ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СБОРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

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

2 2011 (127)

СОДЕРЖАНИЕ

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Даньков А.М., Иоффе А.З. Балансировка деталей планетарной плавнорегулируемой передачи для трансмиссий транспортных средств 3

Березин С.Я., Курбатова Л.С. Технико-экономический анализ вспомогательной оснастки для сборочных и резьбообразущих операций 9

Осипов К.Н. Выбор параметров для оценки технического состояния ДВС 15

Матросова Ю.Н. Устройство автоматизированного неразрушающего контроля физико-механических свойств изделий из пористых материалов перед сборкой 22

Шишкарев М.П. Определение эксплуатационных характеристик предохранительных пружинно-кулачковых муфт 25

Сборочно-сварочные работы. Пайка

Карабанов В.В., Бохоров И.О. Пайка в газовых средах 30

Подготовка специалистов

Подлеснов В.Н., Андросюк Е.Р., Кристаль М.Г. Формирование профессиональных компетенций у выпускников вузов 37

Информация

Иванов А.Н. Металлообработка-2010 41

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу “Роспечать” – **79748**, Объединенному каталогу “Пресса России” – **84967**, каталогу "Почта России" – **60257**) или непосредственно в издательстве
Тел.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.
E-mail: sborka@mashin.ru; tsmm@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.
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Председатель редакционного совета
Ф.М. МИТЕНКОВ, *академик РАН*

Редакционный совет

МОСКВА
А.С. ВАСИЛЬЕВ (главный редактор)
А.А. ГУСЕВ
М.В. ВАРТАНОВ
А.М. ДАЛЬСКИЙ
И.Н. ЗИНИНА
Ю.Л. ИВАНОВ
Ю.Г. КОЗЫРЕВ
А.И. КУМЕНКО
А.В. МЕДАРЬ
Е.А. МИКРИН
Ю.Ф. НАЗАРОВ
В.В. ПОРОШИН
Б.В. ШАНДРОВ
А.А. ШАТИЛОВ
А.Г. ХОЛОДКОВА
Г.А. ЯРКОВ

Региональные редсоветы

БЕЛГОРОД
Н.А. ПЕЛИПЕНКО
БРЯНСК
О.А. ГОРЛЕНКО
ВЛАДИВОСТОК
Ю.Н. КУЛЬЧИН
А.А. СУПОНЯ
В.М. КОРНИЕНКО
ВОЛГОГРАД
В.Г. КАРАБАНЬ
М.Г. КРИСТАЛЬ
В.И. ЛЫСАК
В.М. ТРУХАНОВ
ИЖЕВСК
И.В. АБРАМОВ
Б.А. ЯКИМОВИЧ
В.Г. ОСЕТРОВ
И.К. ПИЧУГИН
КАЗАНЬ
Р.И. АДГАМОВ
КОВРОВ
Ю.З. ЖИТНИКОВ
КОЛОМНА
Ю.Д. АМИРОВ
КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ
Б.Н. МАРЬИН
В.И. ШПОРТ
А.М. ШПИЛЕВ
НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ
С.В. ДМИТРИЕВ
Р.М. ХИСАМУТДИНОВ
НИЖНИЙ НОВГОРОД
С.В. ГОЛУБЕВ
ОМСК
В.Н. КОСТЮКОВ
ОРЕЛ
Ю.С. СТЕПАНОВ
Г.А. ХАРЛАМОВ
ОРЕНБУРГ
А.Н. ПОЛЯКОВ
А.И. СЕРДЮК
А.П. ФОТ
РЫБИНСК
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
В.В. НЕПОМИЛУЕВ
А.Н. СЕМЕНОВ
САМАРА
М.А. ЕВДОКИМОВ
Ю.А. ВАШУКОВ
Г.А. КУЛАКОВ
В.А. НИКОЛАЕВ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
В.Ф. КУЗЬМИН
Е.В. ШАЛОБАЕВ
ТОЛЬЯТТИ
А.И. РЫЖКОВ
Б.Ф. ХАЗОВ
ТУЛА
В.В. ПРЕЙС
ХАБАРОВСК
В.А. ЛАШКО

Украина
КИЕВ
А.С. ЗЕНКИН
В.А. МАТВИЕНКО
ДОНЕЦК
А.Н. МИХАЙЛОВ
СЕВАСТОПОЛЬ
Е.Л. ПЕРВУХИНА

Беларусь
МИНСК
В.Л. БАСИНЮК
ГОМЕЛЬ
В.Е. СТАРЖИНСКИЙ
ПОЛОЦК
М.Л. ХЕЙФЕЦ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:
Л.Д. ПАРШЕНКОВА, И.М. ГЛИКМАН

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

© Издательство “Машиностроение”, “Сборка в машиностроении, приборостроении”, 2011

THE MONTHLY NEWSMAGAZINE FOR SCIENTISTS AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

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

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

2 2011 (127)

CONTENTS

Quality assurance. Testing. Monitoring

Dankov A.M., Ioffe A.Z. Balancing of details of planetary continuously adjustable transmission for transmissions of vehicles . . . 3

Berezin S.J., Kurbatova L.S. The technical and economic analysis of auxiliary equipment for assembly and of screwing-forming operations . . . 9

Osipov C.N. Selection of parameters for ice technical state estimation . . . 15

Matrossova Yu.N. Automatic device for the automated not destroying control of physical and mechanical properties of products executed from porous materials before assembly . . . 22

Shishkarev M.P. Definition of operating performances of safety spring shifting sleeves . . . 25

Assembly welding works. Solder

Karabanov V.V., Bohorov I.O. The soldering in gas environments . . . 30

Preparation of experts

Podlesnov V.N., Androsyuk E.R., Kristal M.G. The formation of University graduates professional competences . . . 37

Information

Ivanov A.N. Metalworking-2010 . . . 41

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

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

Editors

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

Regional editors

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

Ukraine
KIEV
ZENKIN A.S.
MATVIENKO V.A.
DONETSK
MIKHAILOV A.N.
SEVASTOPOL
PERVUKHINA E.L.

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

Executive editors of current issue:
PARSHENKOVA L.D., GLIKMAN I.M.

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

© "Mashinostroenie Publishers", "Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making", 2011

УДК 621.833.01

А.М. Даньков, *д-р техн. наук, доцент,* **А.З. Иоффе,**
аспирант (Белорусско-Российский университет, г. Могилёв)
E-mail: amdan@yandex.ru

Балансировка деталей планетарной плавнорегулируемой передачи для трансмиссий транспортных средств

Приведен алгоритм определения масс, расположенных в двух плоскостях коррекции основного и дополнительного противовесов, с помощью которых достигается динамическая балансировка сателлита. Выполнен анализ влияния на величину масс противовесов их соотношения и изменений радиусов центров, а также изменений осевого положения плоскостей коррекции. Показано, что уравновешивание обоймы вспомогательной планетарной передачи для съема вращения с сателлита достигается статической балансировкой.

The algorithm of definition of masses disposed in two planes of correction of the basic and additional balancers with which help dynamic balancing of the satellite is reached is reduced. The analysis of influence on magnitude of masses of balancers of a ratio and changes of radiuses of the centres of their masses, and also changes of an axial rule of planes of correction is made. It is displayed that the balancing of a cartridge clip of auxiliary planetary transmission for pick up of rotation from the satellite is reached by static balancing.

Ключевые слова: балансировка, противовес, сателлит, планетарная передача.

Key words: balancing, counterbalance, the satellite, planetary transfer.

Несбалансированные массы, особенно при высоких частотах вращения, вызывают в машинах и механизмах сложные динамические процессы даже при установившихся режимах работы. При этом в машине появляются вибрации, которые сокращают срок ее службы, разрушают подшипники и несущие конструкции. Кроме того, динамические процессы вызывают чрезмерные нагрузки и прогрессирующие усталостные явления в элементах конструкции, способные привести к аварии.

Уменьшение неуравновешенности деталей до допустимых пределов обеспечивается балансировкой деталей, выполняемой перед их сборкой. Назначение балансировки – устранить несовпадение оси вращения детали с главной центральной осью инерции, которое может быть результатом погрешностей изготовления детали либо ее конструктивных особенностей и приводит к появлению нескомпенсированных центробежных сил и моментов.

Требуемая степень совмещения указанных осей при балансировке в подавляющем большинстве случаев достигается установкой уравновешивающих масс на детали или удалением избыточных (неуравновешенных) масс. Выбор необходимого числа плоскостей корректировки определяется видом балансировки. В зависимости от взаимного расположения главной центральной оси инерции, оси вращения и геометрической оси изделия различают статическую и динамическую балансировку.

Статическая балансировка применяется при параллельном смещении главной центральной оси инерции относительно оси вращения и сводится к компенсации центробежной силы, вызываемой несбалансированной массой при вращении, осуществляемой установкой компенсирующего груза в одной плоскости коррекции.

Динамическую балансировку применяют при угловом смещении главной центральной оси инерции относительно оси вращения. В этом случае динамическая неуравновешенность является следствием центробежного момента и может быть компенсирована установкой грузов в двух плоскостях коррекции, соз-

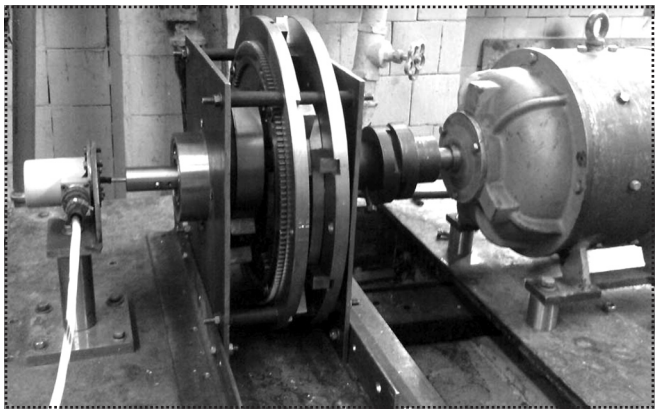


Рис. 1. Планетарная плавнорегулируемая зубчатая передача на испытательном стенде

дающих компенсирующую пару центробежных сил. По литературным данным балансировка деталей автомобиля увеличивает срок его службы на 25...100 % и повышает полезную мощность на 10 %.

Центральным в теории балансировки является понятие дисбаланса

$$D = mr,$$

где m – неуравновешенная масса, г;

r – расстояние от оси вращения до неуравновешенной массы, мм, вводимое потому, что использовать при балансировке силу инерции, являющуюся причиной вибрации, неудобно, так как она зависит от квадрата частоты вращения, которая, в отличие от массы и радиуса вращения, величина переменная.

Для описанной в работе [1] и приведенной на рис. 1 планетарной плавнорегулируемой передачи задача балансировки сателлита актуальна настолько, что отсутствие приемлемого решения этой проблемы исключает использование такой передачи в трансмиссиях транспортных средств. Следует добавить, что сложность решения проблемы балансировки сателлита, обусловленная переменным радиусом кривошипа, на котором он установлен, сопоставима с ее актуальностью. Задача балансировки обоймы вспомогательной планетарной передачи также актуальна, но значительно более проста, так как позволяет ограничиться статической балансировкой.

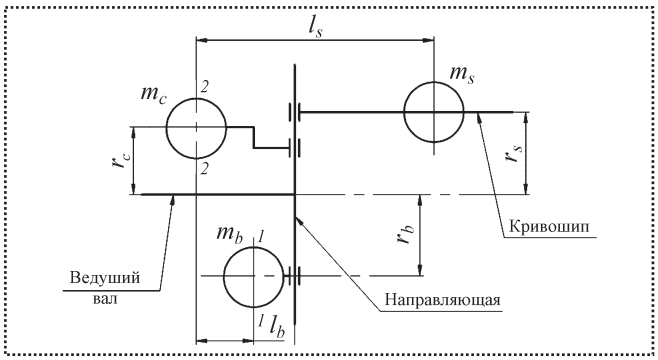


Рис. 2. Схема балансировки сателлита

Схема балансировки сателлита плавнорегулируемой передачи, отличающейся от показанной на рис. 1 способом изменения радиуса кривошипа, на котором установлен сателлит, и механизмом изменения вылета образующих центральное зубчатое колесо секторов, приведена на рис. 2. На этой схеме m_s – масса сателлита, m_b – масса основного противовеса, m_c – масса дополнительного противовеса, *1–1* и *2–2* плоскости коррекции. В плоскости коррекции *1–1* установлен основной противовес, в плоскости коррекции *2–2* – дополнительный. Массы противовесов определяются на основании следующих рассуждений [2].

Предположим, что сателлит плавнорегулируемой планетарной передачи не имеет дисбаланса относительно собственной оси вращения (она же ось симметрии сателлита). Дисбаланс D_s сателлита относительно оси ведущего вала передачи

$$D_s = m_s r_s,$$

где r_s – текущее значение радиуса кривошипа.

Момент M_s дисбаланса сателлита относительно плоскости коррекции *2–2*, в которой расположен дополнительный противовес, определяется из выражения

$$M_s = D_s l_s,$$

где l_s – расстояние между центрами тяжести сателлита и дополнительного противовеса.

Очевидно, что для динамической балансировки сателлита необходимо выполнение условия

$$M_s = M_b,$$

где M_b – момент дисбаланса основного противовеса относительно плоскости коррекции *2–2*.

Поскольку масса m_s сателлита и радиус r_s кривошипа известны, то дисбаланс D_b основного противовеса можно определить из выражения

$$D_b = M_s / l_b ,$$

где l_b – расстояние между плоскостями коррекции (центрами тяжести основного и дополнительного противовесов).

Тогда несложно найти массу основного противовеса

$$m_b = D_b / r_b ,$$

где r_b – радиус центра тяжести основного противовеса.

Для статической балансировки сателлита и основного противовеса необходимо выполнение условия

$$D_c = D_b - D_s ,$$

где D_c – дисбаланс дополнительного противовеса.

Теперь можно определить массу m_c дополнительного противовеса [2]

$$m_c = D_c / r_c ,$$

где r_c – радиус дополнительного противовеса относительно оси вращения ведущего вала передачи.

Компоновка передачи со сбалансированными сателлитом и обоймой вспомогательной планетарной передачи для съема вращения с сателлита приведена на рис. 3.

