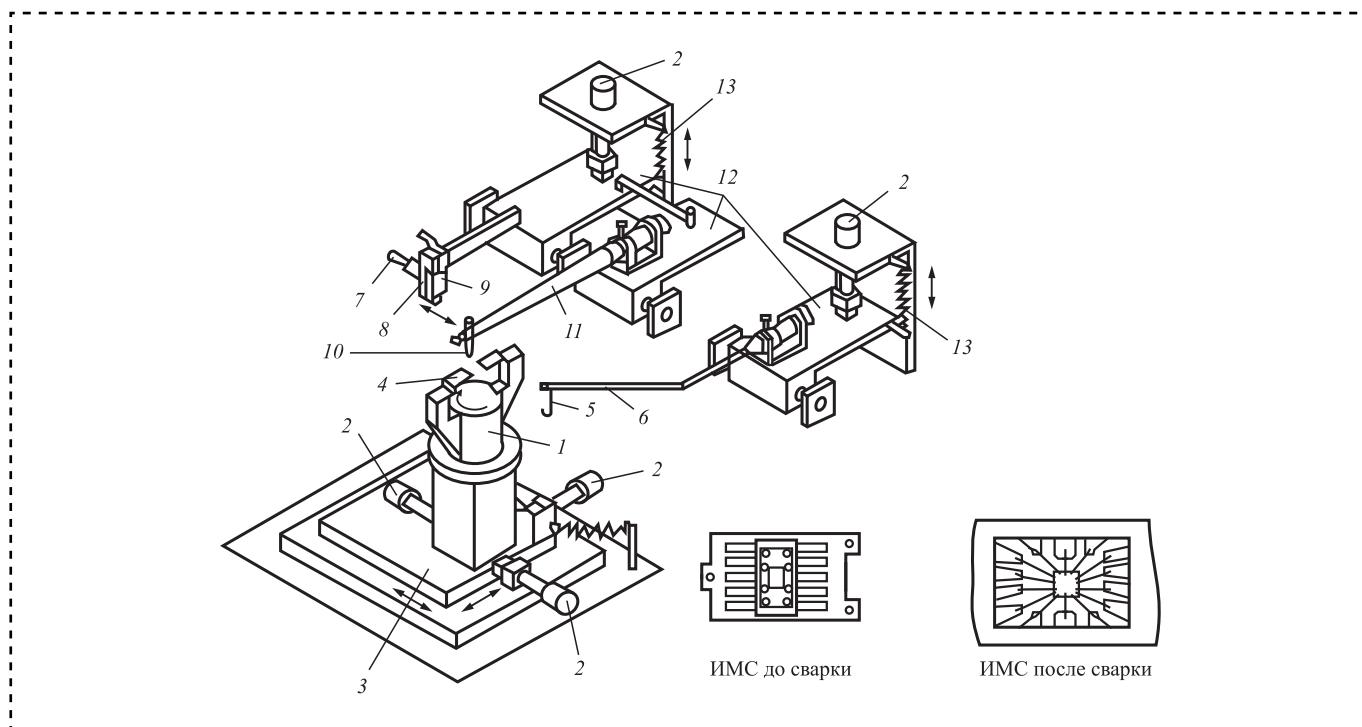


Рис. 8. Схема прецизионного мини-робота для УЗ-сварки внутренних проволочных соединений в ИМС:

1 — поворотная опора; 2 — шаговые двигатели; 3 — координатный стол; 4 — фиксирующие лапки; 5 — крючок контроля прочности приварки проволочной перемычки; 6 — штанга; 7 — фиксатор проволоки; 8, 9 — неподвижная и подвижная губки соответственно; 10 — сварочная игла; 11 — волновод; 12 — качающиеся платформы; 13 — пружина

и механизм формирования проволочной петли и контроля прочности ее приварки установлены на качающихся платформах 12. Перемещение данных механизмов вдоль оси Z обеспечивается шаговым двигателем и пружиной 13.

Подаваемая алюминиевая проволока, сматываемая с бобины (на рис. 8 бобина не показана), в зоне сварки закреплена между неподвижной 8 и подвижной 9 губками. Подвижная губка размыкается с помощью электромагнита фиксатора 7 при подаче проволоки в зону сварки, смыкается — во время обрыва проволоки. Механизм формирования профиля и одновременно контроля прочности приварки проволочной перемычки реализован в виде миниатюрного крючка 5, припаянного к штанге 6.

Заключительная операция сборки ИМС — герметизация приборов, после которой они отправляются на участок контроля и испытаний. Герметизацию ИМС в керамическом корпусе проводят термокомпрессионным методом, а ИМС в металлокерамических корпусах — с помощью пайки или контактной сварки.

Технология герметизации пайкой применяется для штампованной крышки из листового

никеля толщиной 0,1 мм с тонким золотым покрытием. Применение для подачи на сборку подобных деталей бункерного загрузочного устройства (в том числе и вибрационного) нежелательно, поскольку интенсивное ворошение крышек в бункере может привести к повреждению золотого покрытия. Поэтому для этих целей в производстве используют специальный магнитный накопитель, в котором натирки деталей исключены.

Схемы выдачи крышек 7 из емкости 10 магнитного накопителя и установки их на корпуса ИМС показаны на рис. 9. Основная магнитная система 6 является комбинированной и состоит из электромагнитов 3, 4, 5, 8 постоянного тока и электромагнита 9 переменного тока (рис. 9, а).

Электромагниты 5 создают основное постоянное магнитное поле, а электромагниты 9 — переменное, которое, накладываясь на основное поле, обеспечивает разрушение сводов деталей и равномерное распределение их по длине емкости. Электромагниты 4 создают слабое поле, направленное навстречу основному. В результате этого основная масса деталей сосредотачивается в зоне электромагнитов 3 и частично в зоне электромагнитов 8. Между

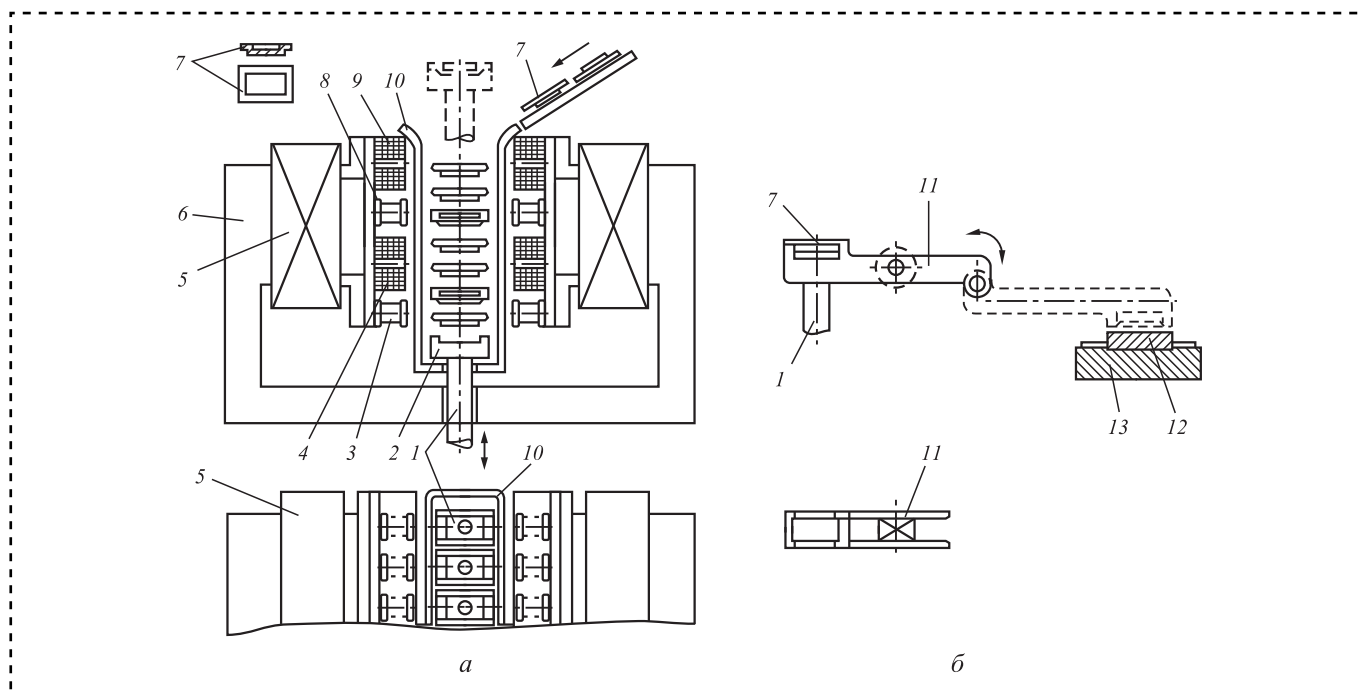


Рис. 9. Схемы групповой выдачи крышек из магнитного накопителя (а) и установки их на корпуса ИМС (б) в целях герметизации:

1 — стержни (10 шт.) для выдачи крышек из магнитного накопителя; 2 — захват стержня; 3, 4, 5, 8 — электромагниты постоянного тока; 6 — магнитная система; 7 — никелевая крышка для герметизации корпуса ИМС; 9 — электромагнит переменного тока; 10 — емкость из немагнитного материала для крышек; 11 — групповой магнитный захват для крышек; 12 — корпус ИМС; 13 — сборочная кассета

стенками емкости 10 перемещается группа стержней 1 с захватами 2 по форме крышки 7 при ее положении выдавкой вниз. Число пар электромагнитов 3 и 8 равно числу стержней 1 для выдачи крышек из накопителя, причем расположены они с тем же шагом, что и стержни. Благодаря этому детали концентрируются в зоне захватов 2, повышая вероятность захвата каждой крышки. После заполнения магнитного накопителя деталями группа стержней 1 начинает перемещаться вверх и крышки 7 западают в гнезда головок 2. В верхнем положении крышки 7 снимаются со стержней групповым магнитным захватом 11 (рис. 9, б), который затем поворачивается в вертикальной плоскости на 180° (крышки переориентируются выдавкой вверх) и совмещается с корпусами 12 ИМС, размещенными на сборочной кассете 13. Стержни 1 после съема с них крышек 7 опускаются вниз, и цикл повторяется.

Из сервисного оборудования используют устройства для ориентации и кассетирования деталей и узлов ИМС: припойных прокладок и ободков корпусов, выводных рамок, кристаллов, оснований и крышек.

Заключение

Рассмотрены технологии сборки ИМС в корпусах с планарными и штырьковыми выводами. Указанные технологии сборки ИМС реализуются на линиях и комплектах оборудования в составе автоматизированного цеха, структура которого включает: комплексы основного, сервисного и резервного оборудования, автоматизированный склад, инструментальную и ремонтную службы. Применение в оборудовании вычислительной техники и систем технического зрения обеспечивает способность сборочных автоматов к самообучению и позволяет осуществлять быструю переналадку автоматизированных участков цеха на сборку различных типов ИМС в корпусах широкой номенклатуры.

Библиографический список

1. Иванов А.А. Проектирование автоматизированных систем манипулирования объектами обработки и сборки: учеб. пособие. М.: ФОРУМ, 2012. 352 с.
2. Иванов А.А. Автоматизированные сборочные системы: учебник. М.: ФОРУМ, 2012. 336 с.
3. Иванов А.А. Проектирование систем автоматизированного машиностроения: учебник. М.: ФОРУМ, 2013. 298 с.

Е.М. Кулешова (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
E-mail: kuleshova.em@mail.ru

Определение зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки по результатам триботехнических испытаний при использовании пленкообразующих смазочных материалов

Представлены результаты сравнительных испытаний стальных и бронзовых образцов на машине трения МТ-8. Получена зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки при использовании пленкообразующих смазочных материалов.

The results of comparative tests of steel and bronze test samples on the friction test machine MT-8 are presented. The dependence of the wear rate on the load using film-forming lubricants was obtained.

Ключевые слова: интенсивность изнашивания, пленкообразующие смазочные материалы, регрессионный анализ.

Keywords: wear intensity, film-forming lubricants, regression analysis.

Введение

Процессы трения и износа весьма сложны и зависят от множества факторов. Традиционные методы определения износа носят чисто эмпирический характер и не учитывают, например, влияние конструктивного оформления узлов, теплофизического состояния трибоконтакта, состава смазочного материала, физико-механических, антифрикционных свойств трущихся материалов, адсорбционных и диффузионных явлений, условий эксплуатации машин и т.д. [1]. В свою очередь, качество работы трибосопряжений существенно влияет на надежность и долговечность машины в целом.

Основной вид зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки имеет, как правило, степенную форму [2]:

$$J = kP^m,$$

где J — интенсивность изнашивания;

P — отношение нормальной нагрузки к номинальной площади контакта (среднее номинальное давление);

m — показатель степени, учитываемый в случае нелинейности зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки;

k — размерный коэффициент, характеризующий механические и геометрические свойства изнашиваемой детали, например:

$$k = A/2\pi rHBn,$$

где k — коэффициент, пронормированный на длину пути трения;

A — площадь контакта;

r — средний радиус закругления шероховатости;

HB — твердость по Бринеллю;

n — характеристика пластичности.

В тех случаях, когда реализуется данная закономерность, влияние смазочного материала проявляется слабо, как правило, через значение показателей n и m .

Общая форма зависимости интенсивности изнашивания от ряда эксплуатационных факторов имеет более сложный вид, включающий скоростные, температурные, физико-химические и другие факторы. Для оценки ресурса



используют, как правило, значения интенсивности изнашивания, полученные экспериментально, а в расчетах деталей — экспериментально обоснованные максимально допустимые нагрузки.

В работе [Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М.: Высшая школа, 1991] предложено строить элементные законы изнашивания для различных деталей механических передач на основе представлений о механике разрушения материалов. Один из таких законов [Павлов В.Г., Ряховский О.А. Расчетная оценка ресурса работы эвольвентной зубчатой передачи по критерию износа // Трение и износ. 2003. Т. 24. № 3] имеет вид

$$J = k \left[\left(\frac{P}{\text{HB}\varepsilon} \right) (\sqrt{1 + f^2}) \right]^m \left(\frac{R_{\max}}{rb^v} \right)^c,$$

где P — нагрузка;

ε — относительное удлинение материала при разрыве (характеристика пластичности);

f — коэффициент трения, учитывающий связь нормальной и тангенциальной деформации;

$\frac{1}{b^v}$ — безразмерный показатель опорной кривой, характеризующей распределение материала в пространстве между шероховатыми поверхностями;

R_{\max} — максимальная высота микронеровности поверхности;

r — радиус кривизны микронеровности;

c — экспериментально устанавливаемый коэффициент.

Данная формула достаточно сложна для реальной оценки интенсивности изнашивания, поскольку содержит ряд величин, определение которых как теоретическим, так и экспериментальным путем весьма затруднительно.

В работе [3] предложено определение интенсивности изнашивания, где вязкость масла, микрогеометрические свойства рабочих поверхностей и другие параметры в определенной степени учтены коэффициентами $K_{\text{и}}$ и m :

$$J = K_{\text{и}} \left[\frac{p}{\text{HB}_2} \right]^m, \quad (1)$$

где p — контактное давление (по Герцу);

HB_2 — твердость по Бринеллю материала зубчатого венца червячного колеса;

$K_{\text{и}}$ и m — коэффициент интенсивности изнашивания и, соответственно, показатель степени — экспериментально устанавливаемые коэффициенты.