Радиальные перемещения сообщаются секторам *1* составного центрального зубчатого колеса поворотным гидродвигателем *2*, который вращает установленные в опорных кольцах *3* зубчатые колеса *4*, находящиеся в зацеплении с закрепленными на секторах *1* зубчатыми рейками *5*. Одинаковые по направлению и равные по величине перемещениям секторов *1* радиальные перемещения сателлиту *6* сообщаются поршнем *7*, расположенным в гидроцилиндре, выполненном в теле направляющих, размещенных на торце ведущего вала *8*.

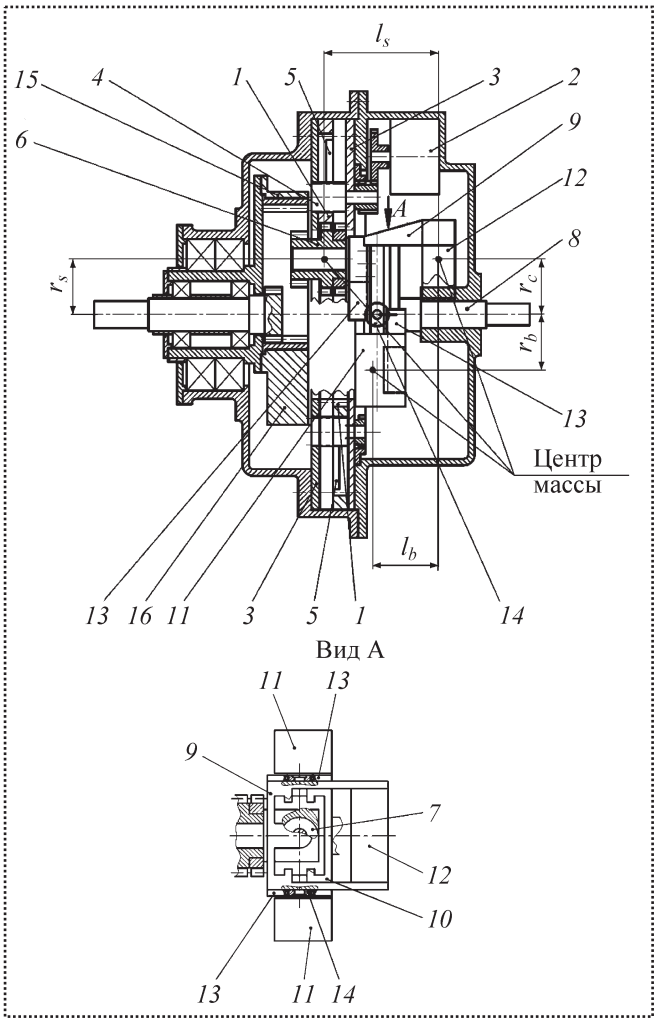


Рис. 3. Компоновка сбалансированной планетарной плавнорегулируемой передачи

По направляющим на торце ведущего вала *8* перемещаются ползун *9* с кривошипом, на котором с возможностью вращения установлен сателлит *6*, а также ползун *10* с основным противовесом *11*. На ползуне *9* противоположно сателлиту *6* смонтирован дополнительный противовес *12*. На ползунах *9* и *10* закреплены зубчатые рейки *13*, находящиеся в зацеплении с промежуточными зубчатыми колесами *14*. На обойме *15* вспомогательной планетарной передачи, предназначенной для съема вращения с сателлита *6*, размещен противовес *16*.

Особенности представленной на рис. 3 планетарной плавнорегулируемой передачи по

сравнению с описанной в работе [1] заключаются в отсутствии деталей, обеспечивающих жесткую кинематическую связь между перемещениями зубчатых секторов составного центрального зубчатого колеса и радиальными перемещениями сателлита, что упрощает конструкцию передачи, а также в наличии в передаче дополнительного ползуна и основного и дополнительного противовесов, что обеспечивает возможность полной балансировки элементов передачи.

Первостепенную важность имеет вопрос, способны ли основной и дополнительный противовесы обеспечить полную балансировку сателлита во всем диапазоне изменения радиуса r_s кривошипа. Анализ возможностей предлагаемой конструкции удобно провести на примере, в котором масса сателлита m_s = = 2,522 кг, радиус кривошипа r_s = 4,5; 13,5; 22,5; 31,5; 40,5 мм. Приняв $r_s = r_b = r_c$ = = 40,5 мм; l_s = 85 мм; l_b = 51 мм и воспользовавшись вышеизложенным алгоритмом балансировки, определим массы основного и дополнительного противовесов: m_b = 4,203 кг; m_c = 1,681 кг.

Предположим, что радиусы кривошипа и основного противовеса относительно оси ведущего вала изменяются по одному закону, и в соответствии с упомянутым алгоритмом при постоянных массах сателлита, основного и дополнительного противовесов определим радиус дополнительного противовеса. Приведенные на рис. 4 результаты подтверждают, что радиус дополнительного противовеса относительно оси ведущего вала изменяется по тому же закону, что и радиусы кривошипа и основного противовеса.

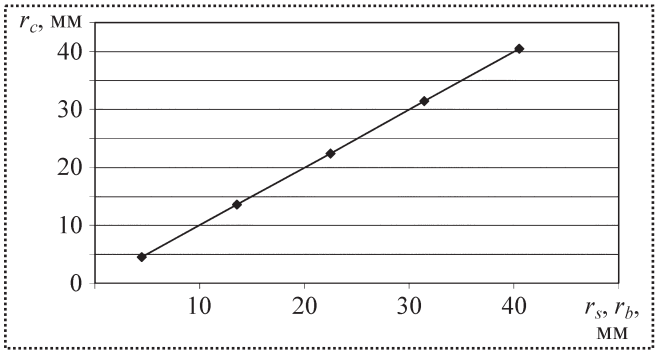


Рис. 4. Изменение радиуса центра масс дополнительного противовеса в зависимости от радиусов центров масс сателлита и основного противовеса

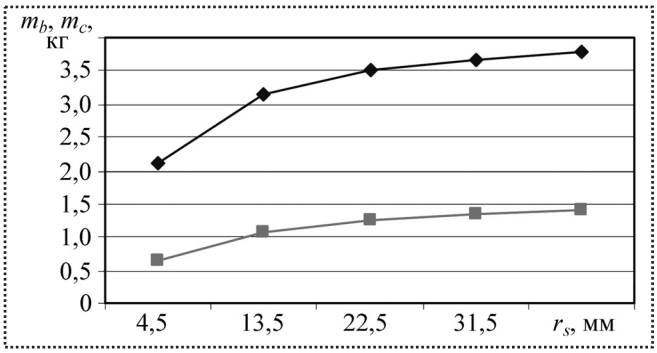


Рис. 5. Изменение массы основного (◆) и дополнительного (■) противовесов при различных радиусах центра масс сателлита

Для уменьшения массы противовесов примем исходные (минимальные) радиусы r_s = = 4,5 мм; r_b = 9 мм; r_c = 12 мм. Тогда при неизменной массе сателлита получим массу основного противовеса m_b = 2,101 кг, а дополнительного – m_c = 0,631 кг, что значительно более приемлемо, чем в первом случае. Если при этих условиях принять перемещения сателлита и противовесов одинаковыми, то для обеспечения полной балансировки сателлита массы противовесов должны принимать значения в соответствии с графиками на рис. 5.

Изменение массы противовесов в процессе функционирования передачи весьма проблематично. То, что даже максимальные массы противовесов меньше, чем в первом случае, – недостаточный стимул для решения этой проблемы. Радиусы подвижных элементов при этом изменяются согласно рис. 6, *а*, что приемлемо и конструктивно вполне осуществимо.

Объективно существует возможность сохранить постоянными минимальные массы противовесов, но при этом законы изменения радиусов всех подвижных элементов должны быть одинаковыми, например, двукратное увеличение радиуса кривошипа повлечет за собой двукратное увеличение радиусов противовесов при

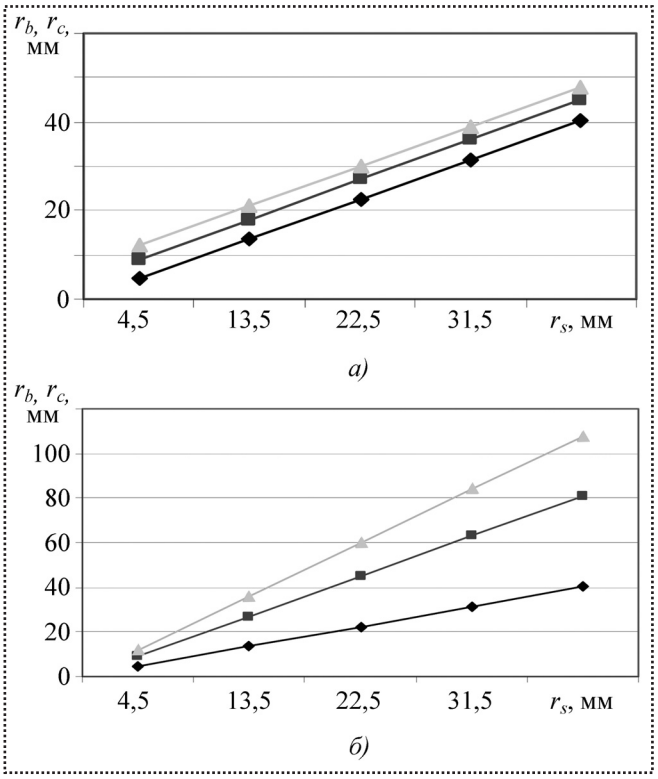


Рис. 6. Изменение радиусов центров масс противовесов с переменной (*а*) и минимальной (*б*) массами:
–◆– – сателлит; –■– – основной противовес; –▲– – дополнительный противовес

неизбежном неравенстве их абсолютных перемещений, как это показано на рис. 6, *б*. Реализация таких изменений радиусов подвижных элементов осуществима, но приведет к усложнению конструкции передачи.

Рассмотрим, как влияет на массу противовесов осевое положение плоскостей коррекции или, иначе говоря, изменение размеров l_s и l_b. Изменение массы противовесов при изменении l_b и постоянном l_s = 85 мм показано на рис. 7, из которого следует, что при увеличении l_b массы обоих противовесов уменьшаются, а при совмещении плоскостей центров масс сателлита и противовеса необходимость в дополнительном противовесе отпадает. Однако подобная ситуация конструктивно нереализуема, так же как и случаи с минимальными массами противовесов. Разность масс основного и дополнительного противовесов при

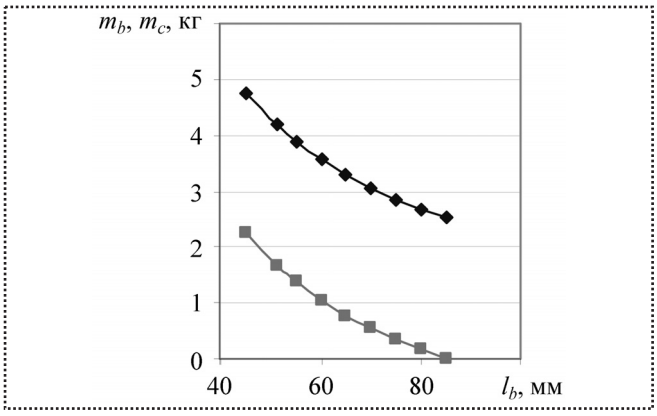


Рис. 7. Изменение масс противовесов в зависимости от положения плоскости *1–1* коррекции:
–◆– – масса основного противовеса; –■– – масса дополнительного противовеса

всех изменениях l_b остается постоянной и равной массе сателлита.

Изменение масс противовесов в зависимости от l_s при постоянном l_b = 51 мм приведено на рис. 8. При уменьшении размера l_b массы противовесов уменьшаются. При $l_s = l_b$ (плоскости центров масс сателлита и основного противовеса совпадают) масса дополнительного противовеса равна нулю (конструктивно нереализуемый случай).

Изменение масс противовесов при одновременном изменении исходных значений l_s и l_b на одну и ту же величину приведено на рис. 9. При уменьшении этих размеров массы противовесов увеличиваются, и наоборот. Уменьшение масс противовесов ограничивается допустимыми осевыми размерами передачи.

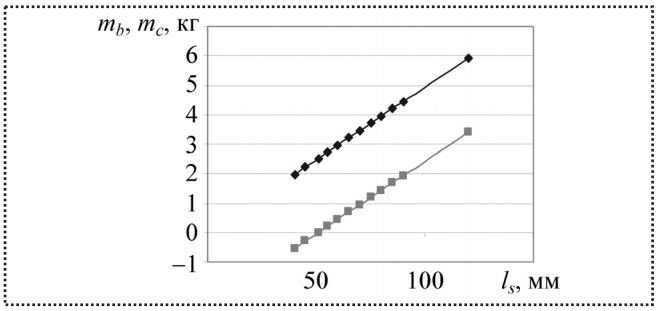


Рис. 8. Изменение масс противовесов в зависимости от положения плоскости *2–2* коррекции:
–◆– – масса основного противовеса; –■– – масса дополнительного противовеса

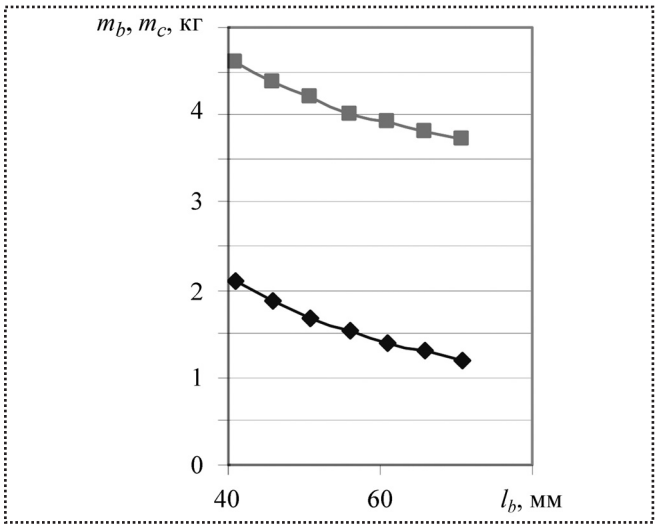


Рис. 9. Изменение масс противовесов при одновременном изменении положения плоскостей *1–1* и *2–2* коррекции:
–■– – масса основного противовеса; –◆– – масса дополнительного противовеса

Выводы

Уравновешивание деталей вспомогательной планетарной передачи, используемой для съема вращения с сателлита планетарной плавнорегулируемой передачи, достигается в результате статической балансировки.

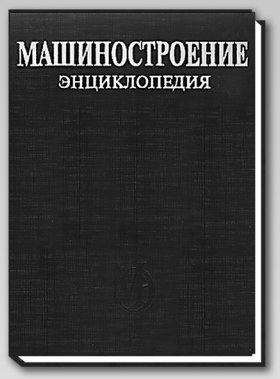
Полная или динамическая балансировка сателлита планетарной плавнорегулируемой передачи может быть осуществлена с помощью двух противовесов, расположенных в двух плоскостях коррекции, при достаточно простой кинематике противовесов, определяемой радиальными перемещениями сателлита.

Изменением осевого положения центров масс противовесов можно оптимизировать их массы.

Библиографический список

1. **Даньков А.М., Иоффе А.З.** Синтез и анализ составного центрального зубчатого колеса планетарной плавнорегулируемой передачи нового типа // Механика машин, механизмов и материалов. 2009. № 2. С. 38–42.

2. **Машков А.А.** Теория механизмов и машин. Минск: Вышэйшая школа, 1971. 472 с.



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ “МАШИНОСТРОЕНИЕ”
ТОМ II-1. "ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА. ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ".

Под общ. ред. **Е.И. Мамаевой**

Цена 2000 р.

2010. – 852 с. ISBN 978-5-217-03469-7

Приведены методы и средства определения химического состава и исследования структуры металлических материалов, методы и средства испытаний для определения основных физико-механических свойств при различных видах нагружения, характеристик малоцикловой усталости, многоцикловой усталости, термической прочности, коррозионно-механической прочности и трещиностойкости. Рассмотрено строение изломов при разных видах нагружения и в условиях длительного воздействия статистических нагрузок.

Для специалистов и инженерно-технических работников промышленности.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 621.7.07

С.Я. Березин, *д-р техн. наук, проф. (Читинский государственный университет),*
Л.С. Курбатова, *канд. техн. наук (Забайкальский государственный гуманитарно-педагогический университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Чита)*
E-mail: Kurlser@yandex.ru

Технико-экономический анализ вспомогательной оснастки для сборочных и резьбообразущих операций

Разработана система показателей функционирования вспомогательной оснастки, обеспечивающих качество выполняемых операций. Система основана на параметрической модели, включающей показатели как самого патрона, так и рабочего процесса и получаемых соединений.

Представлена методика оценки технико-экономической эффективности оснастки для сравнения различных ее типов.

The system of parameters of the auxiliary equipment providing quality of carried out operations is developed. The given system is based on the parametrical model including parameters of the cartridge, parameters of working process and received connections.

The technique of an estimation of technical and economic efficiency of equipment for comparison of opportunities of its various types is presented.

Ключевые слова: экономическая эффективность, параметры операции, показатели эффективности патрона, резьбосборочная операция, коэффициент, изгибающая сила.

Key words: economic efficiency, parameters of operation, parameters of efficiency of a taps, tap of screwing-forming operation, the factor, bending force.

Экономическая эффективность технологических операций во многом определяется возможностями вспомогательной оснастки, типаж которой постоянно расширяется. Даже 50–60 лет назад промышленность обладала значительной номенклатурой патронов, головок, держателей и т.п., которые выполняли различные технологические функции: копирование шага, защиту от перегрузок, компенсацию погрешностей, реверс и другие [1, 2]. Современная оснастка также обладает типовым разнообразием, но, кроме того, у нее появились новые возможности, а некоторые типы обладают целым набором технологических функций [3]. Усложнилась механика патронов, в их конструкции встраивают элементы гидравлики, электромеханики и электроники.

Обосновать выбор того или иного типа патрона затруднительно даже для одной и той же технологической операции. Основная трудность заключается в выборе критериев оценки эффективности, которые зачастую вытекают из системы показателей, охватывающей исходные данные, показатели выполнения операции, внешние возмущения, влияющие на выполнение операции, и результирующие показатели, оценивающие качество резьбы или получения соединения.

Большое значение имеет анализ, позволяющий установить причины возникновения брака и выявить их взаимосвязь с показателями и технологическими возможностями самой оснастки. Эффективность оснастки оценивают с помощью параметров, которые должны обладать следующими свойствами:

– достоверно оценивать каждый из типов патронов;

– выявлять его слабые стороны;

– численно устанавливать область, занимаемую патроном в оценочной системе координат;

– позволять сравнивать показатели эффективности оснастки;

– система показателей должна позволять устанавливать их экспериментально или в ходе инструментального контроля.

На основании данных по результатам реализации технологических параметров сборочных и резьбообразующих операций, производимых с применением различного рода вспомогательной оснастки, выделяют основные показатели, характеризующие качество выполнения операций. В первом приближении их можно свести к следующей совокупности:

• показатели качества наживления;

• точность и стабильность углового положения оси инструмента или крепежа в ходе процесса;

• стабильность процесса завинчивания по силовым показателям;

• способность компенсировать или исправлять первоначальные отклонения оси;

• экономичность конструкции оснастки.

Каждый из этих показателей может характеризоваться собственной системой численных данных, действующих или проявляющихся в различных фазах или подсистемах реализуемой операции.

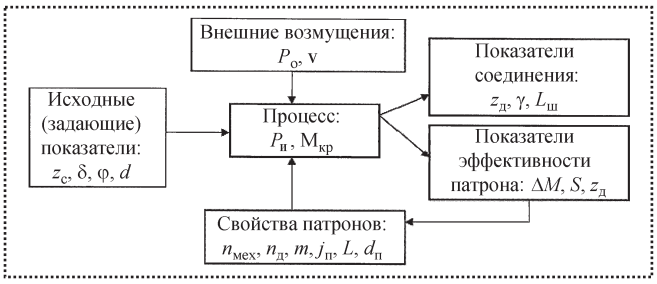


Рис. 1. Схема параметров в подсистемах операции:
$z_с$ – число ниток резьбы на длине сопряжения;
δ – припуск;
φ – угол заборного конуса;
d – диаметр резьбы;
$P_и$ – изгибающее усилие;
$M_{кр}$ – крутящий момент;
$z_д$ – число дефектных ниток резьбы в начале отверстия;
γ – угол перекоса оси стержня;
ΔM – колебания $M_{кр}$ в ходе сопряжения;
S – стоимость патрона;
$n_{мех}$ – число механизмов в патроне;
$n_д$ – общее число деталей патрона;
m – масса патрона;
$j_п$ – жесткость подвески патрона;
$P_о$ – осевая сила;
v – скорость сборки;
L – вылет патрона от торца шпинделя;
$d_п$ – диаметр патрона;
$L_ш$ – вылет инструмента от торца патрона

Для формирования системы показателей представим структуру процесса в виде схемы (рис. 1). Каждая из представленных на схеме величин относится к определенной структуре сборочной или резьбообрабатывающей операции.

Указанная совокупность параметров охватывает четыре объекта, к которым они могут быть отнесены:

А. Сама оснастка.

Б. Процесс выполнения операции.

В. Готовое соединение или полученная резьба.

Г. Группа общих показателей результата операции.

Все группы образуют общую систему (рис. 2), параметры которой связаны определенным коммутационным принципом.

Оценочные показатели в чистом виде не могут описать все особенности процесса и работы патрона. Поэтому предложена система относительных показателей, в которой с точки зрения удобства оценки и возможностей экспериментальных исследований для комплексной оценки технической и экономической эффективности патронов выделены следующие:

– коэффициент надежности наживления

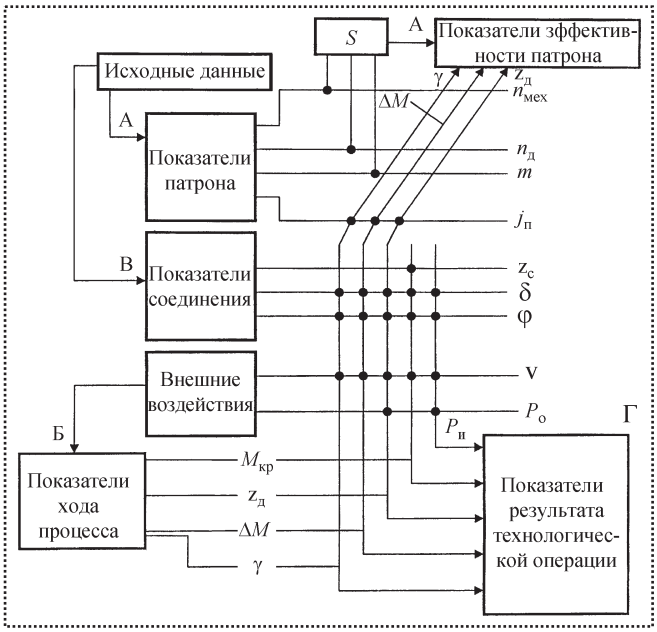


Рис. 2. Схема формирования показателей патрона

$$K_1 = \frac{z_д}{z_с};$$

– коэффициент устойчивости положения оси

$$K_2 = \frac{P_и}{j_п};$$

– коэффициент стабильности процесса

$$K_3 = \frac{\Delta M_{кр} + (\Delta M_к - \Delta M_н)}{\Delta M_{кр}},$$

где $\Delta M_н$, $\Delta M_к$ – начальная и конечная волны колебаний крутящего момента на осциллограмме;

– коэффициент точности углового положения

$$K_4 = \frac{\Delta M_к}{M_{кр}};$$

– коэффициент защемления инструмента (крепежа) в ходе сопряжения

$$K_5 = \frac{P_и}{M_{кр}};$$

– размерный коэффициент

$$K_6 = \frac{Ld}{d_п L_ш};$$

– коэффициент сложности конструкции

$$K_7 = \frac{n_д}{n_{мех}};$$

– коэффициент стоимости патрона

$$K_8 = \frac{S}{m}.$$

Эффективность и технологические возможности патронов различных типов можно обосновать на основе экспериментального сравнительного анализа. Для этого необходимо разработать методику комплексной оценки эффективности конструкций патронов различных типов и провести экспериментальные исследования их технологических возможностей.

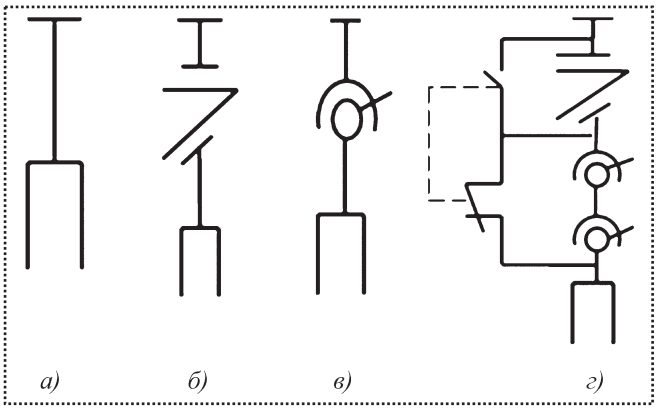


Рис. 3. Структурные схемы исследуемых патронов

Для того чтобы детально изучить и сравнить обеспечение патронами качественных показателей процесса, соединений и резьбы, в экспериментальных исследованиях в качестве примера рассматривали следующие типы патронов [4]:

– жесткий, обеспечивающий жесткую связь инструмента и крепежной детали со шпинделем (рис. 3, *а*);

– плавающий с радиальной компенсацией смещения осей отверстия и инструмента (крепежа) (рис. 3, *б*);

– качающийся с компенсацией углового смещения осей (рис. 3, *в*);

– патрон с переменной структурой компенсирующего механизма (рис. 3, *г*).

Выбор данных типов обоснован тем, что необходимо оценить эффективность отдельных подвижностей (радиальная, угловая), совместное их действие (переменная структура компенсирующих механизмов) и сравнить с патроном, не обладающим компенсирующей подвижностью (жестким).

Все параметры, входящие в систему оценок, были разделены на технические и экономические, что вызвано необходимостью представления результирующего показателя на оценочной плоскости. Схема разделения параметров приведена на рис. 4.

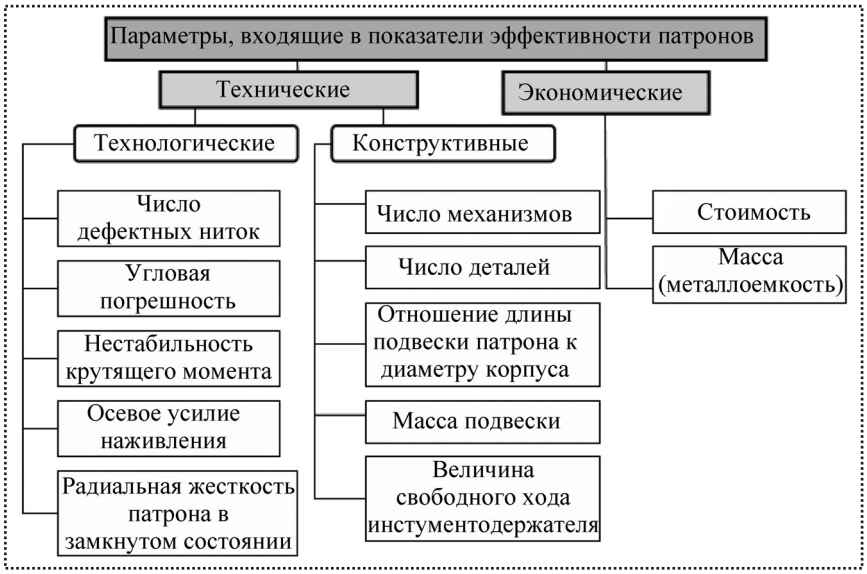


Рис. 4. Классификационная схема показателей эффективности патронов

Разделим коэффициенты $K_1 \ldots K_8$ на технические $Э_т$ и экономические $Э_э$:

$$Э_т = \Sigma(K_1 \ldots K_5) \to \min; \qquad Э_э = \Sigma(K_6 \ldots K_8) \to \min. \tag{1}$$

Если данную систему разместить на соответствующей технико-экономической плоскости, то можно отобразить оценочную область $П_1 \ldots П_m$, занимаемую каждым из типов патронов (рис. 5).