Однако подобное положение сохраняется только до того момента, пока толщина пленки смазочного материала остается в пределах граничной или смешанной смазки. Положение меняется в двух случаях: когда образуется гидродинамическая пленка или когда на поверхности трения формируется пленка из продуктов смазочного материала, достигающая толщины не менее долей микрона, что характерно для наномодифицированных или коллоидных смазочных материалов [4]. Тогда зависимость J от контактного давления представляет собой параболу со смещением относительно начала координат минимумом, причем смещение по оси давления (p) указывает на область p_0 , в окрестностях которой пленкообразование проходит критическое значение давления, выше которого по мере роста давления процесс пленкообразования оказывается все более затрудненным:

$$J = k(p - p_0)^m, \quad (2)$$

где p_0 — критическое давление пленкообразования.

Увеличение значения p_0 расширяет зону изнашивания с высокой износостойкостью. Интерпретация p_0 может быть предложена на основе представления о "втором минимуме" коэффициента трения [1]. Имеется в виду, что "первый минимум" образуется на зависимости коэффициента трения от нагрузки для смазываемого сопряжения в области критического значения параметра Зоммерфельда — при переходе от гидродинамического типа смазки к смешанному. При дальнейшем увеличении нагрузки на контакт, в случае, если смазочный материал является пленкообразующим, вновь образующаяся из хемосорбирующихся активных составляющих смазочного материала пленка ведет себя аналогично вязкой гидродинамической смазке, но с большей вязкостью. В результате минимум возникает повторно, но при большей нагрузке [1]. Таким образом, механизм образования "второго минимума" для интенсивности изнашивания в случае с наномодифицированными смазочными

материалами следует за закономерностью для коэффициента трения.

Цель работы — получение зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки при использовании пленкообразующей добавки к смазочному материалу на основе результатов триботехнических испытаний, а также определение степени влияния на интенсивность изнашивания таких факторов, как нагрузка и состав смазочного материала.

Результаты испытаний

Проведены сравнительные испытания стальных и бронзовых образцов с использованием индустриального масла И-20 А и того же масла с добавкой "Стрибойл" на машине трения возвратно-поступательного движения МТ-8 по методике ГОСТ 23.224—86. Испытывали три пары трения.

Интенсивность изнашивания по массе для неподвижного образца:

$$J_1 = \frac{\Delta q}{2\rho nHA},$$

где Δq — изменение массы образца при испытании;

ρ — плотность образца;

n — число циклов нагружения;

H — ход подвижного образца;

A — контурная площадь контакта образцов.

Интенсивность изнашивания для подвижного образца по массе:

$$J_2 = \frac{\Delta q}{2\rho nbA},$$

где b — линейный размер поверхности трения образца.

Общую интенсивность изнашивания вычисляли как сумму интенсивности изнашивания подвижного и неподвижного образцов (рисунок):

$$J_0 = J_1 + J_2.$$

При использовании индустриального масла И-20А без добавки интенсивность изнашивания увеличивается по мере увеличения нагрузки, а с использованием того же масла с добавкой "Стрибойл" общая интенсивность изнашивания уменьшается по мере увеличения нагрузки. Что подтверждает правильность предложенной модели (2) и свидетельствует об образовании пленки на поверхности трения. Активационный характер процессов формирования антифрикционных механизмов, состоящих, в первую очередь, в пленкообразовании, отмечался сравнительно давно.

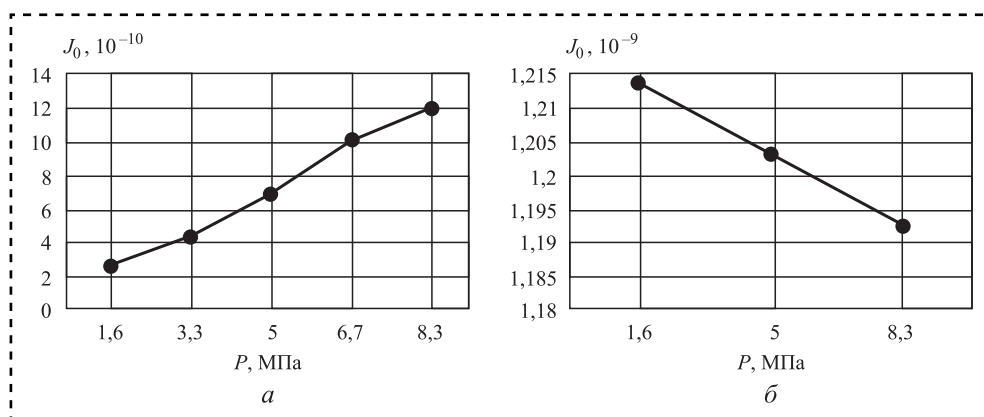
Регрессионный анализ

Рассмотрим аппарат планирования и регрессионного анализа экспериментов на примере обработки данных по влиянию таких факторов, как нагрузка и состав смазочного материала на интенсивность изнашивания.

При небольшом числе факторов $k = 2...3$ можно проводить анализ результатов с помощью полиномиального регрессионного уравнения типа

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i \neq j}^k b_{ij} X_i X_j + \dots, \quad (3)$$

где y — параметр оптимизации;
 b_i — коэффициенты регрессии;



Зависимость общей интенсивности изнашивания от нагрузки для первой пары трения по массе на масле без добавки (а) и с добавкой "Стрибойл" (б)



X_i — действующие факторы.

В случае двухфакторного эксперимента это уравнение может быть преобразовано к виду

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2.$$

Для использования этого уравнения приведем соотношение между интенсивностью изнашивания и упомянутыми выше факторами к виду (3). Для этого рассмотрим факторы, влияющие на интенсивность изнашивания, и характер их влияния. Один из основных факторов, влияющих на интенсивность изнашивания, — нагрузка. На вид данной зависимости оказывает существенное влияние качество смазочного материала.

Для оценки влияния указанных факторов и математического описания процесса изнашивания использована модель первого порядка вида

$$J = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2, \quad (4)$$

где J — интенсивность изнашивания;

X_1 — нагрузка;

X_2 — наличие пленкообразующей добавки в смазочном материале.

Для оценки адекватности модели и определения весомости коэффициентов регрессии составили план эксперимента. Для простых моделей типа (4) допустимо использовать полный факторный эксперимент (табл. 1). Кроме того, в табл. 1 показаны результаты экспериментов по определению зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки с повторностью 3. Варьирование факторов проводилось следующим образом: для X_1 знаку (+) соответствовало изменение интенсивности изнашивания в диапазоне нагрузок 5,0...8,3 МПа, а знаку (–) соответствовало изменение интенсивности изнашивания в диапазоне 1,6...5,0 МПа, а в отношении знака X_2 , указывающего на наличие

пленкообразующей добавки в смазочном материале, наличие отмечалось знаком (+), отсутствие — знаком (–). Изменение интенсивности изнашивания пронормировано таким образом, что значение $5 \cdot 10^{-10}$ соответствует единице.

Среднее значение параметра оптимизации по параллельным опытам определяли по формуле

$$\bar{J}_i = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r J_{ni}.$$

Дисперсии параллельных опытов:

$$s_{ni}^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{i=1}^r (J_{ni} - \bar{J}_i)^2,$$

где r — повторность опытов (в нашем случае $r = 3$).

Для определения возможности проведения регрессионного анализа рассчитали однородности дисперсий параллельных опытов по критерию Кохрена:

$$G = \frac{s_{ni}^2 \max}{\sum_{i=1}^N s_{ni}^2} = \frac{0,0364}{0,073} = 0,498.$$

Табличное значение данного критерия для уровня значимости 0,05, числе независимых опытов $N = 4$ и повторности $r = 3$ составляет 0,7679. Гипотеза об однородности дисперсий параллельных опытов подтверждается, так как экспериментальное значение критерия Кохрена не превышает табличного [Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976].

Отсюда дисперсия воспроизводимости равна

$$s^2(J) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_{ni}^2 = 0,073.$$

Ошибка эксперимента

Таблица 1

План полного факторного эксперимента

| Номер эксперимента | X_0 | X_1 | X_2 | X_1X_2 | \bar{J}_i | J_1 | J_2 | J_3 |
|--------------------|-------|-------|-------|----------|-------------|---------|-------|--------|
| 1 | + | – | – | + | 0,7 | 0,49 | 0,85 | 0,77 |
| 2 | + | – | + | – | –0,002 | –0,0005 | –0,02 | 0,015 |
| 3 | + | + | – | – | 0,87 | 0,67 | 1 | 0,93 |
| 4 | + | + | + | + | 0,036 | 0,13 | –0,02 | 0,0004 |

$$s(J) = \sqrt{s^2(J)} = \sqrt{0,073} \approx 0,27.$$

Основой регрессионного анализа является определение коэффициентов регрессии и оценка их статистической значимости. Для вычисления их значений используют формулы:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{J}_i X_i,$$

где X_j — определяет знак среднего значения параметра оптимизации, соответствующего строчке плана по табл. 1.

Например,

$$b_2 = \frac{1}{4}(-0,7 - 0,002 - 0,87 + 0,036) = -0,4;$$

$$b_1 = \frac{1}{4}(-0,7 + 0,002 + 0,87 + 0,036) = 0,05.$$

Полученные значения коэффициентов указывают на то, что увеличение нагрузки ведет к росту интенсивности изнашивания, а улучшение качества смазочного материала — к снижению, и этот фактор многократно весомее фактора нагрузки, определяемого контактным давлением.

После расчета всех коэффициентов уравнение (4) имеет вид

$$J = 0,4 + 0,05X_1 - 0,4X_2 - 0,03X_1X_2,$$

и показывает, что фактор нагрузки может иметь весомость в сочетании с эффективностью действия смазочного материала.

Для полного факторного эксперимента ошибки всех коэффициентов равны между собой:

$$s(b_i) = \frac{s(J)}{\sqrt{Nr}} = \frac{0,27}{\sqrt{4 \cdot 3}} = 0,078.$$

Оценку статистической значимости проводят путем сравнения критерия Стьюдента T_b для каждого коэффициента регрессии с его табличным значением [Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976]:

$$T_{bi} = \frac{|b_i|}{s(b_i)}.$$

Табличное значение T_b -критерия определяется по числу степеней свободы $f = N(r - 1) = 8$ и составляет 2,31. Статистически незначимыми объявляются те коэффициенты, для которых T_{bi} оказывается меньше табличного значения T_b . Очевидно, что такими коэффициентами являются коэффициенты b_1 и b_3 , которые следует исключить в силу того, что

$$T_{b1} = \frac{|b_1|}{s(b_1)} = \frac{0,05}{0,078} = 0,65 < 2,31;$$

$$T_{b3} = \frac{|b_3|}{s(b_3)} = \frac{0,03}{0,078} = 0,4 < 2,31.$$

Таким образом, при заданном уровне значимости 0,05 критерий Стьюдента T_b , который составляет 2,31, позволяет признать коэффициенты $b_1 = 0,05$ и $b_3 = -0,03$ статистически незначимым по его соотношению с ошибкой коэффициентов регрессии $s(b_i) = 0,35$.

После исключения статистически незначимых коэффициентов b_1 и b_3 уравнение регрессии принимает вид

$$J = 0,4 - 0,4X_2.$$

Полученное уравнение проверяют на адекватность. Для этого оценивают отклонения предсказываемых расчетных значений параметра оптимизации J_i от экспериментальных $J_{и}$ для каждого из опытов эксперимента, что позволяет определить дисперсию адекватности для равного числа параллельных опытов:

$$s_{ад}^2 = \frac{r}{N - \lambda} \sum_{i=1}^N (\bar{J}_i - J_i)^2,$$

где λ — число значимых коэффициентов уравнения;

r — число параллельных опытов;

N — число независимых опытов.

Адекватность уравнения оценивают с помощью F -критерия Фишера:

$$F_p = \frac{s_{ад}^2}{s^2(J)}.$$

Если $F_p \leq F_{табл}$, то гипотеза об адекватности модели принимается для соответствующих степеней свободы $f_{числ} = N - \lambda$ и $f_{зн} = N(r - 1)$ и принятого уровня значимости.

В табл. 2 представлены результаты расчета дисперсии адекватности:



Таблица 2

Результаты расчета дисперсии адекватности

| Номер эксперимента | $\bar{J}_и$ | $J_и$ | $\bar{J}_и - J_и$ | $(\bar{J}_и - J_и)^2$ |
|--------------------|-------------|-------|-------------------|-----------------------|
| 1 | 0,7 | 0,68 | 0,02 | 0,0004 |
| 2 | -0,002 | 0,4 | -0,4 | 0,16 |
| 3 | 0,87 | 0,75 | 0,12 | 0,014 |
| 4 | 0,036 | 0,39 | -0,35 | 0,13 |
| Σ | — | — | — | 0,3 |

$$F_p = \frac{s_{ад}^2}{s^2(J)} = \frac{0,3}{0,073} = 4,1.$$

Для степеней свободы $f_{числ} = 3$ и $f_{зн} = 8$ и уровня значимости 0,05 $F_{табл} = 5,3$. В связи с тем, что $F_p \leq F_{табл}$, уравнение можно считать адекватным в рамках заданных условий эксперимента при удалении статистически незначимых коэффициентов b_1 и b_3 .

Заключение

Полученные результаты показали, что при использовании пленкообразующих добавок традиционные методы определения интенсив-

ности изнашивания не позволяют получить результат, который согласуется с эмпирическим, так как во всех стандартных зависимостях интенсивность изнашивания растет пропорционально увеличению нагрузки, а при введении пленкообразующих добавок она начинает снижаться до определенного предела. Как показал регрессионный анализ зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки и от вида смазочного материала, наличие пленкообразующей добавки оказалось гораздо более существенным фактором, влияющим на интенсивность изнашивания, чем величина нагрузки. Таким образом, использование пленкообразующих добавок позволяет существенно расширить ресурсные возможности ряда тяжело нагруженных сопряжений скольжения.

Библиографический список

1. Поляков С.А. Самоорганизация при трении и эффект безызносности. М.: РГАУ-МСХА, 2009. 108 с.
2. Детали машин / под ред. О.А. Ряховского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 520 с.
3. Андриенко Л.А., Вязников В.А. Ресурс работы червячной передачи по критерию изнашивания // Известия вузов. Машиностроение. 2011. № 4. С. 3—6.



ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"
продолжает подписку на журнал

"СБОРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ"

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

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

107076, г. Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2

Тел.: 8 (495) 785-60-69

e-mail: realiz@mashin.ru, www.mashin.ru



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

Оптимизация конструктивных параметров предохранительных пружинно-шариковых муфт

Найдена зависимость, учитывающая текущее осевое перемещение подвижной полумуфты и постоянство максимального осевого перемещения подвижной полумуфты предохранительной пружинно-шариковой муфты. Показано, что существует предельное расстояние, на которое выступает из гнезда шарик в момент уменьшения вращающего момента при выходе полумуфты из зацепления.

A dependence is found that takes into account the current axial movement of the movable coupling half and the constancy of the maximum axial movement of the movable coupling half of the safety spring-ball coupling. It is shown that there is a limit distance at which the ball protrudes from the socket at the time of reducing the torque at the exit of the coupling halves from one another.

Ключевые слова: предохранительная муфта, шарик, подвижная полумуфта, пружина, точность срабатывания.

Keywords: safety coupler, ball, movable coupling half, spring, accuracy.