Показатели имеют свою значимость в результирующем показателе оценки патрона. Таким образом, была установлена общая система оценочных характеристик:

$$Э_т = \alpha_1\beta_1 K_1 + \alpha_2\beta_2 K_2 + \alpha_3\beta_3 K_3 + \alpha_4\beta_4 K + \alpha_5\beta_5 K_5; \qquad Э_э = \alpha_6\beta_6 K_6 + \alpha_7\beta_7 K_7 + \alpha_8\beta_8 K_8, \tag{2}$$

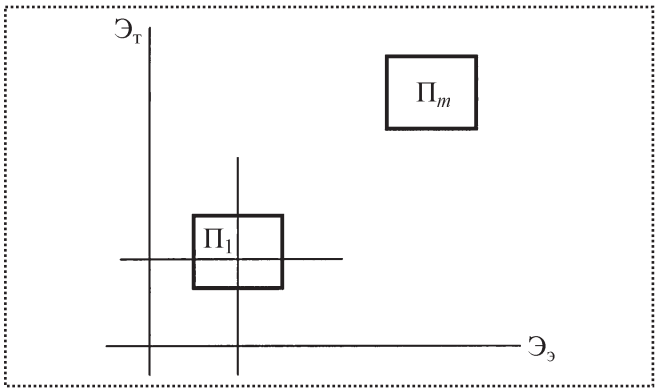


Рис. 5. Схема технико-экономической плоскости

где α – приоритетный коэффициент, учитывающий значимость показателя K;

β – коэффициент приведения i-го показателя K к соразмерному виду.

Экономическая оценка патронов определяется суммой следующих показателей:

– размеры патрона;
– сложность конструкции;
– стоимость.

Схема размеров патрона и инструмента представлена на рис. 6.

Согласно размерным характеристикам, приведенным в ГОСТ 21938–76, 8255–86, 22627–77 и др., отношение $L/d_п$ в среднем составляет 2,25...2,5, следовательно, при оценке патронов по размерному показателю данную величину будем считать оптимальной. Отношение $d/L_ш$ примем равным 0,66.

Сложность конструкции патронов зависит от степени их технологических возможностей. Очевидно, что чем шире возможности патрона при обработке или сборке, тем больше количество входящих в него механизмов и деталей. Самую простую конструкцию имеет жесткий патрон, служащий только для связи инструмента со шпинделем станка. Его функциональное назначение – обеспечение перехода от хвостовика метчика к посадочному месту шпинделя и предохранение последнего от изнашивания. Плавающий патрон, оснащенный механизмом радиальной компенсации, обеспечивает самоус-

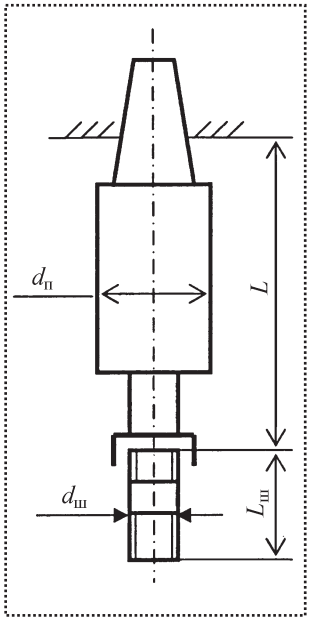


Рис. 6. Схема оснащенного патрона

танавливание инструмента по предварительно обработанному отверстию. Радиальное смещение инструмента при обработке достигается за счет зазоров в сочленениях сопрягаемых деталей. Качающийся патрон оборудован механизмом угловой компенсации, работающим по принципу шарнирного механизма. Он обеспечивает первоначальное центрирование нижнего конца инструмента (детали), которое происходит за счет поворота вокруг точки качания.

Наиболее сложна конструкция патрона переменной структуры, включающего в себя механизмы, позволяющие в начальный момент работать как жесткий, а затем в процессе нарезания резьбы при возникновении крутящего момента компенсировать рассогласование осевой подачи шпинделя станка и шага нарезаемой резьбы, а также радиальные смещения инструмента относительно оси нарезаемого отверстия.

Каждый патрон оценивается отношением количества механизмов к количеству деталей, входящих в его конструкцию (коэффициент K_7). Широкие технологические возможности патронов, как правило, увеличивают их массу и стоимость. При расчете коэффициента стоимости K_8 за основу приняты прайс-листы и каталоги предприятий, выпускающих резьбонарезную оснастку. Так, в среднем патрон с наличием осевой компенсации стоит около 5400 руб. [5].

Экспериментально исследовали и технические показатели, относящиеся к коэффициентам K_1–K_5.

Число дефектных ниток резьбы $z_д$ (в случае их появления) отмечали визуально на инструментальном микроскопе БМИ после разборки соединения или удаления инструмента из отверстия. Дефектные нитки возникают в результате ненадежного наживления метчика или крепежа и определяются недостаточным осевым усилием, развиваемым патроном. При этом появляется холостое вращение метчика без осевого хода, т.е. "размолачивание" резьбы.

Силовые показатели процесса $P_и$, $M_{кр}$, $\Delta M_н$, $\Delta M_к$ регистрировали динамометрическим устройством с цифровым конвертером L-CARD 40-140E.

Нестабильность крутящего момента ΔM возникает в результате установившихся перекосов оси инструмента относительно оси отверстия, устранить которые полностью практически невозможно. Задачей вспомогательной оснастки является сведение этих перекосов к минимуму либо их поглощение за счет компенсаторов.

Компенсирующие возможности различных патронов с точки зрения устранения изгибающих сил можно рассмотреть на примере завинчивания резьбовыдавливающих шпилек. Закрепление шпилек в патронах можно изобразить схемами центрирования шпилек по отверстию (рис. 7).

При жестком закреплении в патроне (рис. 7, *а*) ось посадочного конца охватываемой детали имеет неточность углового положения γ, а самая нижняя ее точка смещается на величину *e*. Естественно, что радиальное перемещение нижней точки к оси отверстия вызовет деформацию в технологической системе станка и большие изгибающие моменты в стержне. Последующее совмещение осей отверстия и посадочной части стержня по мере завинчивания ведет к дальнейшему росту изгибающих нагрузок.

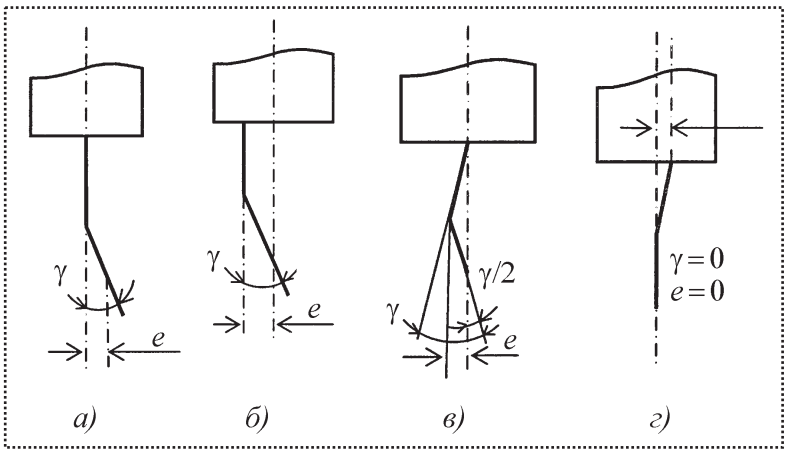


Рис. 7. Схемы центрирования шпилек по отверстию

В случае плавающего патрона (рис. 7, *б*) первоначальное центрирование осуществляется без возникновения изгибающих сил и происходит за счет параллельного смещения стержня. Посадочная часть при этом может оставаться перекошенной на тот же угол γ. В дальнейшем по мере ввинчивания ось посадочной поверхности стремится к совмещению с осью отверстия, сдвинув и повернув закрепленный в патроне конец охватываемой детали. Но поскольку в плавающих патронах поворот не предусмотрен, то смещение не произойдет. В результате возникает изгибающий момент.

Однако существуют конструкции плавающих патронов, допускающие некоторое осевое смещение, за счет которого все же может происходить частичный поворот и соответствующее ему смещение. Например, в конструкции плавающего патрона 6156-0070 (ОСТ 3-4994–81) осевое смещение допускается в пределах 0,05–0,15 мм, тогда при расстоянии 30–60 мм между точками опоры (шариками) плавающего механизма и среднем зазоре 0,1 мм получается угол поворота 6–12′, т.е. не более 0,25γ.

При качающемся закреплении детали (рис. 7, *в*) первоначальное центрирование ее нижнего конца происходит за счет поворота вокруг точки качания также без возникновения изгибающих сил. При этом оси посадочной части детали и отверстия остаются несовмещенными с углом перекоса 0,5γ. Следовательно, по мере ввинчивания детали должна происходить меньшая деформация системы, чем при плавающем патроне (0,5γ < 0,75γ). Однако в качающихся патронах точка качания обычно находится не у верхнего конца стержня, а гораздо выше, поэтому его эффективность снижается. Например, при удалении точки качания от верхнего конца стержня на расстояние, равное его длине, угол перекоса составит приблизительно 0,75γ.

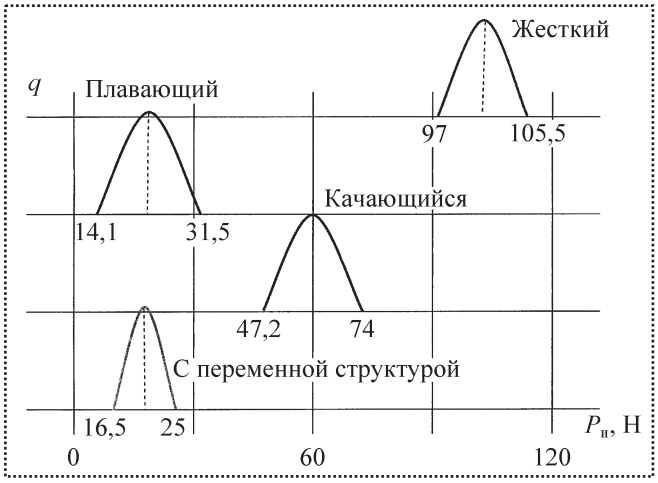


Рис. 8. Полигоны распределения изгибающих сил при постановке резьбовыдавливающих шпилек

Таким образом, можно сделать вывод, что плавающие и качающиеся патроны заметно снижают изгибающие силы, хотя и не устраняют их полностью.

В патронах с изменяемой кинематикой (рис. 7, *г*) радиальное смещение посадочного конца крепежного элемента компенсируется радиальной парой, а в ходе дальнейшего завинчивания она выключается и в работу вступает радиально-угловая пара, что практически полностью устраняет влияние угловых и радиальных погрешностей на формирование изгибающих сил.

Экспериментально установлено, что распределение значений изгибающих сил при нарезании резьбы метчиком и сборке соединений деформирующими шпильками подчиняется нормальному закону. Пример полигонов распределения для изгибающих сил с использованием различных патронов приведен на рис. 8, где q – частота попадания значений $P_н$ в интервал распределения.

В результате обработки данных были определены области применения исследуемых патронов (рис. 9). На технико-экономической плоскости видно, что наименьшие значения коэффициентов технических показателей и наибольшие – экономических принадлежат патрону переменной структуры. Таким образом, подтверждая теоретические положения, результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что совершенствование механизма компенсирующего блока с элементами переключения позволит охватить все фазы сборки или обработки: ориентацию, наживление, завинчивание и освобождение от крепежной детали.

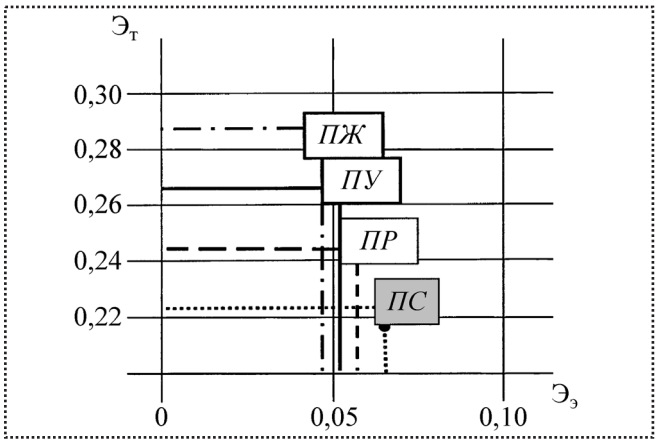


Рис. 9. Технико-экономическая плоскость областей применения различных типов патронов

Однако более конструктивно сложные патроны требуют более высоких затрат на их изготовление или приобретение. С другой стороны, конструкция компенсирующего блока еще не определяет стоимость оснастки. Имеются примеры высокомеханизированных образцов с достаточно слабой компенсирующей способностью (патроны фирмы Bilz) и высокой ценой.

Представленная методика технико-экономического обоснования может быть легко адаптирована для любого вида технологической оснастки. Необходимо только сформировать параметрическую модель процесса и выделить показатели, которые в большей мере интересны потребителю.

Библиографический список

1. **Маликов Ф.П.** Приспособления для режущих инструментов: краткий справочник. М. – Свердловск: Машгиз, 1963. 104 с.

2. **Фрумин Ю.Л.** Вспомогательный инструмент к агрегатным станкам и автоматическим линиям. М.: Машиностроение, 1970. 136 с.

3. **Маслов А.Р.** Приспособления для металлообрабатывающего инструмента. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.

4. **Березин С.Я., Курбатова Л.С.** Анализ принципа действия компенсирующих механизмов завинчивающих патронов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 10. С. 21–29.

5. http://uipumori.ru/temp0300/priss

УДК 621.43.01

К.Н. Осипов, *аспирант (Севастопольский национальный технический университет, Украина)*
E-mail: elena@pervuh.sebastopol.ua

Выбор параметров для оценки технического состояния ДВС

Предложен подход к выбору множества диагностических параметров ДВС на основе качественных причинно-следственных зависимостей между диагностическими и структурными параметрами.

The article deals with method to select main diagnostics parameters of ICE by using of the qualitative dependencies between structured and diagnostics parameters.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, испытания, диагностика.

Key words: internal combustion engine, industrial tests, diagnostics.

Проблема обеспечения качества, в том числе надежности, современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) без увеличения временных, трудовых и энергетических затрат по-прежнему остается актуальной, несмотря на все существующие подходы к ее решению [1]. Обеспечение качества ДВС неразрывно связано с совершенствованием методов оценки их технического состояния в ходе производственных (приемосдаточных, контрольных) испытаний после сборки, так как именно на этом этапе производства проверяется соответствие характеристик изготовленных изделий техническим требованиям.

В машиностроении совершенствование методов оценки технического состояния, или диагностики, происходит по двум направлениям, предполагающим применение современных физических методов неразрушающего контро-

ля (рентгеновского, ультразвукового, акустического) и обновление существующего технологического оборудования [2–4]. Это ведет к увеличению себестоимости выпускаемой продукции и, как следствие, снижению ее конкурентоспособности.

В экономических условиях постсоветского пространства необходимо повышение точности и достоверности результатов производственных испытаний без существенного увеличения их стоимости, с минимальными вложениями в развитие технической базы. Этого можно достичь внедрением новых информационных технологий в автоматизированную систему испытаний, в том числе учитывающих связи между структурными и диагностическими параметрами ДВС и количественные зависимости между диагностическими параметрами. К сожалению, несмотря на простоту и очевидность подхода, в литературе последних лет отсутствуют работы в этом направлении.

Цель данной работы – выбор диагностических параметров ДВС, в наибольшей степени зависящих от основных структурных параметров как основы совершенствования методики производственных испытаний ДВС.

Техническое состояние изделий машиностроения характеризуется структурными параметрами. Под структурными параметрами двигателей [2, 4, 5] понимают состояния сопряжений деталей, соответствие их действительных размеров конструктивным, шероховатость поверхностей, взаимное расположение деталей друг относительно друга и т.д.

Определение точных значений структурных параметров возможно только методом прямого измерения, т.е. после разборки изделий. Приемосдаточные испытания двигателей проводят сразу после сборки, кроме того, разборка и сборка, даже без дополнительного ремонта, снижает срок службы двигателей на 25–30 % [5]. Поэтому в ходе приемосдаточных испытаний измерение структурных параметров не проводят. Техническое состояние двигателей оценивают по величине диагностических параметров, зависящих от структурных параметров. Нормативное значение диагностических параметров определяют теоретическими расчетами, а также на стадии исследовательских испытаний [5, 6].

Например, нормативное значение разрежения воздуха во впускном коллекторе (диагностический параметр, характеризующий герметичность надпоршневого пространства), определяемое в ходе испытаний, зависит от структурных параметров (диаметра поршня D, радиуса кривошипа R, длины шатуна L и коэффициента сопротивления впускной системы ξ) и вычисляется по формуле [4, 6]:

$$P_{\text{абс}} = (\beta^2 + \xi)\left[\frac{\left(R\pi^2 D^2 \sqrt{1+\left(\frac{R}{L}\right)^2}\right) n^2}{2}\right] p_k, \quad (1)$$

где β – коэффициент затухания скорости воздуха;

n – частота вращения вала двигателя;

p_k – давление на входе в систему впуска.

Несоответствие измеренного разрежения воздуха во впускном коллекторе значению, рассчитанному по формуле (1), является косвенным проявлением несоответствия структурных параметров техническим условиям.

В отечественном производстве техническое состояние собранных карбюраторных двигателей на стадии приемосдаточных испытаний оценивают в два этапа. На первом этапе проводят измерение и регулирование минимальной частоты вращения вала двигателя на холостом ходу, а также содержания CO в отработавших газах. На втором этапе на заданных установившихся режимах работы ДВС оценивают его техническое состояние по результатам измерений следующих диагностических параметров: разрежения воздуха во впускном коллекторе, давления масла в основной магистрали, содержания CH_4 в отработавших газах. Значения этих параметров зависят от температурного режима ДВС, поэтому с целью унифи-

кации результатов их измеряют при рабочей температуре двигателя 80–84 °С.

Испытания проводят на заданных установившихся режимах работы ДВС на обкаточно-тормозных стендах. Регулирование частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу, содержания токсичных компонентов в отработавших газах, а также определение абсолютного давления во впускном коллекторе осуществляют с помощью специализированного моторного тестера, например "Аскан-8". Он позволяет дополнительно контролировать состояние электронной системы управления ДВС, а также проверять работоспособность измерительных датчиков.

Недостаток существующей методики проведения испытаний связан с невозможностью полностью охарактеризовать техническое состояние испытуемых двигателей, а также проверить соответствие мощности и экономичности каждого двигателя техническим требованиям.

Например, разрежение воздуха во впускном коллекторе – диагностический параметр, характеризующий герметичность надпоршневого пространства (рис. 1), который, в свою очередь, является показателем исправного состояния цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма. Это связано с тем, что техническое состояние последних характеризуют по величине зазора между цилиндром и поршнем, клапаном и его седлом соответственно. В исправном состоянии зазор между клапаном и седлом клапана отсутствует, а зазор между цилиндром и поршнем очень мал (0,04 мм).

При несовпадении осей клапана и его седла, уменьшении или увеличении зазора между клапаном и коромыслом, снижении упругости поршневых колец и т.д. зазоры между поршнем и гильзой, клапаном и седлом клапана увеличиваются. Это приводит к снижению компрессии, проникновению газов во впускной и выпускной коллекторы, картер двигателя, снижению разрежения во впускном коллекторе и повышению давления – в выпускном.

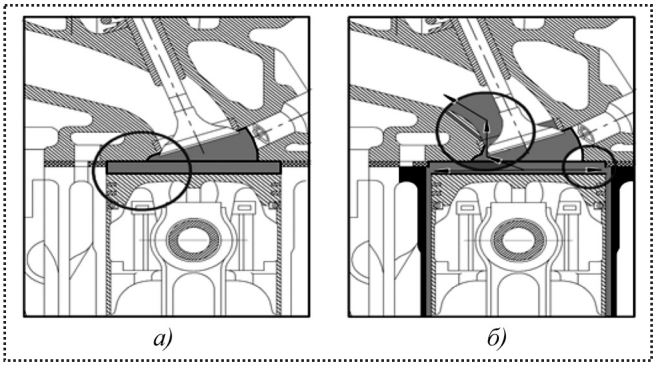


Рис. 1. Состояние цилиндропоршневой группы:
а – исправное;
б – неисправное из-за потери герметичности надпоршневого пространства

К существенным недостаткам этого диагностического параметра можно отнести то, что в многоцилиндровых ДВС среднее разрежение во впускном коллекторе создается всеми цилиндрами. Поэтому недостаточное разрежение в одном из цилиндров, например из-за дефектов, может компенсироваться разрежением, возникающим при работе остальных цилиндров. Кроме того, параметр обладает высокой чувствительностью к попаданию дополнительной массы воздуха во впускной коллектор, минуя дроссельную заслонку.

В связи с этим использование абсолютного давления воздуха во впускном коллекторе как единственного показателя исправного состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и системы впуска-выпуска горючей смеси и отработавших газов может привести к ошибочным выводам об их техническом состоянии по результатам испытаний.

Основными элементами ДВС, участвующими в преобразовании поступательного движения во вращательное, являются подшипники скольжения. Их работоспособность зависит от зазора между каждым подшипником и вращающейся деталью, а также от условий смазывания: давления, вязкости и температуры масла. При работе подшипника подведенное под давлением масло вытекает через торцевые поверхности. Количество вытекающего масла

пропорционально давлению масла $p_м$ и относительному зазору ψ в подшипнике [4, 6]:

$$Q = qp_м\psi,$$

где $q = \dfrac{B\Phi\omega\dfrac{d^4}{b}}{2k}$ – коэффициент пропорциональности;

ω – угловая скорость вала;

b и d – ширина и диаметр подшипника;

Φ – коэффициент грузоподъемности;

k – нагрузка на единицу площади;

B – безразмерный коэффициент.

Увеличение относительного зазора ψ в подшипнике приводит к снижению давления и увеличению расхода масла в основной магистрали.

Недостатком параметра является то, что давление масла зависит не только от состояния зазоров в сопряжениях коленчатого и распределительного валов, но и от температуры и вязкости масла, упругости пружины редукционного клапана, производительности масляного насоса, сопротивления трубопроводов, фильтров и т.д. Поэтому давление масла в большей степени характеризует работоспособность системы смазки, а не техническое состояние сопряжений коленчатого и распределительного валов.

С учетом указанных недостатков повышение точности и достоверности результатов приемосдаточных испытаний, особенно при оценке технического состояния ЦПГ и сопряжений коленчатого и распределительного валов, возможно путем расширения номенклатуры измеряемых диагностических параметров.

Так, для оценки технического состояния ЦПГ и газораспределительного механизма необходим параметр, обладающий большей чувствительностью (по сравнению с величиной разрежения во впускном коллекторе) к изменению зазоров между цилиндром и поршнем, клапаном и седлом клапана и т.д.

Таким параметром, который к тому же обладает меньшей чувствительностью к внешним возмущениям, является крутящий момент [6]:

$$M_к = \frac{p_e i V_h}{1{,}256}, \qquad (2)$$

где p_e – среднее эффективное давление газов на поршень;

V_h – рабочий объем одного цилиндра, л;

i – количество цилиндров.

Однако выражение (2) имеет лишь теоретический характер и используется только при проектировании новых двигателей. Применять его для определения крутящего момента в ходе испытаний невозможно из-за отсутствия технических средств, позволяющих с высокой точностью измерять среднее эффективное давление в камере сгорания без дополнительных элементов, встраиваемых в конструкцию двигателя. Несмотря на то, что в последнее время разработано большое количество датчиков, с помощью которых можно с высокой точностью (погрешность измерений не более 0,1–0,2 %) определять значение крутящего момента в ходе испытаний, на некоторых заводах до сих пор используют тормозные стенды и морально устаревшие весовые устройства по ГОСТ 14846–88:

$$M_e = Pl,$$

здесь P – показания весового устройства, кг;

l – длина его рычага, м.

Часто встречающимся сборочным дефектом подшипников скольжения является смятие (деформация) рабочих поверхностей из-за ошибок слесарей-сборщиков в ходе ручной сборки. Деформация и, как следствие, увеличение шероховатости рабочих поверхностей приводит к изменению коэффициента трения, что вызывает рост давления механических потерь $p_м$, увеличение которых ведет к росту расхода топлива: удельный расход топлива g_e обратно пропорционален разности среднего индикаторного давления p_i (определяемого по индикаторной диаграмме) и давления механических потерь $p_м$ [6]:

$$g_e = A\frac{1}{(p_i - p_м)}, \qquad (3)$$

где $A = \frac{3600\rho\eta_v}{Q}$ – коэффициент пропорциональности;

ρ – плотность заряда, г/м^3;

Q – количество воздуха, поступившего в камеру сгорания;

η_v – коэффициент наполнения.

В ходе испытаний удельный расход топлива вычисляют по формуле

$$g_e = \frac{G_t}{N_e},$$

где G_t – часовой расход топлива, кг/ч;

N_e – эффективная мощность двигателя, кВт.

Еще одна распространенная погрешность сборки связана с нарушением порядка и момента затяжки резьбовых соединений. Это вызывает возникновение трещин и коробление сопрягаемых поверхностей (рис. 2), приводящее к нарушению их параллельности. В свою очередь, отклонение от параллельности, например, верхней поверхности блока цилиндров может привести к проникновению рабочего тела (газов) в рубашку охлаждения (рис. 3), смазки в цилиндр ДВС, охлаждающей жидкости в систему смазки, приводящих к изменению температуры и давления охлаждающей жидкости и масла, заклиниванию механизмов двигателя и т.д.

Выявление подобных дефектов возможно только в результате мониторинга и анализа динамики значений группы диагностических параметров: температуры и давления масла и охлаждающей жидкости, крутящего момента и содержания CH_4 в отработавших газах.

Сложная взаимосвязь структурных и диагностических параметров, а также отсутствие однозначного отображения множества структурных параметров на множество диагностических параметров не позволяют получить их полное аналитическое описание. Для решения задачи в

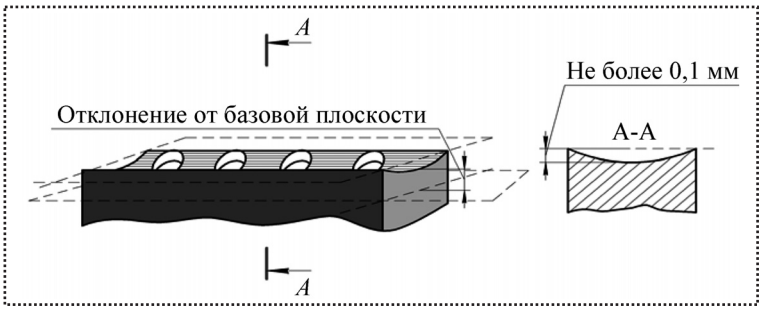


Рис. 2. Коробление верхней плоскости блока цилиндров

технической диагностике используют графоаналитические модели, которые в удобной форме (в виде универсальных структурных схем) представляют отношения между параметрами.

В общем виде зависимость диагностических параметров ДВС от структурных параметров можно представить в виде двухполюсного ориентированного графа (рис. 4) $G = (X, Y, S)$, у которого множество вершин составляет два подмножества: $X = \{x_1, x_2, ..., x_i\}$ – множество структурных параметров; $Y = \{y_1, y_2, ..., y_j\}$ – множество диагностических параметров; S : $x \to y$ – отображение, $i \neq j$; i и j – количество структурных и диагностических параметров соответственно. Отображение S определено правилом: пара вершин $x_i \in X$ и $y_i \in Y$ определяет дугу $(x_i, y_i) \in S$, если между $x_i \in X$ и $y_i \in Y$ существует причинно-следственная связь. Обозначения вершин графа приведены в таблице.