Введение

Особенность широко применяемых на практике предохранительных пружинно-шариковых муфт (ПШМ) заключается в более высокой, по сравнению с предохранительными пружинно-кулачковыми муфтами, точности срабатывания [1–3]. Сказанное относится к конструктивным вариантам ПШМ, в которых передача вращающего момента между полумуфтами осуществляется за счет контакта шариков одной полумуфты со сферическими гнездами другой полумуфты.

Более высокая точность срабатывания ПШМ достигается за счет того, что в процессе срабатывания муфты уменьшаются угол давления и сила, определяющая вращающий момент. Вследствие этого для полного выключения муфты не требуется дополнительного увеличения внешней (по отношению к муфте) нагрузки.

Как показал анализ схемы зацепления шариков, изменение угла давления в процессе срабатывания муфты подчиняется нелинейной зависимости. Поскольку при ее срабатывании одновременно происходит увеличение силы натяжения замыкающей пружины

(группы пружин), необходимо реализовать такую зависимость угла давления от осевого перемещения подвижной полумуфты, которая позволила бы обеспечивать дополнительную деформацию замыкающей пружины (группы пружин) без увеличения внешней (по отношению к муфте) нагрузки.

Цель работы — установление зависимости угла давления от осевого перемещения подвижной полумуфты.

Решение задачи

На расчетной схеме, изображенной на рис. 1, показано положение подвижной 1 и неподвижной 2 полумуфт и шариков 3 и 4, размещенных в соответствующих гнездах полумуфт. Указанное на схеме положение элементов ПШМ соответствует передаче номинального вращающего момента. Направление передачи нагрузки, т.е. направление вращения муфты, показано на схеме стрелкой. В рассматриваемом случае ведущей является полумуфта 2. Термины "подвижная" и "неподвижная" полумуфты в определенной степени условные и означают, что "неподвижная" полумуфта не

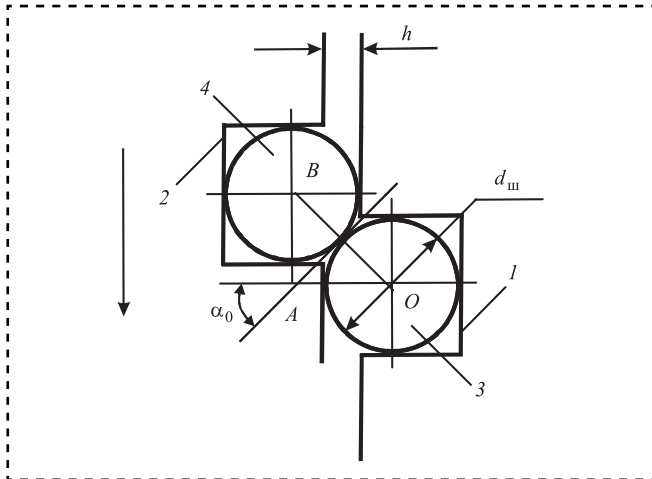


Рис. 1. Расчетная схема № 1

имеет перемещения вдоль оси вращения муфты при ее срабатывании; наоборот, "подвижная" полумуфта имеет осевое перемещение при срабатывании.

Взаимное положение шариков 3 и 4 определяется начальным углом давления α_0 , при этом шарики опираются на торцовые поверхности соответствующих оппозитно расположенных полумуфт 1 и 2.

Используя принятые на схеме обозначения, найдем из треугольника AOB :

$$\sin \alpha_i = \frac{d_{\text{ш}} - h + x_{\text{п}i}}{d_{\text{ш}}}, \quad (1)$$

где $d_{\text{ш}}$ — диаметр шарика;

h — расстояние между оппозитно расположенными торцовыми поверхностями полумуфт 1 и 2 при их исходном положении;

$x_{\text{п}i}$ — текущее осевое перемещение подвижной полумуфты при срабатывании ПШМ.

В источниках [2, 3] приведена следующая формула:

$$\sin \alpha_0 = \frac{d_{\text{ш}} - h}{d_{\text{ш}}}. \quad (2)$$

В процессе срабатывания ПШМ расстояние h уменьшается, одновременно с этим уменьшается и угол α_0 . Но в работе [1] при идентичной схеме зацепления шариков утверждается, что при срабатывании ПШМ расстояние h увеличивается, а угол α_0 уменьшается. Формула (2) подтверждает, что угол α_0 уменьшается при увеличении расстояния h , следовательно, формально картина изменения угла α_0 в процессе срабатывания ПШМ соответствует утверждению, приведенному в работе [1].

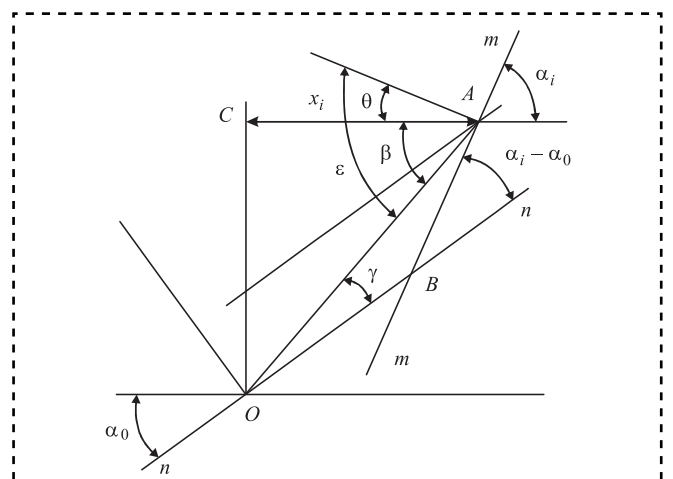


Рис. 2. Расчетная схема № 2

Согласно расчетной схеме, показанной на рис. 2, при срабатывании ПШМ происходит увеличение расстояния h , а точка контакта шариков 3 и 4 перемещается по образующей шарика 4 в направлении против часовой стрелки (при направлении вращения полумуфт в соответствии с указанным на рис. 2) [1–3]. При этом касательная, проходящая через точку контакта шариков, также поворачивается против часовой стрелки.

В процессе срабатывания муфты происходит увеличение угла давления от исходной величины α_0 до значения $\pi/2$. Логически это вполне согласуется с формулой для определения вращающего момента, передаваемого муфтой [1–3]:

$$T_{\text{н}} = \frac{F_{\text{п}} D}{2[\text{tg}(\alpha_0 - \varphi) - Df/d]}, \quad (3)$$

где $F_{\text{п}}$ — сила натяжения замыкающей пружины (группы пружин), соответствующая положению шариков, показанному на рис. 2;

D — диаметр окружности, на которой расположены шарики;

φ — угол трения между шариками;

f — коэффициент трения между подвижной полумуфтой и направляющей шпонкой, передающей вращающий момент от ступицы полумуфты на вал;

d — диаметр ступицы полумуфты.

Анализ формулы (3) показывает, что с увеличением угла α_0 до $\pi/2$, знаменатель дроби стремится к бесконечности, а увеличение числителя дроби вследствие повышения силы натяжения $F_{\text{п}}$ замыкающей пружины (группы

пружин) из-за осевого перемещения подвижной полумуфты конечное. Поэтому вращающий момент муфты при взаимном положении шариков 3 и 4, когда их оси располагаются на одной прямой, параллельной оси вращения муфты, равен моменту сил трения, действующих между шариками:

$$T_{\text{пл}} = \frac{F_{\text{пл}} D f_1}{2},$$

где $F_{\text{пл}}$ — сила натяжения замыкающей пружины (группы пружин), соответствующая максимальному осевому перемещению подвижной муфты при срабатывании;

f_1 — коэффициент трения между шариками 3 и 4.

Силу $F_{\text{пл}}$ вычисляем по соотношению:

$$F_{\text{пл}} = F_{\text{п}} + ch,$$

где c — осевая жесткость замыкающей пружины или суммарная осевая жесткость группы пружин.

Это подтверждает геометрическая картина процесса срабатывания ПШМ: при указанном взаимном положении шариков 3 и 4 отсутствуют условия, способствующие передаче вращающего момента в упомянутый период, кроме тангенциальных сил трения между шариками.

Формула (2), используемая в работах [1–3] в качестве математической модели, иллюстрирующей процесс срабатывания ПШМ, верна только как математическая интерпретация исходного взаимного положения шариков 3 и 4.

Для решения поставленной задачи исследования необходимо найти функциональную связь между углом давления α_i в процессе срабатывания муфты и осевым перемещением подвижной полумуфты. Поскольку от угла давления α_i зависит вращающий момент муфты (см. формулу (3)) и осевая (относительно оси вращения муфты) составляющая силы давления между шариками, появляется возможность оценить динамику изменения указанной силы и силы натяжения замыкающей пружины (группы пружин).

На основе этого устанавливаем исходный угол давления α_0 , начиная от которого вращающий момент муфты в процессе ее срабатывания, по меньшей мере, не увеличится. Таким образом, можно найти условия для выполнения утверждения о высокой точности срабатывания ПШМ [1–3].

При исследовании воспользуемся схемой, изображенной на рис. 2. На схеме точка O соответствует исходному положению шариков 3 и 4 (см. рис. 1) при передаче муфтой номинального вращающего момента T_n , точка A — положению шариков после осевого перемещения подвижной полумуфты на расстояние, равное x_i .

Прямые $n-n$ и $m-m$ являются касательными к образующей шарика соответственно в точках O и A . Касательные образуют с прямыми, параллельными друг другу и оси вращения муфты, углы α_0 и α_i соответственно.

Проведем через точку A прямую, параллельную касательной $n-n$. Из этого построения следует, что острый угол при вершине B равен разности углов $\alpha_i - \alpha_0$.

Треугольник OAB , образованный касательными $n-n$, $m-m$ и прямой, соединяющей точки O и A , является равнобедренным, следовательно, угол при вершине B треугольника равен $\pi - (\alpha_i - \alpha_0)$, а углы при вершинах O и A — $(\alpha_i - \alpha_0)/2 = \gamma$.

В прямоугольном треугольнике OAC катет $AC = x_i$ определяет величину осевого перемещения подвижной полумуфты при переходе точки контакта шариков из положения O в положение A . В этом треугольнике угол при вершине A равен:

$$\beta = \alpha_i - \gamma = \frac{\alpha_i + \alpha_0}{2}. \quad (4)$$

Из равнобедренного треугольника, образованного радиусами шариков и прямой OA , найдем угол при вершине A . Угол между радиусом шарика, проведенным в точку A , и прямой AC равен:

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \alpha_i. \quad (5)$$

Тогда искомый угол определим по формуле, с учетом выражений (4) и (5):

$$\varepsilon = \beta + \theta = \frac{\pi - \alpha_i + \alpha_0}{2}. \quad (6)$$

Сторона OA треугольника равна:

$$OA = d_{\text{ш}} \cos \varepsilon = d_{\text{ш}} \sin \frac{\alpha_i - \alpha_0}{2}. \quad (7)$$

Из треугольника OAC находим искомое перемещение x_i :

$$x_i = AC = OA \cos \beta,$$

или с учетом выражений (4) и (7):

$$x_i = \frac{d_{ш}}{2} \sin \frac{\alpha_i - \alpha_0}{2} \cos \frac{\alpha_i + \alpha_0}{2} = \frac{d_{ш}}{2} (\sin \alpha_i - \sin \alpha_0). \quad (8)$$

Формула (8) учитывает осевое перемещение точки контакта шариков относительно шарика 4. Учитывая, что при этом перемещение в осевом (относительно оси вращения муфты) направлении совершает и шарик 3 (это перемещение также определяется по формуле (8)), величина осевого перемещения подвижной полумуфты равна:

$$x_{\pi i} = d_{ш} (\sin \alpha_i - \sin \alpha_0). \quad (9)$$

Если центры шариков находятся на одной прямой, параллельной оси вращения муфты, то угол $\alpha_i = 90^\circ$, и с учетом выражения (2) получаем на основе формулы (9):

$$x_{\pi \max} = h,$$

где $x_{\pi \max}$ — максимальное осевое перемещение подвижной полумуфты.

Полученный результат согласуется со схемой, показанной на рис. 2.

Увеличение силы натяжения замыкающей пружины (группы пружин) в результате осевого перемещения подвижной полумуфты при срабатывании ПШМ отражается зависимостью:

$$F_{\pi i} = F_{\pi} + cx_{\pi i}, \quad (10)$$

где $F_{\pi i}$ — текущая сила натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин).

После подстановки правой части формулы (9) в равенство (10) и полученного выражения — в соотношение (3) находим:

$$T_i = \frac{[F_{\pi} + cd_{ш}(\sin \alpha_i - \sin \alpha_0)]D}{\operatorname{tg}(\alpha_i - \varphi) - Df/d}. \quad (11)$$

Аналитическое исследование функции (11) представляет значительные трудности, поэтому применим графический способ. Для построения графика зависимости $T_i(\alpha_i)$ используем исходные данные: $F_{\pi} = 400$ Н; $c = 80$ Н/мм; $d_{ш} = 16$ мм; $D = 65$ мм; $\varphi = 4^\circ$; $d = 45$ мм; $f = 0,15$ [1].

Учитывая, что $h < d_{ш}/2$, принято $h = 4$ мм. Тогда по формуле (2) $\sin \alpha_0 = 0,75$, а $\alpha_0 \approx 48^\circ$.

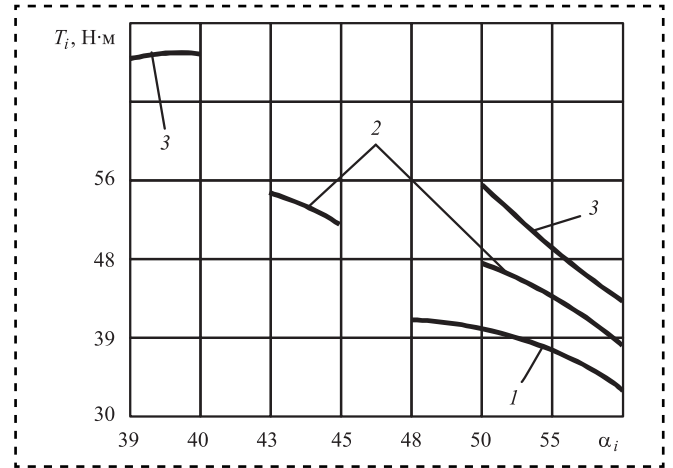


Рис. 3. Зависимости вращающего момента ПШМ от угла давления при:

1 — $h = 4$ мм; 2 — $h = 5$ мм; 3 — $h = 6$ мм

От найденного значения α_0 происходит изменение (в сторону увеличения) угла α_i в процессе срабатывания ПШМ (рис. 3, кривая 1). Кривые 2 и 3 построены по тем же данным, что и кривая 1, но при h , равном 5 и 6 мм, соответственно $\sin \alpha_0 = 0,6875$ и $\sin \alpha_0 = 0,625$; $\alpha_0 \approx 43^\circ$ и $\alpha_0 \approx 39^\circ$.

Графики на рис. 3 показывают следующее:

- при больших углах давления α_0 , т.е. при меньших значениях h , в процессе осевого перемещения подвижной полумуфты при срабатывании ПШМ происходит уменьшение передаваемого муфтой вращающего момента в интервале значений угла давления $\alpha_0 \dots \pi/2$;

- увеличение h и уменьшение угла давления α_0 приводит к уменьшению разности между величинами номинального вращающего момента и последующего вращающего момента, соответствующего ближайшему к α_0 контрольному текущему значению угла α_i (кривые 1 и 2);

- при некотором значении угла давления α_0 в процессе осевого перемещения подвижной полумуфты при срабатывании ПШМ в определенном интервале угла давления α_i происходит увеличение вращающего момента, затем — его стойкое уменьшение (кривая 3).