Качественные зависимости структурных и диагностических параметров, отраженные графом рис. 4, позволяют судить о состоянии структурных параметров по измерениям вели-

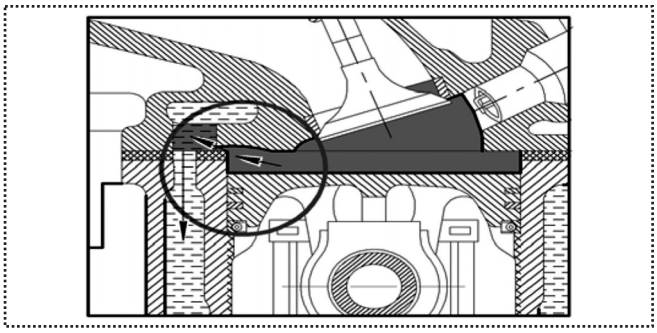


Рис. 3. Проникновение рабочего тела в рубашку охлаждения

Обозначение	Наименование	Величина
x_1	Зазор в сопряжении цилиндр – поршень	0,04–0,06 мм
x_2	Зазор в коренном подшипнике коленчатого вала	0,04–0,089 мм
x_3	Зазор в шатунном подшипнике коленчатого вала	0,058–0,066 мм
x_4	Зазор в сопряжении поршневой палец – втулка верхней головки шатуна	0,002–0,01 мм
x_5	Зазор в сопряжении бобышка поршня – поршневой палец	0,008 мм
x_6	Зазор в опорах распределительного вала	0,007–0,1 мм
x_7	Зазор в сопряжении коромысло – ось коромысел	0,025–0,08 мм
x_8	Зазор в сопряжении клапан – направляющая втулка клапана	0,02–0,055 мм
x_9	Зазор по высоте кольцевых канавок поршней и кольца	0,045–0,085 мм
x_{10}	Зазор между клапаном и седлом клапана	0
x_{11}	Зазор в приводе клапанов	0,2 мм
x_{12}	Жесткость пружины редукционного клапана	–
x_{13}	Герметичность системы охлаждения	–
y_1	Эффективная мощность	0–44 кВт
y_2	Крутящий момент	0–103 Н·м
y_3	Давление масла	0,085–0,4 МПа
y_4	Содержание СО в отработавших газах	0,4–0,7 %
y_5	Содержание СН в отработавших газах	0,02–0,04 %
y_6	Часовой расход топлива	2–16,3 кг/ч
y_7	Удельный расход топлива	221 г/(кВт·ч)
y_8	Температура охлаждающей жидкости	0–100 °С

значение y_6. Из рис. 4 видно, что такими параметрами являются x_4 и x_5.

Или, например, требованиям технических условий не соответствуют y_2, y_1, y_6 и y_7, а y_4, y_5, y_8 и y_3 в норме. Отслеживая зависимость между структурными и диагностическими параметрами, можно сделать следующее заключение: параметры x_1, x_2, x_3, x_6, x_9, x_{12} и x_{13}, оказывающие влияние на параметры y_4, y_5, y_8 и y_3, соответствуют норме, а параметры x_4, x_5, x_7, x_8, x_{10}, x_{11} – нет.

Для повышения достоверности и точности оценки технического состояния ДВС в ходе приемосдаточных испытаний необходимо дополнение множества диагностических параметров следующими: крутящим моментом, часовым и удельным расходом топлива, давлением и температурой охлаждающей жидкости на выходе из рубашки охлаждения.

На большинстве отечественных предприятий указанные параметры не измеряют в целях снижения затрат на обслуживание морально устаревшего измерительного оборудования. Однако такой подход нецелесообразен, так как он приводит к увеличению затрат на восстановление бракованных, но допущенных к эксплуа-

чин давления масла, крутящего момента, расхода топлива, температуры и давления охлаждающей жидкости на выходе из рубашки охлаждения, разряжения во впускном коллекторе и концентрации CH_4 в отработавших газах.

Несмотря на то что с помощью графа нельзя количественно оценить состояние структурных параметров, он позволяет выявить среди них группу параметров, свидетельствующих о неисправностях. Предположим, значения параметра y_6 больше предельно допустимого значения, все остальные параметры соответствуют норме. Это значит, что за пределы допустимых значений вышли структурные параметры, которые оказывают влияние только на

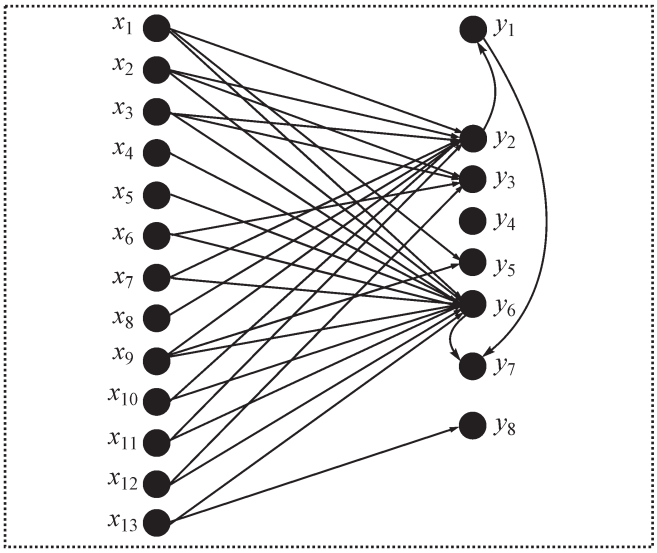


Рис. 4. Граф зависимости между структурными и диагностическими параметрами ДВС

тации двигателей в период гарантийного обслуживания, а также затрат, связанных с ремонтом ДВС, неисправности которых были выявлены в ходе дорожных (полигонных) испытаний собранных автомобилей.

Наиболее простой и надежный вариант решения проблемы заключается в использовании недорогих серийно выпускаемых измерительных устройств. Например, определение крутящего момента возможно с помощью датчиков крутящего момента (индуктивных динамометров), выпускаемых отечественными фирмами.

Менее надежный, но не требующий финансовых вложений вариант – использование уравнения равенства мощностей на валах двигателя и электрической машины отбора мощности (асинхронного электродвигателя постоянного тока):

$$IU = M_{кр}\omega, \qquad (3)$$

где I и U – сила тока и напряжение якоря.

Как следует из (3), крутящий момент на валу двигателя может быть определен измерением силы тока якоря.

Таким образом, для повышения точности приемосдаточных испытаний необходимо проводить оценку технического состояния ДВС по результатам измерений параметров: крутящего момента (силы тока якоря машины отбора мощности), разрежения воздуха во впускном коллекторе, давления и температуры масла и охлаждающей жидкости, содержания CH_4 в отработавших газах. Учитывая зависимости между диагностическими параметрами, а также необходимость выявления скрытых и медленно развивающихся дефектов, испытания необходимо проводить на неустановившихся режимах работы, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Библиографический список

1. **Пронякин В.И.** Проблемы диагностики циклических машин и механизмов // Измерительная техника. 2008. № 10. С. 9–13.

2. **Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В.** Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. М.: Машиностроение, 2005. 656 с.

3. **Хайруллин А.Х., Бахвалова В.С.** Методы моделирования режимов работы ДВС и разработки автоматизированной системы испытаний // Социально-экономические и технические системы. 2004. № 7. С. 40–45.

4. **Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke.** Handbook of diesel engine. Springel-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 636 p.

5. **Канарчук Е.В.** Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств / Учебник. В 3-х кн. Киев: Выща школа, 1991. Кн. 1. 359 с.

6. **Орлин А.С., Круглов М.Г.** Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Учеб. для студентов вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания". М.: Машиностроение, 1990. 280 с.

УДК 681.2-52

Ю.Н. Матросова, *канд. техн. наук (Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева)*
E-mail: mjn78@yandex.ru

Устройство автоматизированного неразрушающего контроля физико-механических свойств изделий из пористых материалов перед сборкой

Представлено автоматизированное устройство для контроля физико-механических свойств материалов по параметрам их пористости.

An automatic device for the control of physical and mechanical properties of materials on parameters of porosity is presented.

Ключевые слова: автоматизированный неразрушающий контроль, пористость, газодинамический метод.

Key words: computerized non-damaging control, porosity, gas-dynamic method.

В современном машиностроении при сборке изделий и изготовлении деталей выпускаемой продукции обязательной является операция контроля, при этом желателен контроль не только размеров и точности изготавливаемого изделия, но и качества полученной поверхности обрабатываемого материала и его структуры и свойств. Одним из методов неразрушающего контроля структуры пористых материалов является газодинамический метод, основанный на течении газа через материал. Данный метод позволяет проконтролировать параметры пористости материалов (керамики, металлокерамики, сложных керамических систем, пластмасс и т.д.), которые определяют их физико-механические свойства.

Исходными уравнениями для определения параметров пористости являются уравнения Дарси, Фика для стационарного и нестационарного потоков, Лейбензона, а также добавочное уравнение.

В результате решения этих уравнений получаем выражения для определения параметров пористости материалов [1]: коэффициентов растворимости, фильтрации, пористости, газопроницаемости и диффузии [2].

К физико-механическим свойствам пористых материалов относятся прочность, теплопроводность, модуль упругости и др. характеристики, которые зависят от параметров пористости, полученных в результате решения системы исходных уравнений.

В таблице приведены математические зависимости предела прочности металлокерамических, керамических материалов и сложных керамических систем от пористости [3–5].

Для реализации данного способа разработано экспериментальное устройство (рис. 1) для автоматизированного неразрушающего определения перечисленных коэффициентов при прохождении газа через контролируемый материал.

На грани контролируемого изделия *1* размещают измерительные *2* (на рис. 1 показан пример установки на две грани) и рабочие *3* камеры, которые прижимаются посредством соответственно пружин *8* и скобы *9* к контролируемому изделию, образуя герметичные газовые полости *4* и *5* за счет прокладок *6* и *7*. Камеры соединены через систему трубопровода с вакуумным насосом. Для исключения перетекания газа каждая камера имеет возможность отключения от общей магистрали газовым клапаном и выход на датчик давления

Зависимости предела прочности $\sigma_в$ пористых материалов от пористости

Зависимость	Значения констант	Автор
МЕТАЛЛОКЕРАМИКА		
$\sigma_в = \sigma_{вк}(1-П)^{m_1}$	$m_1 = 3...6$	Бальшин
$\sigma_в = \sigma_{вк}\left(1-\frac{П}{П_н}\right)^{m_2}$	–	Красовский
$\sigma_в = \sigma_{вк}e^{(1-B_1П)}$	$B_1 = 4...7$	Рышкевич
$\sigma_в = \sigma_{вк}(1-П^2)e^{(1-B_1П)}$	–	Щербань
$\sigma_в = \sigma_{вк}\frac{(1-1{,}5П)}{(1-1{,}5\beta П)}$, где $П \le 0{,}66$	$\beta = 2$	Трощенко, Красовский
$\sigma_в = \sigma_{вк}\frac{(1-П)}{(1-B_1П)}$	$B_1 = 5$ для стали	Хейнес
$\sigma_в = \sigma_{вк}\frac{(1-k)^3}{[k^3+(1-k)^3]}$	$k = \sqrt[3]{\frac{3П}{\pi}}$	Харвей
КЕРАМИКА		
$\sigma_в = \sigma_{вк}e^{-nП}$	$n = 4...7$	Рышкевич
СЛОЖНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ		
$\sigma_в = \frac{\nu 0{,}647\alpha_x Ц}{(В/Ц)_и - 0{,}21\alpha_x П}$	–	–

Примечания: $\sigma_{вк}$ – предел прочности непористого материала; П – пористость материала; $П_н$ – пористость свободной насыпки порошка; m_1, m_2, B_1, k, n – константы, зависящие от материала; β – параметр, определяющий неоднородность распределения напряжений по сечению, обусловленную неравномерным распределением пор в площади сечения; $\nu \approx 0{,}13\alpha_x R_г$; α_x – степень гидратации цемента в бетонной смеси при данном истинном водоцементном отношении $(В/Ц)_и$; $R_г$ – прочность полностью гидратированного цемента; Ц – расход цемента.

газа, информация с которого автоматически передается на ЭВМ.

После вакуумирования газовых полостей нижняя камера *4* соединяется с атмосферой и начинается процесс фильтрации, а затем и диффузии газа в верхние камеры *4* и в обе камеры *5*, давление газа в которых начнет медленно возрастать. При этом будут наблюдаться как фильтрационный, так и диффузионный потоки воздуха. Датчики передают данные о повышении давления в камерах на ЭВМ, которая строит графические зависимости давления от времени для каждого из переданных каналов дан-

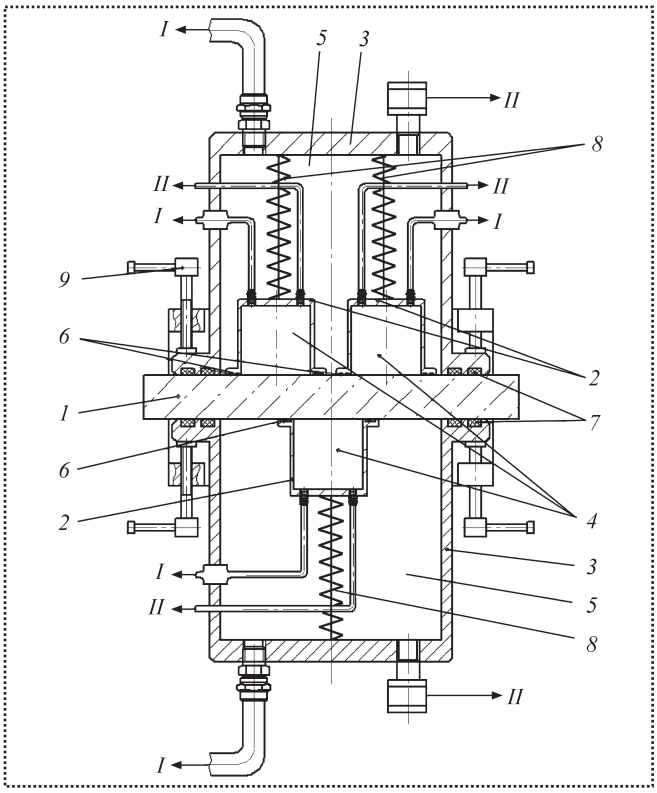


Рис. 1. Схема устройства для определения параметров пористости:
I – к вакуумному насосу; II – к датчику давления

ных (рис. 2, 3). После проведения ряда экспериментов с контролируемым образцом про-