Очевидно, что на наличие у графика зависимости $T_i(\alpha_i)$ точки максимума влияет осевая жесткость замыкающей пружины (суммарная осевая жесткость группы замыкающих пружин). При прочих постоянных параметрах (кроме α_i) в формуле (11) увеличение параметра c приводит к росту числителя. На номи-

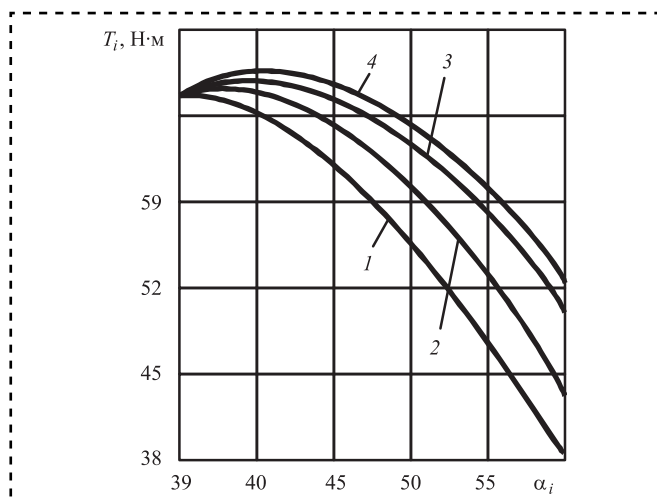


Рис. 4. Зависимости вращающего момента от угла давления при:

1 — $c = 60$ Н/мм; 2 — $c = 80$ Н/мм; 3 — $c = 100$ Н/мм; 4 — $c = 120$ Н/мм

нальный вращающий момент муфты T_n параметр c не влияет.

Следовательно, величина c , как и параметр h , должна влиять на форму кривой $T_i(\alpha_i)$ и при определенных значениях приводить к перегрузке в процессе срабатывания муфты.

Исследуем влияние жесткости c на возникновение перегрузки. На рис. 4 показаны графики зависимости $T_i(\alpha_i)$ при различных значениях осевой жесткости замыкающей пружины (суммарной осевой жесткости группы замыкающих пружин). Графики построены соответственно при $c = 60; 80; 100; 120$ Н/мм, $h = 6$ мм, $\alpha_0 \approx 39^\circ$.

С увеличением c уже при значениях $c \geq 80$ Н/мм кривые 2—4 имеют точки максимума внутри интервала значений угла α_i и максимумы функции (11) смещаются в область больших значений угла α_i .

Графики подтверждают предположение о влиянии c на форму кривой $T_i(\alpha_i)$: при $c \geq 80$ Н/мм муфта в результате срабатывания будет вносить перегрузку в некотором периоде времени срабатывания.

Процесс изменения силы нормального давления между шариками при срабатывании муфты представляет интерес, во-первых, с точки зрения износоустойчивости шариков, во-вторых, в плане назначения оптимального угла давления α_0 , обеспечивающего при передаче номинального вращающего момента давление между шариками, не превышающее допустимого значения [1].

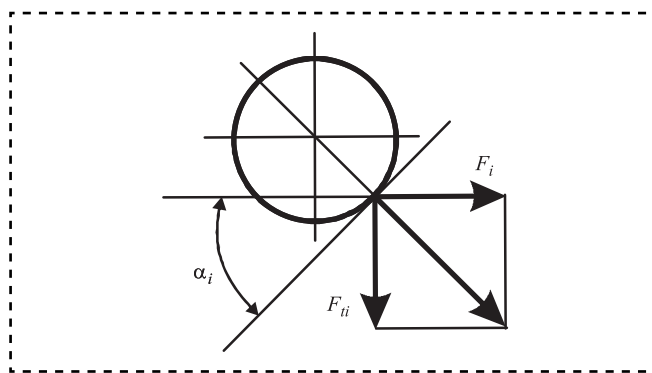


Рис. 5. Расчетная схема № 3

На рис. 5 показана расчетная схема № 3 сил, действующих на шарик. В процессе срабатывания муфты на шарик действует осевая сила:

$$F_i = F_{ni} - F_{trpi}, \quad (12)$$

где F_{ni} — текущая сила натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин); F_{trpi} — текущая сила трения между подвижной полумуфтой и направляющей шпонкой.

Силу трения F_{trpi} определяем по выражению (см. рис. 5):

$$F_{trpi} = F_{ii} \frac{D}{d} f_1, \quad (13)$$

где F_{ii} — окружная сила, действующая на шарик;

f_1 — коэффициент трения скольжения между подвижной полумуфтой и направляющей шпонкой.

Из силового треугольника находим силу F_{ii} :

$$F_{ii} = \frac{F_i}{\operatorname{tg} \alpha_i},$$

или, с учетом формулы (12):

$$F_{ii} = \frac{F_{ni} - F_{trpi}}{\operatorname{tg} \alpha_i}. \quad (14)$$

Тогда формула (13) принимает следующий вид:

$$F_{trpi} = \frac{F_{ni} - F_{trpi}}{\operatorname{tg} \alpha_i} \frac{D}{d} f_1. \quad (15)$$

Из уравнения (15) находим неизвестное F_{trpi} :

$$F_{trpi} = \frac{F_{ni}}{\operatorname{tg} \alpha_i + Df_1/d} \frac{D}{d} f_1. \quad (16)$$



Учитывая соотношения (9) и (10), запишем формулу (16) в виде:

$$F_{\text{тп}i} = \frac{F_{\text{п}} + cd_{\text{ш}}(\sin \alpha_i - \sin \alpha_0) \frac{D}{d} f_1}{\text{tg} \alpha_i + Df_1/d} \quad (17)$$

Из силового треугольника выразим:

$$F_{\text{ни}} = \frac{F_i}{\sin \alpha_i} \quad (18)$$

Учитывая формулы (9), (10), (12) и (17), запишем выражение (18) в виде:

$$F_{\text{ни}} = \frac{F_{\text{п}} + cd_{\text{ш}}(\sin \alpha_i - \sin \alpha_0)}{p(\text{tg} \alpha_i + Df_1/d) \cos \alpha_i}, \quad (19)$$

где p — число пар шариков.

Из формулы (19) следует, что сила $F_{\text{ни}}$ изменится в интервале:

$$F_{\text{ни}} = \frac{F_{\text{п}}}{(\sin \alpha_0 + Df_1 \cos \alpha_0/d) p} \dots \frac{F_{\text{п}} + ch}{p} \quad (20)$$

Интервал значений силы согласно соотношению (20) получен при условии изменения угла давления α_i в интервале $\alpha_0 \dots \pi/2$ и с учетом соотношения (2).

Исследуем изменения силы $F_{\text{ни}}$ в процессе срабатывания муфты. Построим график функции $F_{\text{ни}}(\alpha_i)$ согласно соотношению (19) при $c = 40$ Н/мм, $p = 3$, а $f_1 = 0,1$ [4] (рис. 6).

График показывает следующее:

- сила нормального давления между шариками увеличивается по мере осевого перемещения подвижной полумуфты в процессе срабатывания ПШМ и принимает максимальное значение в конце хода полумуфты;

- при выбранных исходных данных сила нормального давления становится больше допустимой ($[F_{\text{п}}] \approx 216$ Н [1]) при $\alpha_i = 45^\circ$.

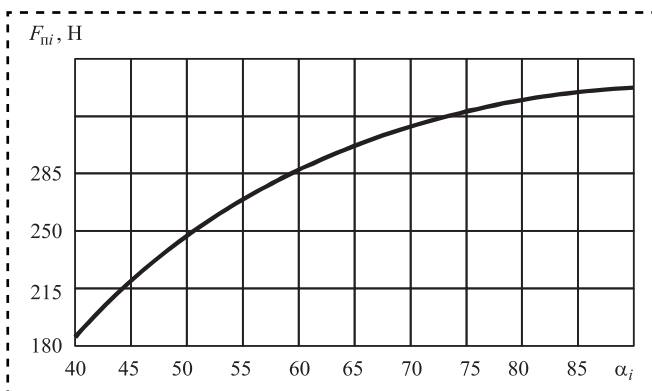


Рис. 6. Зависимость силы нормального давления от угла давления

Таким образом, имея меньшее, чем допустимое, значение при начальном угле давления, сила $F_{\text{ни}}$ в процессе срабатывания муфты значительно превышает его. В подобных случаях повышается износ шариков и преждевременный выход их из строя, что накладывает определенные ограничения на выбор параметров ПШМ в процессе их расчета и конструирования. Учитывая характер изменения силы нормального давления $F_{\text{ни}}$, определяющей долговечность шариков, примем в качестве формулы для анализа и выбора параметров ПШМ выражение, представляющее правую границу интервала в выражении (20):

$$\frac{F_{\text{п}} + ch}{p} \leq [F_{\text{п}}] \quad (21)$$

Основные параметры для расчета и конструирования ПШМ: номинальный вращающий момент муфты, радиальные и осевые размеры ПШМ (D , d). Задав диаметр шариков $d_{\text{ш}}$, можно по формуле (3) определить $F_{\text{п}}$. Радиальный размер D и принятый $d_{\text{ш}}$ позволяют определить их число по условиям конструктивно-компоновочной схемы муфты.

Выбор величины взаимного перекрытия шариков h обусловлен, во-первых, требованием отсутствия перегрузки, вызываемой муфтой в процессе срабатывания, во-вторых, минимизацией силы натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин) при повторных включениях муфты в процессе срабатывания.

Условие отсутствия перегрузки при срабатывании муфты может быть установлено на основе соотношения (11). Поскольку неизвестными остаются параметры c и h , входящие в соотношение (11) (параметр h входит в формулу (2) для вычисления $\sin \alpha_0$, в свою очередь входящего в соотношение (11)), обратимся к формуле (21), из которой находим:

$$c = \frac{[F_{\text{п}}]p - F_{\text{п}}}{h} \quad (22)$$

Воспользовавшись заменой в выражении (11), согласно соотношению (22), методом вариации величины h найдем ее верхнее граничное значение, удовлетворяющее условию отсутствия перегрузки, вносимой муфтой в кинематическую цепь привода в процессе срабатывания. В данном случае при выборе значения h следует учитывать его влияние на

исходный угол давления α_0 (см. формулу (2)) и номинальный вращающий момент муфты (см. формулу (3)).

Поскольку уменьшение h приводит к увеличению угла α_0 и, соответственно, к уменьшению вращающего момента T_n , примем указанное значение h , так как в противном случае при уменьшении h необходимо для сохранения заданного вращающего момента T_n увеличить силу натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин), что не всегда возможно, так как это приводит к увеличению силы нормального давления между шариками.

На основе найденного значения h по формуле (22) определим коэффициент осевой жесткости c и геометрические параметры замыкающей пружины (группы пружин).

В ПШМ со схемой контакта типа "шарик — шарик" изменение сил нормального давления $F_{пн}$, соответствующих начальному и конечному взаимным положениям шариков в процессе срабатывания муфты, довольно значительное (см. рис. 6). Вследствие этого в существующих конструкциях ПШМ указанного типа имеется резерв нагрузочной способности муфт, который может быть использован в том случае, когда реализуется закономерность изменения силы нормального давления $F_{пн}$, в соответствии с которой в процессе срабатывания муфты эта сила сохраняется постоянной или уменьшается по любому закону.

В настоящее время существуют технические решения, направленные на устранение отмеченного недостатка существующих ПШМ [5–8]. В работе [5] задача решена посредством установки в конструкцию ПШМ подвижной в осевом направлении опоры для группы замыкающих пружин и дополнительных шариков, управляющих перемещением подвижной опоры при срабатывании муфты, в работе [6] — посредством неодинаковой геометрии контакта шариков, соединяющих полумуфты с гнездами.

В конструкции, предложенной в работах [5, 7], эффективность уменьшения силы натяжения пружины в процессе осевого перемещения подвижной полумуфты обеспечивается подвижностью в осевом направлении задней опоры пружины за счет специального шарикового механизма. При осевом перемещении подвижной полумуфты ход опоры меньше, чем ход полумуфты, что обеспечивает меньший при-

рост силы натяжения замыкающей пружины и увеличение силы нормального давления между шариками. Это позволяет увеличить исходную силу натяжения замыкающей пружины и номинальный вращающий момент.

В конструкции, приведенной в работе [8], нашла развитие принципиальная схема задней опоры замыкающей пружины. Достижимый эффект обеспечивает не только уменьшение силы натяжения замыкающей пружины в процессе перемещения подвижной полумуфты, по сравнению с исходным натяжением, но и, благодаря центробежному механизму, — автоматическое включение ПШМ после окончания перегрузки и остановки привода.

Указанное решение позволяет настраивать ПШМ таким образом, чтобы при передаче номинального вращающего момента сила $F_{пн}$ между шариками была бы близка по величине к допустимой силе. Это обеспечивает более высокую нагрузочную способность ПШМ за счет увеличения силы натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин).

Результаты исследования могут быть использованы при расчете и проектировании предохранительных шариковых муфт для определения конструктивных параметров контакта шарика с гнездом, позволяющих повысить точность срабатывания муфт.

Выводы

1. Анализ схемы изменения взаимного расположения шариков ПШМ в процессе ее срабатывания показал, что существует предельное расстояние, на которое выступает из гнезда шарик, когда происходит уменьшение передаваемого вращающего момента при выходе полумуфт из зацепления одна с другой. Увеличение указанного расстояния приводит к тому, что вращающий момент имеет максимум, не соответствующий исходному углу давления шариков, т.е. возникает перегрузка, вносимая ПШМ в привод машины при срабатывании.

2. Приведенная в технической литературе зависимость для определения угла давления шариков в ПШМ с контактом типа "шарик — шарик" не соответствует картине изменения его величины в процессе срабатывания муфты. Для оценки характера и величины изменения угла давления найдена зависимость, учитыва-



ющая текущее осевое перемещение подвижной полумуфты и постоянство максимального осевого перемещения подвижной полумуфты.

3. На возникновение перегрузки, вносимой ПШМ при срабатывании, влияет коэффициент осевой жесткости замыкающей пружины (суммарный коэффициент осевой жесткости группы пружин). С увеличением коэффициента осевой жесткости возрастает вероятность появления максимума вращающего момента муфты, большего, чем номинальный вращающий момент.

4. Сила нормального давления между шариками увеличивается в процессе осевого перемещения подвижной полумуфты при срабатывании ПШМ, достигая максимального значения в конце ее хода. При определенных параметрах муфты сила нормального давления превышает допустимое значение уже в начальный период осевого перемещения подвижной полумуфты.

5. Для повышения долговечности шариков следует определять коэффициент осевой жесткости замыкающей пружины (суммарный коэффициент осевой жесткости группы пружин) по найденной зависимости, задавшись остальными параметрами муфты, в том числе оптимальной величиной расстояния, на которое выступает шарик из гнезда полумуфты.

6. Для повышения нагрузочной способности и долговечности ПШМ следует применять механизмы, уменьшающие силу натяжения замыкающей пружины (суммарную силу натяжения группы пружин) в процессе осевого перемещения подвижной полумуфты при срабатывании.

Библиографический список

1. **Тепинкичиев В.К.** Предохранительные устройства от перегрузки станков. М.: Машиностроение, 1968. 112 с.
2. **Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А.** Справочник по муфтам. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1974. 352 с.
3. **Дьяченко С.К., Киркач Н.Ф.** Предохранительные муфты. Киев: Гостехиздат УССР, 1962. 122 с.
4. **Кухлинг Х.** Справочник по физике / пер. с нем. М.: Мир, 1982. 520 с.
5. **А.с. 1471000** СССР, МПК⁴ F16D11/00. Предохранительная шариковая муфта / М.П. Шишкарев; заявл. 26.02.86; опубл. 07.04.89. Бюл. № 13. 3 с.
6. **А.с. 1550249** СССР, МПК⁵ F16D7/06. Предохранительная шариковая муфта / М.П. Шишкарев; заявл. 23.06.88; опубл. 15.03.90. Бюл. № 10. 4 с.
7. **А.с. 1612149** СССР, МПК⁵ F16D7/06, F16D43/20. Предохранительная муфта / М.П. Шишкарев; заявл. 05.12.88; опубл. 07.12.90. Бюл. № 45. 4 с.
8. **А.с. 1691617** СССР, МПК⁵ F16D7/06. Предохранительная муфта / М.П. Шишкарев; заявл. 20.07.89; опубл. 15.11.91. Бюл. № 42. 3 с.



Е.А. Дубовик

(Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону)

E-mail: dubovik1982@list.ru

Ремонт блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей

Рассмотрена технология ремонта блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей.

The technology of repair of the cylinder block of internal combustion engines of cars is considered.

Ключевые слова: автомобиль, блок цилиндров, двигатель внутреннего сгорания, технология.

Keywords: car, cylinder block, internal combustion engine, technology.

Блок цилиндров двигателя относят к классу корпусных деталей. Наиболее крупные и сложные детали кривошипно-шатунного механизма — блок цилиндров и его головка (или головки). Блок цилиндров и головка цилиндров имеют сложную форму, поэтому их изготавливают литьем. Между ними для герметизации стыка установлена прокладка. Спереди (а иногда и сзади) также через прокладку к блоку крепится крышка распределительных шестерен. Все остальные детали кривошипно-шатунного механизма расположены в блоке цилиндров, их обычно объединяют в несколько групп. Блоки цилиндров различных двигателей отличаются по конструктивному исполнению. На рис. 1 представлен блок цилиндров четырехцилиндрового двигателя автомобиля "ВАЗ".

На рис. 2 изображен блок цилиндров двигателя ЗМЗ-53. Блок цилиндров отливают из чугуна СЧ21, СЧ15 или из алюминиевого сплава АК9ч (АЛ4). Соотношение масс чугунных и алюминиевых блок-картеров составляет примерно 4:1.

За одно целое с блоком отлита верхняя часть картера. В отливке блока цилиндров выполнены рубашка охлаждения, окружающая цилиндры, постели для коренных подшипников коленчатого вала и подшипников рас-



Рис. 1. Блок цилиндров с гильзами на ремонтном столе: 1 — блок цилиндров; 2 — гильза; 3 — ремонтный стол

пределительного вала, а также места для установки других узлов и приборов. Чугунные картеры изготавливают или вместе с цилиндрами, или со вставными цилиндрами — гильзами, а алюминиевые — только со вставными гильзами. Уплотнение гильз в блоке осуществляется с помощью резиновых колец или прокладок 3 (см. рис. 2). Тщательно обработанная внутренняя поверхность гильз (или цилиндров) называется зеркалом.

Головка закрывает цилиндры сверху; в ней размещены клапаны, камеры сгорания, свечи, форсунки. В головку цилиндров запрессованы

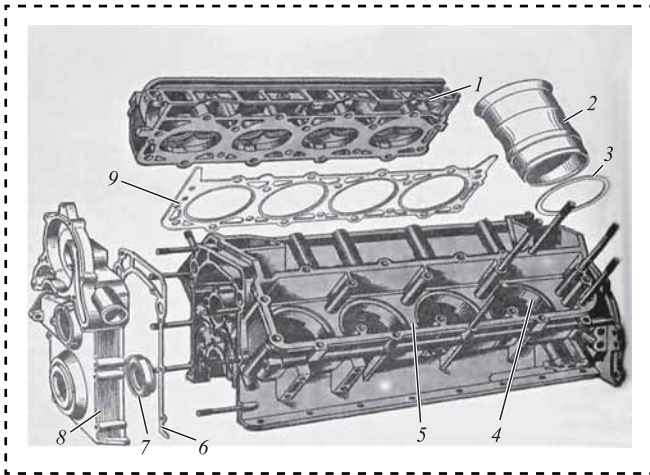


Рис. 2. Головка и блок цилиндров V-образного восьмицилиндрового двигателя ЗМЗ-53:

1 — головка правого ряда цилиндров; 2 — гильза цилиндра; 3 — прокладка гильзы; 4 — направляющий пояс для гильзы; 5 — блок цилиндров; 6 — прокладка крышки распределительных шестерен; 7 — сальник переднего конца коленчатого вала; 8 — крышка распределительных шестерен; 9 — прокладка головки цилиндров

направляющие втулки и седла клапанов. Плоскость разъема между головками и блоком цилиндров уплотнена сталеасбестовыми прокладками. Между головкой цилиндров и крышкой клапанов установлены пробковые или резиновые прокладки.

Головки отлиты из алюминиевого сплава или чугуна. Двигатели с рядным расположением цилиндров имеют одну головку, двигатели с V-образным расположением: две головки на каждый ряд (двигатель ЗИЛ-130), четыре — на каждые три цилиндра (двигатель ЯМЗ-240), восемь — на каждый цилиндр (двигатель КамАЗ-740). Корпусные детали предназначены для крепления деталей агрегатов и имеют отверстия для установки подшипников, втулок, вкладышей, гильз, штифтов и резьбовые отверстия для крепления деталей; плоскости и технологические плоскости. При эксплуатации машин в корпусных деталях возможно появление следующих характерных дефектов (рис. 3):

- механические повреждения — повреждения баз: трещины, забоины, обломы шпилек;
- нарушение геометрических размеров, формы и взаимного расположения поверхностей;
- износ поверхностей (посадочных и рабочих) резьб;
- кавитационный износ отверстий, через которые проходит охлаждающая жидкость;

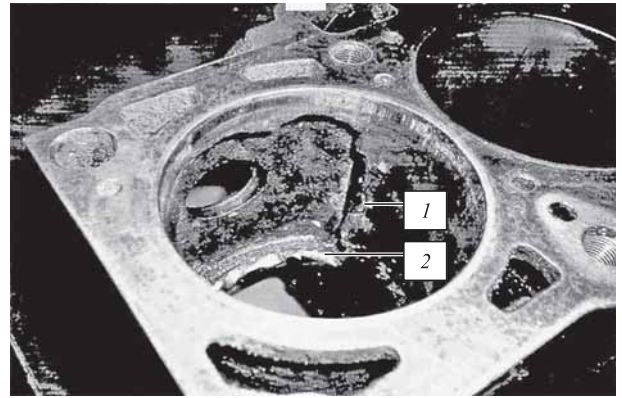


Рис. 3. Дефекты гильзы цилиндра:

1 — трещина; 2 — облом гильзы

— нецилиндричность и некруглость отверстий и т.д.

Износ внутренних цилиндрических поверхностей в корпусных деталях устраняют растачиванием под ремонтный размер при помощи дополнительных ремонтных деталей с последующей механической обработкой, электрохимических и эпоксидных покрытий, наплавкой и плазменным напылением.

При ремонте чугунных деталей применяют дуговую и газовую сварку, газопорошковую наплавку и пайку. У деталей из чугуна сваркой заделывают трещины и отверстия, присоединяют отколотые части детали, наплавляют износостойкие покрытия.

Следует иметь в виду возможность плохого сплавления присадочного металла с основным металлом в связи с насыщенностью чугуна газами. Такой чугун может быть в деталях, работающих в машине длительное время при температуре 400 °С и выше. Холодную сварку чугуна ведут без предварительного подогрева детали, поэтому сварной шов охлаждается быстро. Это приводит к возникновению в зоне сварки больших напряжений и даже трещин.

Холодную сварку чугунных деталей можно также выполнять специальными стальными электродами и электродами из цветных металлов и сплавов.

Из группы специальных стальных электродов рекомендуется применять электроды ЦЧ-4 и электроды АНЧ-1. Электроды ЦЧ-4 изготавливают из никельсодержащей проволоки с толстым покрытием, содержащим титан. Шов

имеет высокую прочность соединения, хорошо поддается механической обработке.

Сварка и наплавка деталей из алюминия и его сплавов затруднены по следующим причинам:

- при сварке образуются тугоплавкие пленки оксидов Al_2O_3 с температурой плавления $2050\text{ }^\circ\text{C}$, в то время как температура плавления алюминия $660\text{ }^\circ\text{C}$;

- алюминий и его сплавы в расплаве весьма жидкотекучи, а при остывании имеют большой коэффициент усадки и высокий коэффициент линейного расширения;

- при температуре $400\text{...}500\text{ }^\circ\text{C}$ алюминиевые сплавы приобретают повышенную хрупкость, что способствует образованию при сварке трещин;

- алюминиевые сплавы обладают значительной растворимостью в расплавленном металле водорода, что способствует образованию пористого шва.

Детали из алюминиевых сплавов соединяют газовой или дуговой сваркой. При газовой сварке в качестве горючего используют ацетилен. Сварку выполняют нейтральным пламенем.

При дуговой сварке чаще всего применяют электроды ОЗА-2.

Трещины в корпусных деталях (головках и блоках цилиндров двигателей, картерах коромысел передач, задних мостах и других деталях) можно устранить двумя видами фигурных вставок (рис. 4).

Уплотняющие вставки применяют для заделки трещин длиной более 50 мм с обеспечением герметичности как толстостенных, так и тонкостенных деталей (рис. 4, а).

Для тонкостенных деталей используют вставки диаметром 4,8 мм, а для деталей с толщиной стенок 12...18 мм — 6,8 мм. Для установки уплотняющей фигурной вставки сверлят отверстия диаметром 4,8 или 6,8 мм на глубину 3,5 или 6,5 мм за пределами конца трещины на расстоянии 4...5 или 5...6 мм соответственно. Затем, используя специальный кондуктор (рис. 5), последовательно вдоль трещины сверлят такие же отверстия. Через каждые пять отверстий сверлят отверстия поперек трещины — по два с каждой стороны. Отверстия продувают сжатым воздухом, обезжиривают ацетоном, смазывают эпоксидным составом, устанавливают и расклепывают фигурные вставки. Вставки диаметром 6,8 мм помещают в отверстие в два ряда.

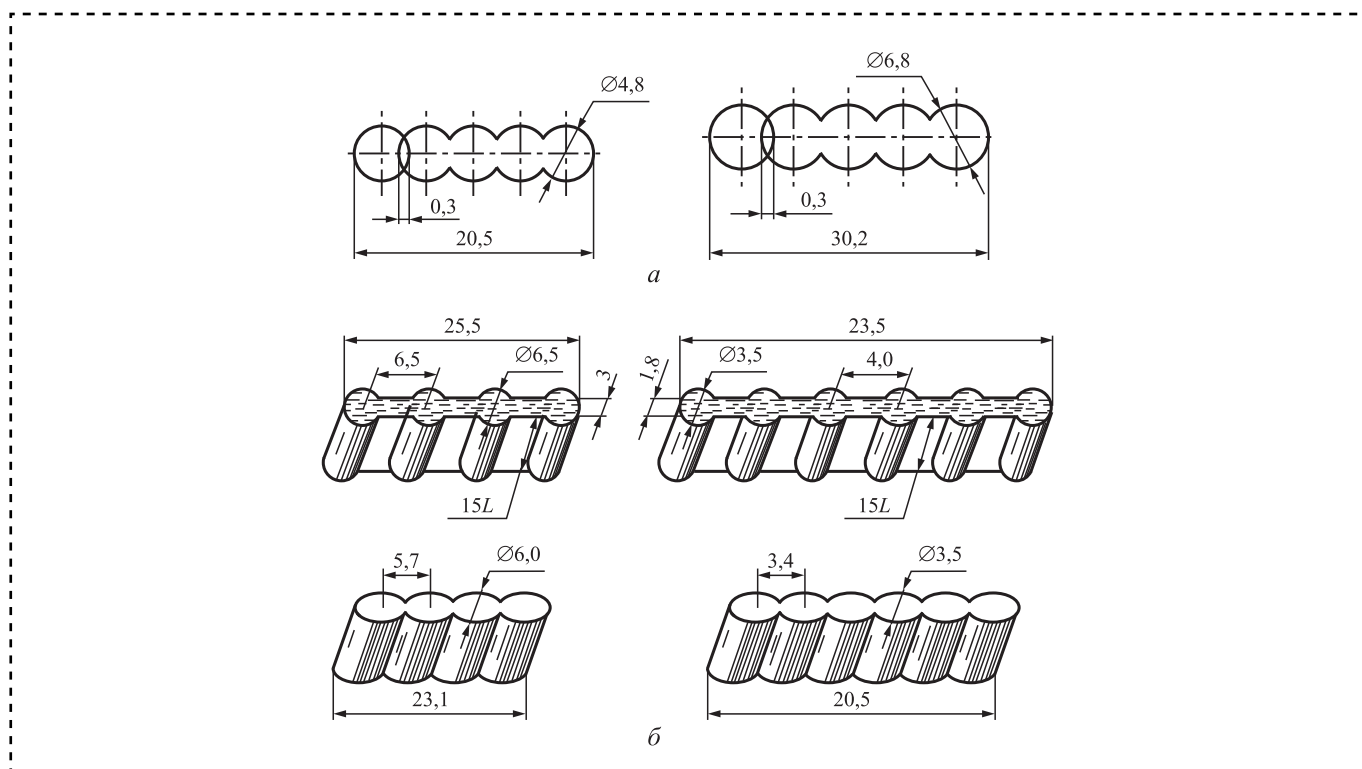


Рис. 4. Фигурные вставки:

а — уплотняющие; б — стягивающие

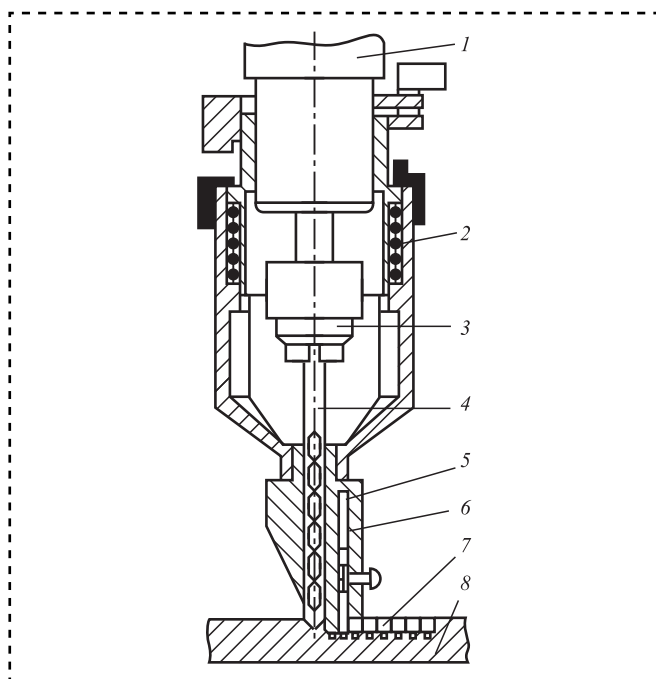


Рис. 5. Кондуктор для сверления отверстий под фигурные вставки:

1 — шпиндель сверлильной машины; 2 — приспособление для сверления; 3 — патрон; 4 — сверло; 5 — кондуктор; 6 — фиксаторы; 7 — просверленные отверстия; 8 — деталь

Стягивающие вставки используют для стягивания боковых кромок трещины на толсто-стенных деталях (рис. 4, б). В деталях сверлят по кондуктору перпендикулярно трещине четыре или шесть отверстий (по два или три отверстия с каждой стороны) диаметром, соответствующим диаметру вставки, с шагом, большим на 0,1...0,3, и глубиной 15 мм. Перемычку между отверстиями удаляют специальным пробойником в виде пластины шириной 1,8 или 3,0 мм в зависимости от размеров вставки. В паз запрессовывают фигурную вставку, ее расклепывают и зачищают (опиливанием или переносным вращающимся абразивным кругом) этот участок заподлицо. Фигурные вставки устанавливают в несколько слоев до полного закрытия паза с последующим расклепыванием каждого слоя. Фигурные вставки изготавливают способом волочения в виде фасонной ленты из стали 20 или Ст3.