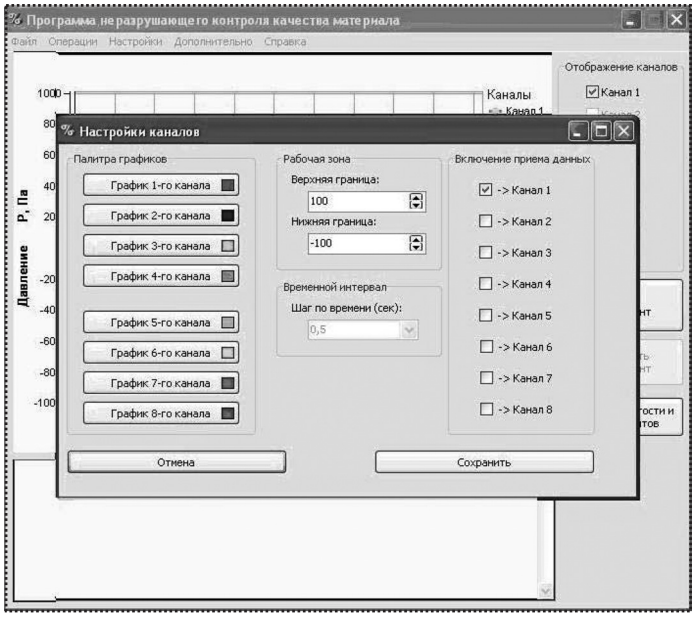


Рис. 2. Выбор каналов приема данных с датчиков давления измерительных камер

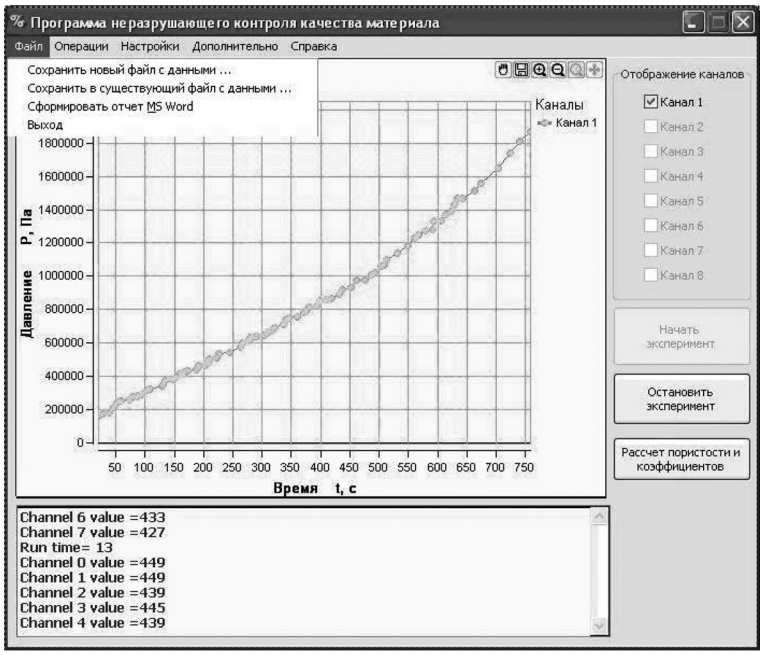


Рис. 3. Графическая зависимость давления газа в камере от времени протекания процесса

грамма осуществляет статистическую обработку полученных данных и выдает численные значения параметров пористости и физико-механических свойств пористых материалов в файл формата Word, а также проводит построение графических зависимостей свойств материала от пористости (рис. 4).

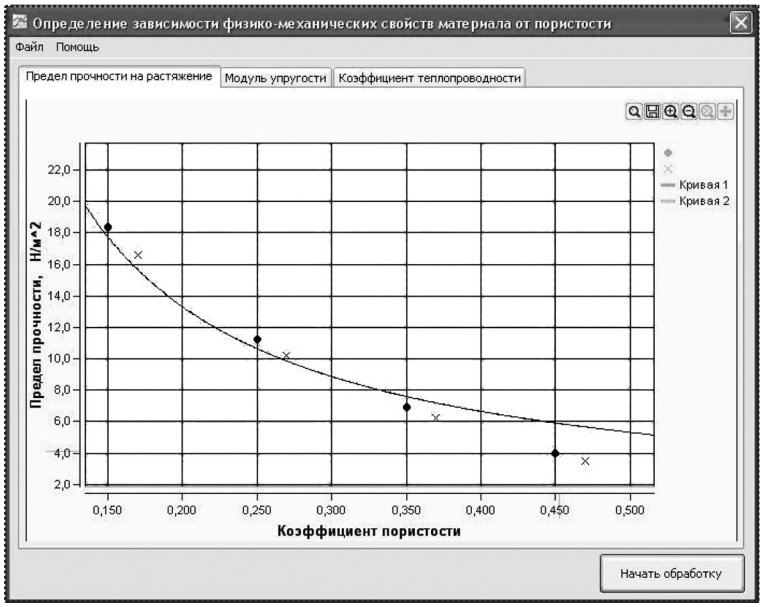


Рис. 4. Зависимость предела прочности на растяжение от пористости керамики

Конструкция устройства предусматривает перемещение измерительных камер *4* по поверхности контролируемого материала, что позволит с большей точностью найти расположение дефектов, трещин в сплошности контролируемого изделия или оценить анизотропию поровой структуры. Кроме этого, такой способ выборочного контроля способствует определению наиболее оптимальных для процесса эксплуатации изделия поверхностей, исключающих возможность быстрого изнашивания.

Для более скрупулезного исследования структуры и свойств детали целесообразно устанавливать рабочие и измерительные камеры на все грани контролируемого изделия, что позволит проанализировать течение газа не только вдоль контролируемого материала, но и в боковые поры и получить более точную картину о пористости и физико-механических свойствах изделия.

Таким образом, с помощью разработанного устройства можно контролировать параметры пористости и физико-механические свойства изделий перед сборкой. В случае выявления анизотропии свойств поровой структуры материалов данное устройство дает сведения для выработки рекомендаций по условиям эксплуатации элементов изделия.

Библиографический список

1. **Пат. 2305828** РФ, МКИ^3 G01N15/08. Способ определения параметров пористости материалов / Ю.З. Житников, А.Н. Иванов, Ю.Н. Матросова и др.; ГОУ ВПО "КГТА им. В.А. Дегтярева". – № 2006112376/28; заявл. 13.04.2006; опубл. 10.09.2007, Бюл. № 25.

2. **Матросова Ю.Н.** Программное обеспечение для автоматизированной обработки результатов контроля физико-механических свойств изделий из пористых материалов перед сборкой // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 4. С. 25–29.

3. **Ермаков С.С., Вязников Н.Ф.** Металлокерамические детали в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1975. 232 с.

4. **Белов С.В.** Пористые проницаемые материалы. М.: Металлургия, 1987. 335 с.

5. **Вязников Н.Ф., Ермаков С.С.** Металлокерамические материалы и изделия. Л.: Машиностроение, 1967. 224 с.

УДК 621.825.54

М.П. Шишкарев, *д-р техн. наук (Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения)*
E-mail: Shishkarev@tam.rgashm.ru

Определение эксплуатационных характеристик предохранительных пружинно-кулачковых муфт

На основе анализа всех действующих сил, приложенных к подвижной полумуфте, получена уточненная формула для определения величины номинального вращающего момента предохранительной пружинно-кулачковой муфты. Установлено, что с учетом уточненной формулы величина номинального вращающего момента муфты меньше, чем вычисленная по существующей формуле.

On the basis of the analysis of all acting forces affixed to the mobile half-coupling, the specified formula for definition of magnitude of a nominal torque of a safety spring shifting sleeve is gained. It is established, that taking into account the specified formula magnitude of a nominal torque of a clutch is less, than the magnitude evaluated under the existing formula.

Ключевые слова: предохранительные пружинно-кулачковые муфты, вращающий момент, коэффициент трения, кулачок, полумуфта.

Key words: safety spring shifting sleeves, torque, coefficient of friction, a cam, the half-coupling.

Предохранительные пружинно-кулачковые муфты (ПКМ) находят ограниченное применение как средства защиты приводов сборочных автоматов от возникающих в процессе эксплуатации перегрузок. Вследствие ударов при перегрузке и последующем срабатывании применение ПКМ ограничено невысокими рабочими частотами вращения – до 400...500 мин$^{-1}$.

При расчете нагрузочной способности ПКМ рекомендуется следующее выражение [1–3]:

$$T_н = \frac{F_п D}{2\left[\mathrm{tg}(\alpha - \varphi) - \frac{D}{d} f_1\right]}, \qquad (1)$$

где $T_н$ – номинальный вращающий момент ПКМ;

$F_п$ – сила натяжения замыкающей пружины (группы пружин), устанавливаемая при настройке муфты;

D – диаметр наружной поверхности кулачков;

d – диаметр посадочной поверхности подвижной полумуфты;

α – угол скоса боковой (рабочей) поверхности кулачка;

φ – угол трения между рабочими поверхностями кулачков;

f_1 – коэффициент трения между подвижной полумуфтой и направляющей шпонкой.

Величина $T_н$ определяется в соответствии с номинальным моментом машины, в составе которой работает ПКМ [1]. При передаче номинального вращающего момента осевое перемещение подвижной полумуфты отсутствует, т.е. срабатывание муфты не происходит.

Цель работы – уточнение нагрузочной способности и точности срабатывания ПКМ с учетом сил трения, действующих между кулачками полумуфт.

При возникновении внутренней или внешней (по отношению к муфте) перегрузки срабатывание ПКМ сопровождается осевым перемещением подвижной полумуфты и осевой деформацией замыкающей пружины (группы пружин), что приводит к увеличению силы ее натяжения [1–3]. Величина вращающего момента, соответствующая выходу кулачков полумуфт из зацепления друг с другом, представляет предельный момент ПКМ [4].

К эксплуатационным показателям ПКМ относятся нагрузочная способность (номинальный и предельный вращающие моменты муфты) и точность срабатывания, характеризуемая коэффициентом точности. Поскольку величина последнего определяется на основе

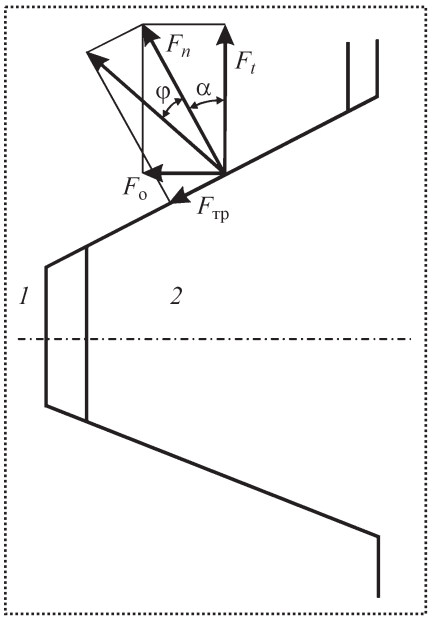


Рис. 1. Схема действия сил в зацеплении кулачков ПКМ

предельного вращающего момента [1–3], установим зависимость его величины от параметров ПКМ.

На рис. 1 показаны в зацеплении друг с другом кулачки полумуфт *1*, *2* и схема сил, действующих между кулачками при передаче номинального вращающего момента. Приведя все силы к точке, находящейся посередине линии контакта кулачков, запишем выражение для определения окружной (тангенциальной) силы F_t:

$$F_t = \frac{2T_н}{D}. \qquad (2)$$

Результирующая сила нормального давления, возникающая между кулачками, с учетом (2):

$$F_n = \frac{F_t}{\cos\alpha} = \frac{2T_н}{D\cos\alpha}. \qquad (3)$$

Действие силы F_n вызывает появление на рабочих поверхностях кулачков силы трения

$$F_{тр} = F_n f = \frac{2T_н f}{D\cos\alpha} = \frac{2T_н \operatorname{tg}\varphi}{D\cos\alpha}, \qquad (4)$$

где f – коэффициент трения между рабочими поверхностями кулачков.

При выводе формулы (4) использовано выражение (3), а также известное из работы [5] соотношение

$$f = \operatorname{tg}\varphi.$$

Проекция силы трения на ось, параллельную оси вращения муфты (см. рис. 1), с учетом (4)

$$F_{тр.п} = F_{тр}\cos\alpha = \frac{2T_н \operatorname{tg}\varphi}{D}. \qquad (5)$$

Проекция силы нормального давления F_n на указанную ось дает осевую силу $F_о$, отжимающую в процессе работы ПКМ подвижную полумуфту:

$$F_о = F_t \operatorname{tg}\alpha = \frac{2T_н \operatorname{tg}\alpha}{D}. \qquad (6)$$

Результирующая сила, действующая со стороны полумуфты *1* на полумуфту *2*, подвижную в осевом направлении, с учетом соотношений (5) и (6)

$$F = F_о - F_{тр.п} = \frac{2T_н}{D}(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\varphi). \qquad (7)$$

При передаче номинального вращающего момента сила F уравновешивается силой натяжения $F_п$ замыкающей пружины (группы пружин) и силой трения $F_{тр.1}$ между полумуфтой и направляющей шпонкой:

$$F = F_п + F_{тр.1}; \qquad (8)$$

$$F_{тр.1} = \frac{2T_н}{D} f_1. \qquad (9)$$

Подставим в равенство (8) правые части соотношений (7) и (9) и решим полученное уравнение относительно $T_н$:

$$T_н = \frac{F_п D}{2\left(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\varphi - \frac{D}{d} f_1\right)}. \qquad (10)$$

Сравнение формул (1) и (10) показывает, что в первой содержится функция тангенса разности углов α и φ, а во второй – функция разности тангенсов указанных углов.

Для оценки влияния полученных результатов на величину вращающего момента $T_н$ обратимся к рис. 2, на котором кривые *1* и *2* отражают графики зависимостей (1) и (10), построенные по следующим исходным данным: $F_п$ = 800 Н; D = = 0,15 м; φ = 8°; d = 0,08 м; f_1 = 0,15.

Графики показывают:

– при всех значениях α (в пределах графика) величина вращающего момента $T_н$, вычисленная по формуле (10), меньше;

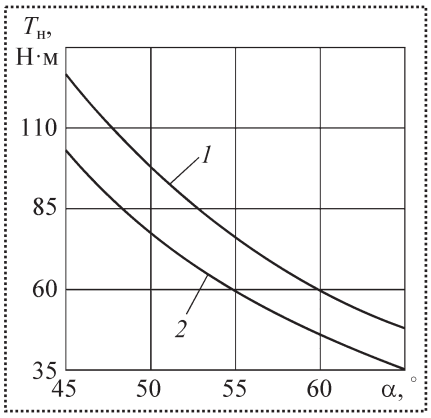


Рис. 2. Зависимость вращающего момента ПКМ от угла скоса кулачков

– с увеличением угла α разность между величинами $T_н$, вычисленными по формулам (1) и (10), уменьшается;

– величины $T_н$, вычисленные по обеим формулам, уменьшаются по мере увеличения угла α.

Коэффициент точности предохранительной муфты, в том числе и ПКМ, вычисляют на основе предельных значений вращающего момента, которые она может передавать в условиях эксплуатации в зависимости от изменения какого-либо параметра муфты [1–3]. В ПКМ, как и в предохранительных фрикционных муфтах, таким параметром является коэффициент трения между рабочими поверхностями кулачков полумуфт. Его величина изменяется в процессе эксплуатации ПКМ случайным образом, подчиняясь закону распределения Гаусса [6, 7]. Соответственно происходит изменение предельного вращающего момента, который соответствует выходу из зацепления друг с другом кулачков полумуфт при срабатывании ПКМ. Поскольку в процессе расцепления кулачков полумуфт в большинстве конструкций ПКМ происходит увеличение силы натяжения замыкающей пружины (группы пружин), величина предельного вращающего момента превышает его номинальную величину.