Качество заделки трещины проверяют на стенде в течение 3 мин при давлении 0,4 МПа.

Один из способов восстановления изношенной или поврежденной резьбы — установка резьбовых спиральных вставок, увеличивающих надежность резьбовых соединений деталей,

особенно изготовленных из алюминия и чугуна. Спиральные вставки изготавливают из коррозионно-стойкой проволоки ромбического сечения в виде пружинящей спирали (рис. 6).

Технологический процесс восстановления резьбовой поверхности включает:

— рассверливание отверстия с применением накладного кондуктора и снятие фаски ($1 \times 45^\circ$). Смещение осей отверстий не более 0,15 мм, перекося осей отверстий не более 0,15 мм на длине 100 мм;

— нарезание резьбы в рассверленном отверстии детали. Скорость резания 4...5 м/мин, частота вращения 60...80 мин⁻¹;

— установка резьбовой вставки в деталь: установить резьбовую вставку в монтажный инструмент (рис. 7, а); ввести стержень инструмента в резьбовую вставку так, чтобы ее технологический поводок вошел в паз нижнего конца стержня; завернуть вставку в отверстие наконечника инструмента, а затем с по-

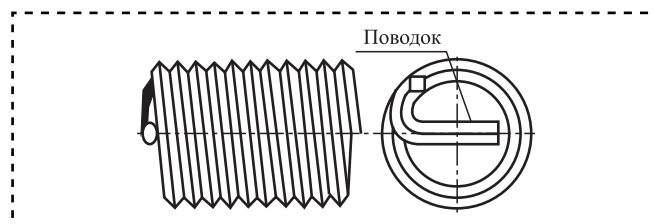


Рис. 6. Резьбовая спиральная вставка

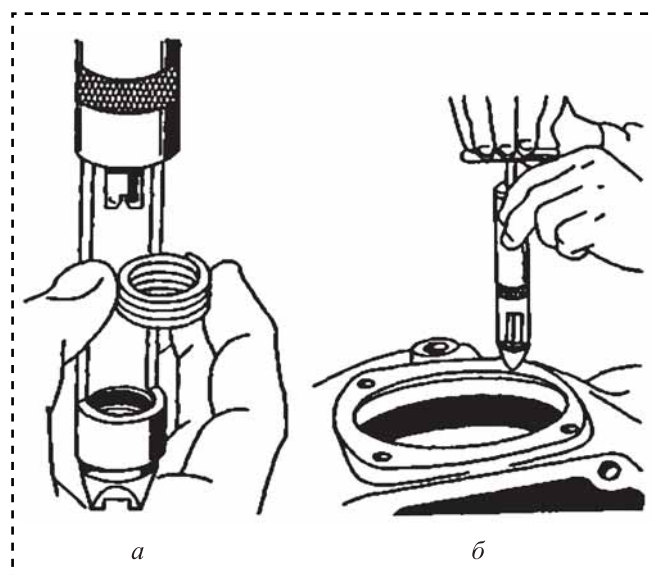


Рис. 7. Установка резьбовой вставки:

а — в монтажный инструмент; б — в резьбовое отверстие детали

мощью инструмента в резьбовое отверстие детали (рис. 7, б); вынуть инструмент и удалить (ударом борodka) технологический поводок резьбовой вставки;

— контроль качества восстановления резьбы с помощью "проходного" и "непроходного" калибра или контрольного болта. При контроле резьбовая вставка не должна вывертываться вместе с калибром (контрольным болтом).

Проходной калибр, завернутый на всю длину вставки, не должен отклоняться более чем на 0,5 мм в любую сторону. Непроходной резьбовой калибр соответствующего размера не должен ввертываться в установленную в деталь вставку. Резьбовая вставка должна утопаться в резьбовом отверстии не менее чем на один виток резьбы. Выступание ее не допускается.

Для выявления нецилиндричности (овальности, конусности) гильзы цилиндра цилиндр измеряют в нескольких поясах по высоте в двух

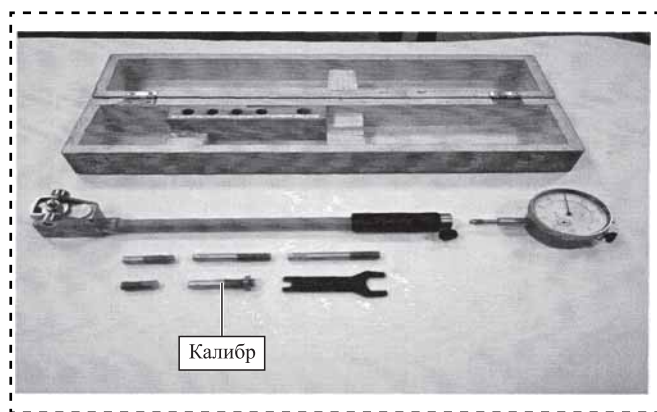


Рис. 8. Тарировка нутромера

взаимно перпендикулярных направлениях с помощью индикаторного нутромера.

Установка нутромера на ноль при измерении диаметра цилиндров проводится с помощью калибра (рис. 8).

Расчет основных показателей ремонтных параметров двигателя

Нецилиндричность (овальность и конусность), мм:

$$H = D_{Ai} - D_{Bi}, \quad (1)$$

где H — овальность;

D_{Ai} — диаметр гильзы, замеренный в i -м поясе в плоскости A ;

D_{Bi} — диаметр гильзы, замеренный в i -м поясе в плоскости B .

Конусность между каждыми двумя поясами: обмер параллельно оси коленчатого вала

$$K_{1-2} = D_1 - D_2; \quad (2)$$

обмер перпендикулярно к оси коленчатого вала

$$K'_{1-2} = D'_1 - D'_2. \quad (3)$$

Индексы 1 и 2 соответствуют поясам, в которых проводили измерения диаметров и между которыми измеряли конусность.

Общая конусность по длине цилиндра

$$K_{1-4} = D_1 - D_4; \quad (4)$$

$$K'_{1-4} = D'_1 - D'_4. \quad (5)$$

Максимальная конусность

$$K_{\max} = D_{\max} - D_{\min}, \quad (6)$$

где D_{\max} и D_{\min} — наибольший и наименьший диаметры, замеренные в данной плоскости.

Общий износ гильзы, мм:

$$\delta_i = D_{i \max} - D_0, \quad (7)$$

где $D_{i \max}$ — наибольший диаметр всех замеренных гильз данного блока, мм;

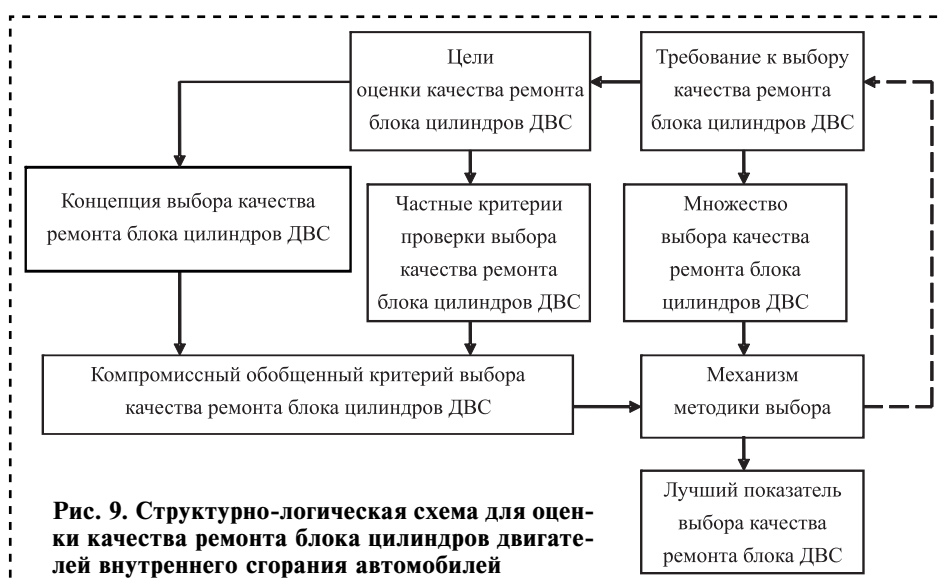


Рис. 9. Структурно-логическая схема для оценки качества ремонта блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей



D_0 — диаметр гильзы начала эксплуатации.

Если $\delta_i > 0,15$ мм, то цилиндры следует расточить под следующий ремонтный размер или провести замену гильз.

На рис. 9 показана структурно-логическая схема оценки качества ремонта блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей.

"Лучшим" по критерию качества ремонта блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей признан критерий ремонта, имеющий максимальное значение показателя по формуле:

$$a_v > a_\mu \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_v) > \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_\mu); \quad (8)$$

$$a_v \sim a_\mu \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_v) = \sum_{i=1}^m \alpha_i K_i(a_\mu),$$

где α_i — коэффициенты, удовлетворяющие, например, условию

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1. \quad (9)$$

Оценить качество ремонта можно с помощью функционала, входящего в интегральный показатель достаточности, и реализованного на ЭВМ ЕС-1841 в виде экспертной программы "Выбор".

Безотказность работы двигателя внутреннего сгорания автомобиля и любого его элемента определяется законом нормального распределения и зависит от двух составляющих — интенсивности λ потока отказов и наработки t .

Библиографический список

1. Мучник И.Б., Ослон А.А. Методы построения интегрального показателя (обзор) // Автоматика и Телемеханика. 1984. № 10. С. 5—23.

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

Иванов А.А., Кретинин О.В. Сборка герметизированных контактов

Дубовик Е.А. Повышение контроля качества изготовления резьб на трубах для нефтяной промышленности

Задорина Н.А., Непомилуев В.В. Обеспечение качества сборки высокоточных изделий на основе метода индивидуального подбора деталей

Щедрин А.В., Алешин В.Ф., Игнаткин И.Ю., Бугаев А.М., Чихачёва Н.Ю. Технологические машины трения для синтеза смазочных материалов, используемых при механической и комбинированной обработке

Эрлих Б.М. Задача активного воздействия на вынужденные колебания машин и механизмов с учетом нелинейностей пассивных сил

Лапшин В.П., Христофорова В.В., Халина Е.В. Моделирование динамики вибрационных движений индентора при выполнении операции выглаживания с учетом влияния термодинамической подсистемы

Розинов А.Я. Технические решения вибробезопасности холодной клепки выполняемого судоремонта

Самаркина Е.И., Самаркин А.И., Дмитриева С.И., Евгеньева Е.А. Особенности многопользовательской работы с большими сборками на примере системы Onshape

Борискин О.И., Анисимова М.А., Нуждин Г.А. Подготовка специалистов по метрологии в машиностроении



Е.Б. Волков, канд. техн. наук, С.В. Ситдикова
(Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург)
E-mail: gmf.tm@m.ursmu.ru

Определение износостойкости сит вибрационных грохотов на основе динамической модели движения частиц горных пород

Проанализирован один из важнейших показателей работы наклонного вибрационного грохота — эффективность разделения горных пород по классам крупности, на которую влияет множество факторов: угол наклона рабочего органа, форма отверстий сита, высота подачи материала и др., определяющих вероятность прохождения частиц сквозь решетку грохота. Предложена модель для подбора рациональных режимных и конструктивных параметров установки, соответствующих заданному критерию эффективности и износостойкости.

One of the most important indicators of the inclined vibrating screen is analyzed — the efficiency of separating rocks by size classes which is influenced by many different factors: the angle of inclination of the working body, the shape of the sieve holes, the height of the material supply, etc, these factors determine the probability of passage of particles through the screen lattice. A model is proposed for the selection rational operating and design parameters of the installation, corresponding to the specified criterion of efficiency and wear resistance.

Ключевые слова: грохот, математическая модель, уравнения движения, эффективность грохочения, вероятность просеивания, износостойкость сита.

Keywords: screen, mathematical model, equations of motion, screening efficiency, screening probability, wear resistance of sieves.

Цель работы — определить зависимость теоретической эффективности грохочения от числа ударов частиц горных пород о прутья решетки грохота (может определяться как вероятность прохождения частиц сквозь эту решетку). Показать, что необходимое число ударов частиц связано с кинематическими параметрами движения этих частиц на поверхности грохота и ограничено его длиной. Применить энергетический подход к определению износостойкости сит, основанный на динамической модели движения частиц.

В практике обогащения твердых сыпучих полезных ископаемых наиболее широкое применение находят наклонные вибрационные грохоты. Один из наиболее важных показателей работы грохота — его эффективность, которая при правильно подобранных параметрах составляет 97 % [1]. Для достижения таких результатов необходимы серьезные затраты, так как эффективность грохочения в большинстве случаев определяется опытным путем, а те-

оретические методики ее определения являются приближенными.

На эффективность работы грохота влияет множество различных факторов, таких как угол наклона рабочего органа, форма отверстий сита, высота подачи материала и других, определяющих вероятность прохождения частиц сквозь решетку грохота. Установлено, что процесс классификации горных пород по крупности носит вероятностный характер.

Большинство работ по определению вероятности просеивания проведено с идеализированной частицей, имеющей сферическую форму, которая просеивалась через сита с квадратными отверстиями [2].

Конструктивное исполнение просеивающей поверхности грохота влияет на вероятность прохождения частиц сквозь нее.

Просеивающие поверхности характеризуются коэффициентом живого сечения L , равным отношению площади отверстий



сетки в свету к ее общей площади, выраженным в процентах или в долях единицы [3].

Если бы рудные частицы бросали на решетку грохота по одной, то наилучшим расположением плоскости решетки для мелких частиц было бы горизонтальное, так как площадь "живого сечения" ячейки в данном случае максимальная, а потому вероятность прохождения мелкой частицы через ячейку наибольшая.

При увеличении угла наклона сита уменьшается кажущийся размер отверстий сита, равный проекции действительного отверстия на горизонтальную плоскость

$$d_k = d \cos \alpha, \quad (1)$$

где d_k — кажущийся размер отверстий сита, мм;

d — действительный размер отверстий сита, мм;

α — угол наклона сита к горизонту.

Теоретически эффективность грохочения определяют как вероятность прохождения частиц сквозь решетку грохота. Эта величина зависит от числа ударов частиц о решетку грохота перед их просеиванием. При однократном прохождении частиц сквозь решетку грохота вероятность их прохождения

$$\varepsilon_1 = L \cos \varphi, \quad (2)$$

где φ — угол наклона рабочей поверхности грохота.

Часть материала, количественно равная $(1 - L)$, отразится от прутков решетки и вновь упадет на сетку. Из этой части пройдет сквозь сетку:

$$\varepsilon_2 = (1 - L)L \cos \varphi, \quad (3)$$

а часть $(1 - L)^2$ отразится.

В результате суммарная вероятность прохождения частиц сквозь решетку грохота:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_{n-1} = \\ &= (L + (1 - L)L + (1 - L)^2 L + \dots + \\ &\quad + (1 - L)^{n-1} L) \cos \varphi. \end{aligned} \quad (4)$$

Выражение (4) может быть преобразовано по формуле суммы геометрической прогрессии к следующему виду:

$$\varepsilon = (1 - (1 - L)^n) \cos \varphi. \quad (5)$$

В зависимости от числа ударов о сетку теоретическая эффективность грохочения увеличивается и в пределе стремится к 100 %.

Рассмотрим пример определения теоретической эффективности сита, коэффициент живого сечения которого равен 66 %. Эта эффективность для данного сита при угле его наклона 20° рассчитана по формуле (5), и на основе полученных результатов построен график зависимости теоретической эффективности от числа ударов (рис. 1).

Теоретическая эффективность растет от удара к удару и стремится к 100 %. Очевидно, что чем больше ударов совершит частица, тем выше будет вероятность ее просеивания.

Таким образом, необходимо так подобрать конструктивные и режимные параметры грохота с учетом упругих и фрикционных характеристик горных пород [4], чтобы число возможных ударов о плоскость сетки было как можно больше. С другой стороны, вследствие многократного чередования ударов частиц горных пород о сито грохота оно подвергается интенсивному изнашиванию. Небольшой срок службы сит приводит к значительным затратам. Подверженное износу сито не способно обеспечить качественную классификацию грохотимого материала по крупности [5].

Срок службы металлических проволочных сит сравнительно невелик и составляет от 5 до 40 дней. Однако металлические сита отличаются большей производительностью за счет большей площади живого сечения.

Поэтому чрезвычайно важным является вопрос подбора рациональных режимных и конструктивных параметров установки, соот-

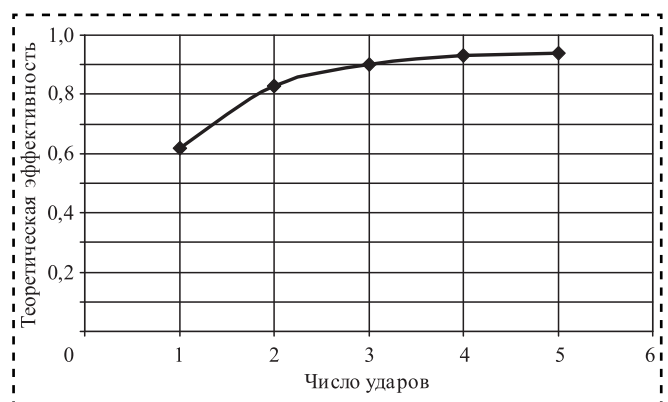


Рис. 1. Зависимость теоретической эффективности от числа ударов

ветствующих заданному критерию эффективности и износостойкости.

Для определения необходимого числа ударов частиц требуется установить кинематические параметры движения частиц на длине рабочей поверхности грохота.

При попадании рудных частиц в рабочее пространство грохота возможны два варианта развития событий: удар частицы о прутки сетки; просеивание сквозь ячейки сетки.

Для исследования влияния входных параметров установки (угла наклона рабочей поверхности φ и высоты подачи материала h) составлена математическая модель, включающая уравнения свободного полета частиц и их удара о наклонную плоскость [6]. Частицы падают на поверхность грохота вертикально, поэтому в момент соприкосновения с наклонной плоскостью вектор скорости падения V_0 составляет угол φ с нормалью к этой плоскости.

Скорость после удара U_i и угол отражения β_i при i -м произвольном ударе находим из системы уравнений, определяющих коэффициент восстановления и коэффициент трения при ударе [7], а также из уравнений теоремы об изменении количества движения:

$$\begin{cases} mU_i \cos \beta_i + mV_i \cos \alpha_i = S_N; \\ mU_i \sin \beta_i - mV_i \sin \alpha_i = -S_{тр}, \end{cases} \quad (6)$$

где m — масса частицы, кг;

U_i — скорость после i -го удара, м/с;

β_i — угол отражения при i -м ударе, °;

V_i — скорость перед ударом, м/с;

α_i — угол падения при произвольном ударе, °;

S_N — импульс нормальной реакции при ударе, $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$;

$S_{тр}$ — импульс силы трения, $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

Угол отражения

$$\beta_i = \arctg \left[\frac{1}{k} (\tg \alpha - f) - f \right], \quad (7)$$

где f — коэффициент трения при ударе;

k — коэффициент восстановления.

Скорость после удара может быть определена по формуле:

$$U_i = \frac{V_i}{\sin \beta_i} [\sin \alpha_i - f(1+k) \cos \alpha_i]. \quad (8)$$

После отражения частицы от поверхности грохота происходит ее свободный полет (рис. 2).

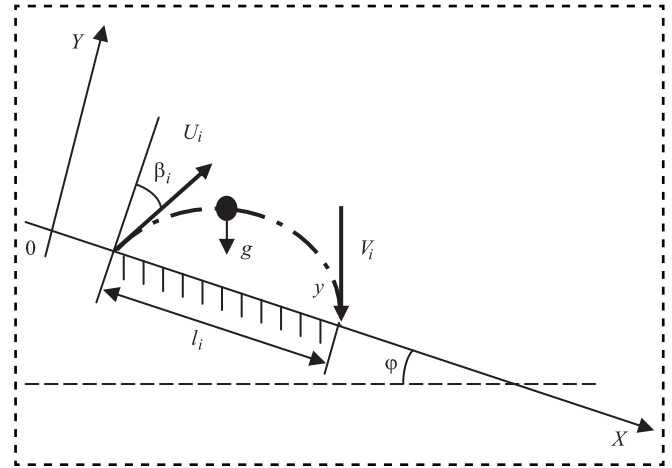


Рис. 2. Расчетная схема движения частиц по наклонной плоскости

Если пренебречь силами сопротивления движению частицы, то уравнения ее движения в свободном полете получим из соотношений кинематики равнопеременного движения. Так как $a_x = g \sin \varphi$, $a_y = -g \cos \varphi$, то в системе координат, связанной с поверхностью грохота, эти уравнения имеют вид

$$\begin{cases} x = x_i + U_i \sin \beta_i t + \frac{1}{2} g \sin \varphi t^2; \\ y = U_i \cos \beta_i t - \frac{1}{2} g \cos \varphi t^2, \end{cases} \quad (9)$$

где x_i — координата положения частицы на наклонной плоскости, м;

t — текущее время, с.

Из второго уравнения системы (9) при условии, что $y = 0$, выразим текущее время

$$t = \frac{2U_i \cos \beta_i}{g \cos \varphi}. \quad (10)$$

Дальность полета l_i вдоль поверхности грохота до следующего удара находим, исключив из системы уравнений (9) параметр текущего времени

$$l_i = \frac{2U_i^2 \cos \beta_i}{g \cos \alpha} (\sin \beta_i + \tg \varphi \cos \beta_i). \quad (11)$$

Проекция скорости частицы в момент следующего удара находим дифференцированием уравнений (9), в которых t определяется из уравнения (10):

$$\begin{cases} V_x = U_i \sin \beta_i + g \sin \varphi t; \\ V_y = U_i \cos \beta_i - g \cos \varphi t. \end{cases} \quad (12)$$

Тогда скорость падения

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}. \quad (13)$$

Угол падения при этом составит

$$\alpha_{i+1} = \arctg \frac{V_x}{V_y}. \quad (14)$$

По данным кинематическим параметрам, учитывающим не только входные и режимные параметры, но и фрикционные и упругие характеристики горных пород, достаточно точно можно спрогнозировать количество их отражений, тем самым определив вероятность прохождения этих частиц сквозь сито грохота. Угол падения частицы не должен превышать некоторого критического (рис. 3).

Критический угол α_n можно определить по формуле:

$$\alpha_n = \arccos \left(\frac{D+d}{\Delta L+d} \right), \quad (15)$$

где D — диаметр частицы, м;

d — диаметр прута решетки, м;

ΔL — ширина щели решетки грохота, м.

На основе предложенной математической модели довольно точно можно спрогнозировать число ударов о рабочую поверхность грохота при режимных и конструктивных параметрах, соответствующих максимальной эффективности грохочения.

Вследствие многократного чередования ударов частиц о сито грохота оно подвергается интенсивному изнашиванию, для описания

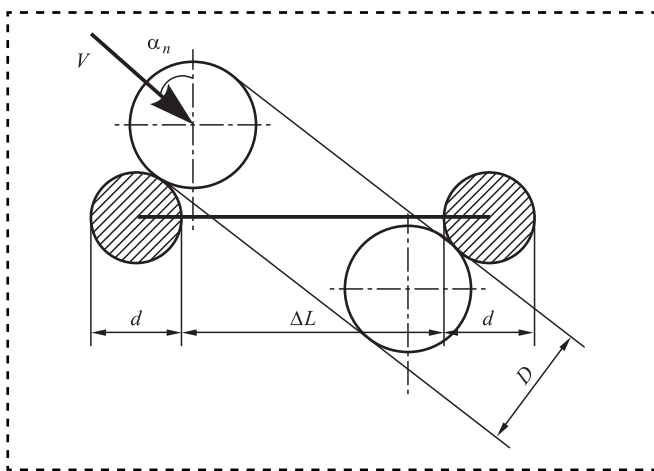


Рис. 3. Схема прохождения частицы сквозь решетку грохота

которого наиболее удобно и целесообразно использовать энергетический подход [5, 8].

В момент удара частицы скорость ее убывает до нуля. Частица при этом деформируется, и вся ее начальная кинетическая энергия $\frac{mV_i^2}{2}$ переходит во внутреннюю потенциальную энергию деформации [9]. Частица под действием внутренних сил упругости восстанавливает свою форму, при этом ее внутренняя потенциальная энергия переходит в энергию движения $\frac{mU_i^2}{2}$. Рассчитаем потерю

энергии в момент удара частицы о сито грохота для усредненных значений $k = 0,47$; $f = 0,09$ (удар о стальную поверхность). Исходные данные: частица массой $m = 2$ г свободно отпущена с высоты 0,3 м; угол наклона решетки грохота составлял 20° . Данные параметры для усредненных значений упругих и фрикционных характеристик соответствуют максимальной эффективности грохочения. Потеря энергии в момент удара $3,02 \cdot 10^{-3}$ Дж, что составляет более 50 % кинетической энергии. Имеет место косой удар, поэтому часть этой энергии расходуется не только на сообщение частице остаточных деформаций и нагревание, но и на работу мгновенного трения — импульса трения, которое приводит к разрушению поверхностного слоя сита в пятне контакта. Работа импульса трения:

$$A(S_{\text{тр}}) = \frac{S_{\text{тр}}^2}{2m} = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}. \quad (16)$$

Энергия, затраченная на работу импульса трения, на два порядка меньше энергии всего удара. Если речь идет об ударе одной частицы, этой энергией можно пренебречь. Процесс классификации материала по крупности представляет собой многократное чередование ударов массы таких частиц, подающихся на сито с некоторой высотой h , поэтому чрезвычайно важно подобрать режимные и конструктивные параметры, чтобы они соответствовали не только заданному критерию эффективности, но и критерию износостойкости.



Заключение

Сформулирован новый подход к определению интенсивности изнашивания сит грохотов на основе динамического анализа движения частиц.

Установлена взаимосвязь конструктивных и режимных параметров грохота с числом возможных ударов о решетку грохота. Для исследования влияния входных параметров установки с учетом упругих и фрикционных характеристик горных пород составлена математическая модель, включающая уравнения свободного полета частиц и их удара о наклонную плоскость. Для определения теоретической эффективности классификации горных пород по крупности необходимо на основе представленной математической модели, учитывающей не только входные и режимные параметры грохота, но и фрикционные и упругие характеристики горных пород, спрогнозировать число ударов частиц, тем самым определив вероятность их прохождения сквозь сито грохота. Доказано, что определение необходимого числа ударов частиц сводится к определению кинематических параметров движения частиц на поверхности грохота в пределах длины рабочей поверхности. Определена энергия частицы в момент удара, которая расходуется не только на сообщение частице остаточных деформаций и нагревание, но и на работу мгновенного трения — импульса трения, т.е. на разрушение поверхностного слоя сита в пятне контакта.

Вывод

Получено новое решение актуальной научно-практической задачи повышения эффектив-

ности работы вибрационных грохотов на основе выбора рациональных значений их режимных и конструктивных параметров, соответствующих не только критерию эффективности, но и критерию износостойкости.

Библиографический список

1. **Справочник** по обогащению руд. Подготовительные процессы / под ред. О.С. Богданова. М.: Недра, 1982. 365 с.
2. **Юдин А.В., Мальцев В.А., Косолапов А.Н.** Тяжелые вибрационные питатели и питатели-грохоты для горных перегрузочных систем. Екатеринбург: УГГА, 2009. 402 с.
3. **Харламов В.С., Николаенко В.П.** Обогащение руд черных металлов. М.: Недра, 1965. 239 с.
4. **Методика** определения упругих и фрикционных характеристик сыпучих материалов / В.Я. Потапов и др. // Известия вузов. Горный журнал. 1998. № 5—6. С. 103.
5. **Серeda Е.А.** Разработка метода повышения износостойкости резиновых сит грохотов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04. Ставрополь: Дон. гос. техн. ун-т. 2011. 162 с.
6. **Ляпцев С.А., Волков Е.Б.** Анализ эффективности процесса разделения горных пород на пассивном грохоте // Материалы Всероссийской научно-технической конференции "Математическое моделирование механических явлений". Екатеринбург: УГГУ, 2013. С. 22—25.
7. **Вебер Г.Э., Ляпцев С.А.** Дополнительные главы механики для горных инженеров. Свердловск: УрГУ, 1989. 292 с.
8. **Ибатуллин И.Д.** Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. 387 с.
9. **Тарг С.М.** Краткий курс теоретической механики: учебник. М.: Высшая школа, 2009. 416 с.



М.И. Мамасалиева (*Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, Узбекистан*)
E-mail: m_mamasaliyeva@mail.ru

Состояние и перспективы рационального использования и снижения потерь топлива и смазочных материалов Республики Узбекистан

Проанализирована проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов Республики Узбекистан.

The problem of rational use of fuel and energy resources of the Republic of Uzbekistan is analyzed.

Ключевые слова: смазочные материалы, топливо, производство, продукция, энергоресурсы, энергоэффективность, энергосбережение.

Keywords: lubricants, fuel, production, products, energy, energy efficiency, energy saving.

В данное время Узбекистан является неотъемлемой составной частью международного сообщества и глобального финансово-экономического рынка.

Машиностроение — ведущая отрасль промышленности, ее "сердцевина". Продукция предприятий машиностроения играет решающую роль в реализации достижений научно-технического прогресса во всех областях народного хозяйства [1]. Структуры автомобильного парка Республики Узбекистан и индустриально развитых стран существенно различаются. В структуре автомобильного парка Узбекистана доля грузовых автомобилей и автобусов в несколько раз выше по сравнению со структурой США, зато число легковых автомобилей в структуре парка США в 5,2 раза больше. Поэтому повышение топливной экономичности в первую очередь имеет большое значение для грузовых автомобилей, удельный вес которых в энергетическом балансе отрасли и доля потребляемого ими топлива значительны.

Увеличение доли большегрузных автомобилей с дизельными двигателями, например автомобилей семейства КамАЗ, способствовало росту производительности труда на автомобильном транспорте на 15...20 % и повышению эффективности транспортного процесса в целом. Перевод грузовых автомобилей средней грузоподъемности на дизельное топливо еще больше улучшит эти показатели.

Доля бензина, потребляемого автомобилями индивидуальных владельцев, составляет суще-

ственную часть от общего количества, производимого в стране. Тенденция роста автомобильного парка личного пользования свидетельствует о том, что эта доля уже в самое ближайшее время увеличится в 2—3 раза и приведет к дополнительной напряженности в обеспечении народного хозяйства топливно-энергетическими ресурсами.

Автомобильный транспорт относится к одной из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства. На его долю приходится 7,2 % энергоресурсов страны [5], или 24,6 % жидкого топлива нефтяного происхождения, а в ближайшей перспективе относительное потребление нефтепродуктов на автомобильном транспорте еще более возрастет.

Наиболее полное представление об эффективности использования топлива на автомобильном транспорте дает удельный расход топлива на единицу транспортной работы или перевозку одного пассажира. Средний удельный расход топлива на единицу транспортной работы по всем видам грузовых перевозок автомобилями с бензиновыми двигателями на транспорте общего пользования сегодня составляет 85 г/км, а с дизельными двигателями — 44 г/км. Удельный расход топлива по пассажирским перевозкам для автобусов с бензиновыми двигателями достиг 14,7 г/км, а с дизельными двигателями — 10,8 г/км; при таксомоторных перевозках — 135 г/км. Уменьшение расхода топлива — многоплановая задача, связанная с дальнейшим совершенствованием конструкции и техноло-

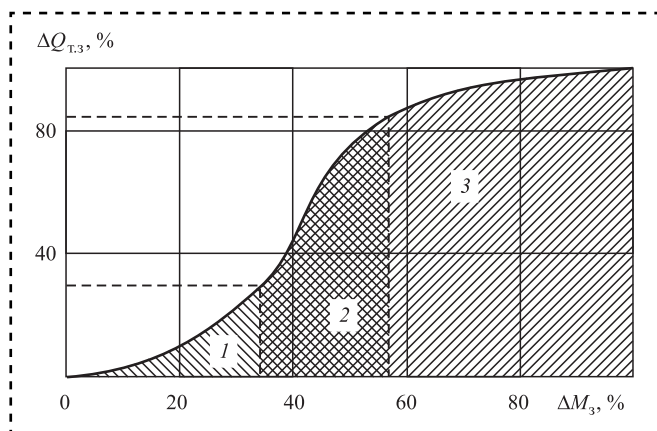


График зависимости топливной экономичности транспортных средств от удельных затрат:

1 — технологическая зависимость; 2 — эксплуатационная; 3 — конструктивная

гии производства автомобильного транспорта Республики Узбекистан.

В настоящее время развитие страны идет по пути планомерного уменьшения потребления топлива на автомобильном транспорте при одновременном снижении загрязнения окружающей среды.

Значительный ущерб наносят не только потери топлива при хранении, приемке, заправке, но и перерасходы при эксплуатации транспорта. Большинство неисправностей при работе машин вызывает падение мощности, что приводит к перерасходу топлива. При одной только неработающей свече расход топлива увеличивается на 15...20 %, если засорен воздухоочиститель — до 6 %.

Наименьшие износ деталей и расход топлива обычно наблюдаются при температуре охлаждающей жидкости 85...90 °С. При снижении температуры на 20 °С в результате ухудшения процесса сгорания расход бензина увеличивается на 10 %, при низком тепловом режиме (30...40 °С) перерасход достигает 40 %. Для поддержания теплового режима необходимо следить за состоянием системы охлаждения двигателя, так как, например, при толщине накипи 1 мм расход топлива возрастает примерно на 8 %.

Экономичность работы двигателей тесно связана с уровнем бензина в поплавковой камере, герметичностью клапанов, правильностью установки угла опережения зажигания. Большое значение имеет регулировка распределительного механизма: слишком раннее или позднее открытие клапанов вызывает падение мощности и увеличение расхода топлива.

На экономию бензина влияет также состояние трансмиссии и ходовой части: исправность тормозов; хороший накат автомобиля; сходимость; натяжка подшипников; давление в шинах. Перерасход топлива возникает и при плохо отрегулированном сцеплении (полностью не включается или буксует). За счет регулировок агрегатов автомобиля, влияющих на легкость его хода, расход топлива можно снизить примерно на 10 %.

Существенный источник экономии топлива — более полное использование мощности автомобиля, рациональная организация эксплуатации автомобильного транспорта. Многие зависит от опыта водителей. В одинаковых условиях водители высокой квалификации расходуют на 20...30 % меньше топлива. Трогать автомобиль с места следует плавно, при малой подаче топлива, не задерживаясь на промежуточных передачах. Нельзя пользоваться воздушной заслонкой при прогревом двигателя. Нужно правильно использовать накат автомобиля при условии обеспечения безопасности движения.

Автомобиль должен работать с наибольшей нагрузкой без холостых переездов. Перспективно использование прицепов и автопоездов: расход бензина снижается на 25...30 %. Значительно повышается эффективность использования машин при бестарной перевозке грузов (мука, зерно, удобрения, ядохимикаты и т.д.) специализированным автотранспортом. Большое значение имеют выбор машин, их подготовка для перевозки тех или иных материалов, составление схемы движения, обеспечение согласованной работы с комбайнами, проведение своевременного технического обслуживания, широкое распространение опыта передовых водителей [4].

Потери бензина, как и других нефтепродуктов, можно разделить на три группы: количественные, качественные и смешанные. Бензин — легкоподвижная жидкость, просачивающаяся даже через мельчайшие микротрещины и поры в сварных швах, в стыках трубопроводов с резервуарами, в топливных баках, соединительных муфтах и т.д. Капельные течи в кранах, сальниках, фланцах приводят к значительной потере топлива. Для ликвидации потерь необходимы своевременные техническое обслуживание и ремонт резервуарного парка, использование новых материалов, правильная организация заправки (только механизированными средствами) и сливно-наливных работ.

Значительный ущерб может нанести ухудшение качества бензина — качественные потери. Бензин нередко перевозят в тех же автомобильных цистернах, в которых транспортируют дизельное топливо. В емкости после слива всегда остается около 30...40 кг топлива, которое при последующем заполнении смешивается с новым продуктом. Так в бензин попадает дизельное топливо, при этом увеличивается количество смол, повышается температура конца кипения (рост интенсивности изнашивания двигателя и расхода топлива). Исключить смешение топлива можно при использовании централизованной доставки нефтепродуктов, когда транспортные средства используют для перевозки одноименных продуктов.

К качественным потерям относится ухудшение свойств топлива при его окислении в результате соприкосновения с воздухом при перевозке, хранении, сливно-наливных операциях. При этом образуются смолистые вещества, органические кислоты, бензин приобретает желтую, а при глубоком окислении даже светло-коричневую окраску. Использо-



ние такого продукта ведет к повышенному осмолению деталей, нагарообразованию, увеличению коррозионного износа. На скорость окисления основное влияние оказывает температура, поэтому окраска в светлые тона, заглубление резервуаров способствуют сохранению качества топлива. При одинаковых условиях окисление происходит быстрее, если бензин хранят в недостаточно заполненной емкости, особенно, когда на дне есть окалина, вода, осадки и т.д. Поэтому топливо следует хранить в заполненных емкостях, очищать их не реже одного раза в два года, сезонно откачивать отстой.

Значительное ухудшение качества бензина происходит при обводнении и загрязнении механическими примесями (заливка в грязную тару, ветхие шланги, плохо закрытые резервуары, налив открытой струей). При использовании загрязненного бензина забиваются топливные фильтры, жиклеры карбюратора, увеличивается количество отложений во всасывающей системе, камере сгорания. Предотвращение загрязнения возможно только при правильно организованном хранении и заправке.

Особенно характерны для бензина смешанные потери при испарении, когда наряду с потерей легких фракций изменяются и эксплуатационные свойства (снижается октановое число, ухудшается фракционный состав и др.). Испарение бензина происходит при всех операциях (заполнение, хранение, заправка), величина потерь зависит от организации работ, технической оснащенности и состояния оборудования [4].

Значительны потери на испарение от малых и больших "дыханий" резервуаров. В емкости над жидкостью находится смесь воздуха с парами бензина. Днем резервуар нагревается, смесь расширяется и через дыхательные клапаны выходит в атмосферу (малое дыхание). При охлаждении (ночью) в емкость поступает воздух и вновь насыщается парами. При изменении температуры от 15 до 40 °С из резервуара вместимостью 25 м³ в воздух уходит около 2 кг бензина.

При отпуске топлива его количество в емкости уменьшается, а объем паров увеличивается. Если бензин полностью слить, то резервуар будет заполнен только паровоздушной смесью. Когда наливают новую порцию бензина, эта смесь вытесняется в атмосферу (большое дыхание). При закрытом наливке 20 м³ топлива сразу теряется 15...20 кг.

Для снижения потерь от малых и больших дыханий нужно стремиться к возможно большему заполнению емкостей (96...97 % полной вместимости), снижению колебаний температуры (орошение, озеленение), использованию газовой обвязки (пары выходят не в атмосферу, а в специальные емкости), поддержанию дыхательных клапанов в исправном состоянии. Наиболее эффективный способ снижения испарения — хранение бензина в подземных резервуарах, когда суточные колебания температуры отсутствуют или резко уменьшены.

Действующие нормы потерь автомобильного бензина при различных операциях приведены в та-

блице. Реальные потери нередко бывают значительно выше (неисправные резервуары, неработающие дыхательные клапаны). Эффективным способом их снижения является своевременное техническое обслуживание резервуарного парка, использование только механизированной заправки машин [2].

Если содержание фактических смол отвечает требованиям стандарта, то двигатели длительное время работают без повышенного смоло- и нагарообразования. Нередко же при эксплуатации техники содержание смол в топливе значительно выше. На рисунке показано влияние содержания фактических смол на интенсивность накопления отложений во впускном трубопроводе. Аналогична закономерность для всасывающего клапана. Если содержание фактических смол в 2—3 раза больше нормы, то ресурс карбюраторного двигателя снижается на 20...25 %. Кроме этого, при эксплуатации возникают различные неполадки: застревают клапаны, закоксовываются кольца.

Процессы смолообразования зависят также от технического состояния и условий эксплуатации двигателей. Все примеси, которые попадают в двигатель с поступающим для сгорания воздухом, находясь в масле и топливе, а кроме того, продукты износа деталей могут участвовать в образовании отложений. На интенсивность загрязнения существенно влияют количество и чистота воздуха, поступающего для сгорания бензина. В смоло- и нагарообразовании также участвуют выделяющиеся при неполном сгорании топлива тонкодисперсные углеродистые продукты (сажа), которые оседают на горячих деталях двигателя. В составе высокотемпературных отложений, накапливающихся на клапанах и в камере сгорания, содержатся также оксиды свинца, входящего в состав антидетонаторов.

По стандарту в бензине наличие механических примесей не допускается. Однако при транспортировании, хранении, приемно-отпускных операциях топливо обычно загрязняется пылью из окружающего воздуха. Определенное количество примесей почти всегда содержится даже в чистом по внешнему виду топливе. Вместе со смолистыми и нагарообразующими веществами примеси увеличивают интенсивность накопления высокотемпературных отложений. Кроме того, проникающие в двигатель абразивные частицы повышают скорость изнашивания.

Если в топливе содержатся абразивные механические примеси, то резко увеличивается расход бензина, а срок службы топливоподающей аппаратуры в зависимости от загрязненности сокращается в 2—3 раза. Механические примеси проникают в зазоры между поршневыми кольцами и гильзой цилиндра, вызывая их повышенный износ. Увеличение интенсивности изнашивания ведет к падению мощности, ухудшению экономичности, преждевременному выходу двигателя из строя.

Проблема рационального использования топливно-энергетических ресурсов — многоаспектная и многокомпонентная, охватывающая практи-



Нормы естественных потерь автомобильных бензинов Республики Узбекистан

| Операция | Северные области | | Южные области | |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Осенне-зимний | Весенне-летний | Осенне-зимний | Весенне-летний |
| Прием принятого количества в резервуары, кг/т: наземные, вместимостью до 400 м ³ то же с понтоном | 0,32 0,20 | 0,53 0,42 | 0,35 0,22 | 0,59 0,43 |
| Хранение, в резервуарах, кг на 1 т хранимого продукта: наземных, вместимостью до 400 м ³ : до 1 месяца более 1 месяца то же с понтоном: до 1 месяца более 1 месяца | 0,50 0,29 0,08 0,05 | 1,49 0,86 0,37 0,20 | 0,51 0,30 0,09 0,05 | 1,69 0,90 0,40 0,20 |
| Отпуск в цистерны, кг на 1 т отпущенного количества: железнодорожные автомобильные | 0,13 0,10 | 0,21 0,20 | 0,14 0,11 | 0,22 0,20 |
| Естественная убыль на заправочных станциях и пунктах заправки с резервуарами, кг на 1 т принятого количества: наземными заглубленными | 0,74 0,49 | 1,25 0,68 | 1,80 0,56 | 1,16 0,70 |

чески все сферы человеческой деятельности, а потому не имеет однозначного решения. В каждой конкретной компоненте усматриваются самостоятельные пути реализации.

Совершенствование мобильной энергетики влечет за собой кардинальное изменение почти миллиардного парка энергетических средств. Следовательно, мировая экономика будет всячески стремиться отдалить неизбежный процесс конверсии энергетики, а это означает обострение проблемы рационального использования топливно-энергетических ресурсов.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов включает в себя аспекты производственной и технической эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП), вопросы транспортирования топливосмазочных материалов (ТСМ), их хранения и заправки. На каждом этапе жизненного цикла машин имеются резервы экономии или сокращения потерь ТСМ.

Рост удельного веса иностранной техники приводит к расширению необходимого ассортимента ТСМ и увеличению разномарочности МТП, а это в свою очередь вносит существенную коррекцию в планирование объемов и количества емкостей нефтехранилищ.

Библиографический список

1. **Повышение** эффективности использования смазочных масел / У.Т. Искандаров и др. Ташкент: ФАН, 2004. 111 с.
2. **Кузнецов Е.С.** Техническая эксплуатация автомобилей: учебник. М.: Наука, 2004. 535 с.
3. **Аллилуев В.А.** Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Агропромиздат. 1991. 367 с.
4. **Качество** моторного масла и надежность двигателей / М.А. Григорьев и др. М.: Издательство стандартов, 1981. 216 с.
5. **Искандаров У.Т.** Об одном методе определения потребности в топливе // Вестник ТГТУ. 2005. № 4.

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: sboraka@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 10.12.2019. Подписано в печать 02.03.2020. Формат 60 × 88 1/8.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Авансед солюшнз". Сайт: www.aov.ru

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