Установление предельного вращающего момента (т.е. максимального) предохранительной муфты любого типа крайне важно с точки зрения получения оценки действующих в приводе машины максимальных перегрузок, вносимых муфтой, и обеспечения корректности при расчетах деталей и узлов на прочность [8].

В работе [4] приведена формула для вычисления коэффициента точности муфты:

$$K_т = \frac{T_{н.max} + \dfrac{zh}{\dfrac{1}{D\sin\alpha\cos\alpha} - \dfrac{tg\varphi_{max}}{D\cos^2\alpha} - \dfrac{f_1}{d}}}{T_{н.min} + \dfrac{zh}{\dfrac{1}{D\sin\alpha\cos\alpha} - \dfrac{tg\varphi_{min}}{D\cos^2\alpha} - \dfrac{f_1}{d}}}, \quad (11)$$

где $T_{н.max}$, $T_{н.min}$ – соответственно максимальная и минимальная величины номинального вращающего момента ПКМ;

z – осевая жесткость замыкающей пружины (суммарная осевая жесткость группы пружин);

h – высота профиля кулачка;

φ_{max} и φ_{min} – соответственно максимальный и минимальный углы трения в реальных условиях эксплуатации ПКМ [9].

Поскольку формула (11) получена в работе [4] на основе балансово-энергетического метода, она справедлива и для рассматриваемого случая.

Графики зависимости коэффициента точности муфты от угла α показаны на рис. 3. Здесь кривая *1* отражает упомянутую зависимость для коэффициента точности, вычисленного по формуле (11), вращающие моменты $T_{н.max}$ и $T_{н.min}$ в которой определяли по формуле (1). При построении кривой *2* также использовали формулу (11), однако $T_{н.max}$ и $T_{н.min}$ находим по формуле (10).

При построении графиков приняты те же исходные данные, что и при построении кривых на рис. 2. Дополнительные параметры, включенные в формулу (11): z = 40 Н/мм, h = = 12 мм, φ_{max} = 14°, φ_{min} = 6°, соответствуют величинам $f_{max} \approx 0{,}25$, $f_{min} = 0{,}1$, – реальным значениям для пар трения "сталь – сталь" в условиях влияния ряда факторов случайного характера [9].

Графики, приведенные на рис. 3, показывают:

– при всех величинах угла α точность срабатывания ПКМ, вычисленная по формуле (11) с учетом соотношения (10), выше, чем по указанной формуле с учетом (1);

– кривая *2* (в пределах графика) имеет точку минимума, соответствующую α ≈ 62°;

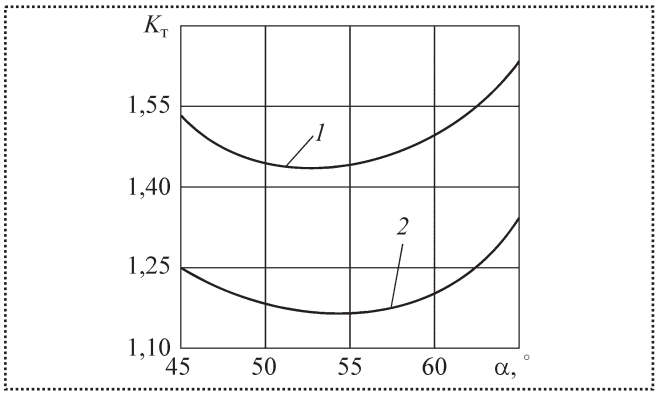


Рис. 3. Зависимость коэффициента точности ПКМ от угла скоса кулачков

– меньшие значения коэффициента точности муфты соответствуют $\alpha < 62°$; при увеличении угла α наблюдается существенный рост коэффициента точности;

– минимумы функции (11), вычисленной с учетом (1) и (10), не совпадают по аргументу α: область минимума кривой *2* смещена в сторону больших значений угла α по отношению к области минимума кривой *1*.

Исследуем влияние отношения D/d на точность срабатывания ПКМ с учетом полученной зависимости между параметрами $T_н$ и D/d. Для прежней зависимости (см. формулу (1)) указанное влияние установлено в работе [4].

Как и выше, воспользуемся при исследовании графическим способом. При построении графика $K_т = F(D/d)$ примем D/d = 0,14/0,07; 0,18/0,072; 0,21/0,07; 0,25/0,071; 0,3/0,075, что соответствует величинам 2; 2,5; 3; 3,5; 4, которые используются в практике расчета и конструирования ПКМ [1]. Остальные параметры при построении графиков приняты такими же, как и выше.

Кривые *1* и *2*, изображенные на рис. 4 (соответственно коэффициенты точности ПКМ, вычисленные по формуле (11) с учетом формул (1) и (10)), построены при оптимальных величинах угла α. Согласно рис. 3 $\alpha \approx 55$ и 62°.

Графики показывают:

– при всех величинах отношения D/d (в пределах рисунка) коэффициент точности ПКМ, вычисленный с учетом формулы (1), больше, чем с использованием формулы (10);

– при увеличении отношения D/d точность срабатывания уменьшается.

Сопоставление величин коэффициента точности по графикам рис. 3 и 4 свидетельствует о том, что ПКМ с точки зрения точности срабатывания весьма чувствительна к изменениям отношения D/d. Его возрастание от величины 1,875, соответствующей $K_т$ = 1,12, до D/d = 2 приводит к повышению коэффициента точности до $K_т$ = 1,36. Дальнейшее увеличение отношения D/d не приводит к столь значительному росту величины коэффициента точности.

Кроме того, из рис. 4 следует, что кривые *1* и *2* имеют точки минимума, примерно соответствующие значениям D/d, полученным из рис. 3. Следовательно, при определенных конкретных величинах параметров ПКМ (кроме D и d) существует отношение D/d, при котором муфта обладает наибольшей точностью срабатывания.

Указанный вывод позволяет создать параметрический ряд конструкций ПКМ, с помощью которого можно проектировать муфты, обладающие максимальной точностью срабатывания при различной нагрузочной способности. Для этого следует, варьируя по мере необходимости параметры D и d, сохранять неизменной величину их отношения, вычисленную исходя из условия минимума коэффициента точности ПКМ.

В связи с тем, что в настоящей работе получена новая зависимость по определению нагрузочной способности ПКМ, необходимо исследовать влияние величины угла α на точность срабатывания муфты в условиях варьирования отношения D/d. Для прежней упомя-

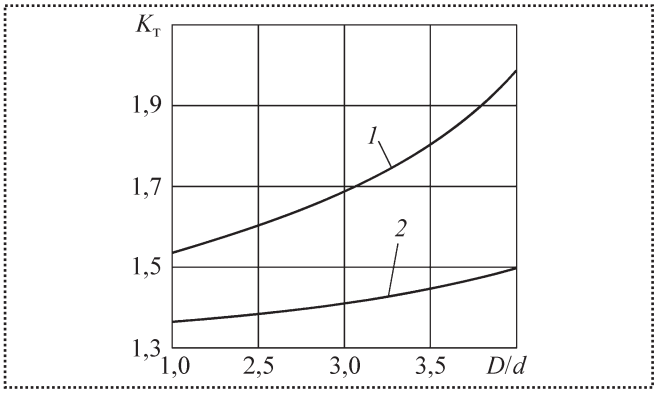


Рис. 4. Зависимость коэффициента точности ПКМ от величины отношения D/d

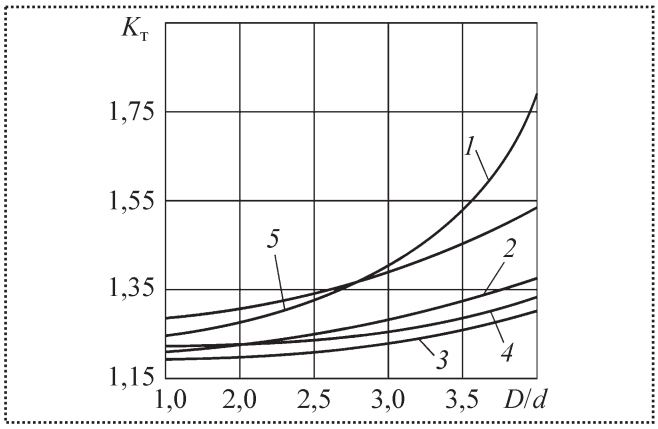


Рис. 5. Зависимости $K_т(D/d)$ при различных углах скоса кулачков ПКМ

нутой зависимости такое исследование было проведено в работе [4].

Используем принятые выше D/d и углы α, а также остальные параметры ПКМ для построения серии графиков зависимости $K_т(D/d)$. На рис. 5 показаны графики этой зависимости – кривые *1–5*, построенные при значениях угла α, равных соответственно 45; 50; 55; 60; 65°.

Графики показывают:

– с увеличением отношения D/d коэффициент точности ПКМ возрастает: это характерно для всех значений угла α, указанных выше;

– с ростом угла α (до $\alpha \approx 55°$) происходит сначала уменьшение коэффициента точности, а затем его рост; это характерно для всех указанных выше отношений D/d;

– при найденном выше оптимальном значении угла α коэффициент точности ПКМ минимален для всех отношений D/d (кривая *3*).

Следовательно, найденные значения угла $\alpha \approx 62°$ и отношения $D/d \approx 1{,}8$ являются необходимыми и достаточными для обеспечения минимального коэффициента точности ПКМ, что следует учитывать при их расчетах и конструировании.

Результаты исследования могут быть использованы при расчете и проектировании ПКМ, обладающих высокой точностью ограничения нагрузки.

Выводы

Уточненная формула для определения номинального вращающего момента предохранительной пружинно-кулачковой муфты, полученная на основе анализа всех действующих сил, приложенных к подвижной полумуфте, содержит, в отличие от существующей аналогичной формулы, функцию разности тангенсов угла скоса боковой (рабочей) поверхности кулачка полумуфты и угла трения между рабочими поверхностями кулачков полумуфт.

Установлено, что с учетом уточненной формулы величина номинального вращающего момента муфты меньше, чем вычисленная по существующей формуле, при всех значениях угла скоса боковой поверхности кулачков полумуфт.

Точность срабатывания предохранительной пружинно-кулачковой муфты с учетом полученной зависимости выше, чем вычисленная на основе существующей зависимости.

Существует единственное оптимальное значение угла скоса боковой поверхности кулачков полумуфт, при котором ПКМ обладает наибольшей точностью срабатывания. Это значение зависит от конкретных конструктивных параметров муфты.

Существует единственное оптимальное значение отношения внешнего диаметра кулачков полумуфт и диаметра центрального посадочного отверстия подвижной полумуфты, при котором точность срабатывания муфты наибольшая, с учетом найденного оптимального угла скоса боковой поверхности кулачка полумуфты.

Библиографический список

1. **Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А.** Справочник по муфтам. Л.: Машиностроение. 1974. 352 с.

2. **Тепинкичиев В.К.** Предохранительные устройства от перегрузки станков. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1968. 112 с.

3. **Дьяченко С.К., Киркач Н.Ф.** Предохранительные муфты. Киев: Гостехиздат УССР, 1962. 122 с.

4. **Шишкарев М.П.** Расчет величины предельного вращающего момента предохранительной пружинно-кулачковой муфты // Мат-лы 1-й Междунар. науч.-техн. конф. "Совершенствование существующих и создание новых технологий в машиностроении и авиастроении". Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2009. С. 314–321.

5. **Бутенин Н.В., Лунц. Я.Л., Меркин Д.Р.** Курс теоретической механики. В 2-х т. Т. 1: Статика и кинематика. 4-е изд., испр. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 240 с.

6. **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для втузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1977. 479 с.

7. **Афанасьев М.К.** Исследование фрикционных муфт повышенной точности ограничения нагрузки: Дис. ... канд. техн. наук: Киев: КТИПМ, 1971. 21 с.

8. **Детали** машин. Учеб. для машиностроит. вузов / В.А. Добровольский и др. М.: Машиностроение, 1972. 503 с.

9. **Крагельский И.В., Виноградова И.Э.** Коэффициенты трения. М.: Машгиз, 1962. 220 с.

УДК 621.791.048

В.В. Карабанов, *канд. техн. наук,* **И.О. Бохоров,** *инженер*
Тел. 8-498-520-3472

Пайка в газовых средах

Рассмотрены особенности защиты паяемых изделий различными газовыми средами, механизм их взаимодействия с кислородом воздуха и поверхностью паяемого материала. Приведено оборудование для пайки изделий в газовых средах. Рассмотрен способ защиты с использованием паров активных металлов.

Features of protection of soldered products by various gas environments, the mechanism of their interaction with oxygen of air and a surface of a soldered material are considered. The equipment for the soldering of products in gas environments is resulted. The way of protection with use of steams active metals is considered.

Ключевые слова: пайка, газовая среда, электропечи, контейнер, пары активных металлов.

Key words: the soldering, the gas environment, electric furnaces, the container, steams of active metals.

Эффективным способом защиты паяемых изделий от окислительного воздействия воздушной атмосферы является применение газовых сред, обладающих свойствами флюсовых покрытий [1]. При пайке применяют газовые среды двух типов: нейтральные (инертные), к которым относятся азот, аргон, аргоноводородная смесь, гелий, и активные. Роль инертных сред сводится к защите паяемого металла и припоя от окисления в процессе нагрева. Инертные газы не вступают в химическое взаимодействие с оксидными пленками или паяемыми металлами. Удаление оксидных пленок в процессе высокотемпературного нагрева происходит в результате их диссоциации в среде, лишенной кислорода, а также вследствие возможного растворения кислорода в паяемом металле.

Активные газовые среды не только защищают паяемый металл и припой от окисления, но и вступают в химическое взаимодействие с оксидными пленками на поверхности металла. После удаления продуктов взаимодействия очищенная поверхность активно смачивается расплавом припоя.

Возможность пайки в той или иной среде определяется стойкостью оксидных пленок на поверхности металла. Наибольшей стойкостью при нагреве обладают оксиды бериллия, магния, алюминия, титана, кремния, ванадия, марганца, хрома. Менее стойки оксиды железа, кобальта, никеля, олова, кадмия. Еще меньшей стойкостью обладают оксиды меди, свинца.

Инертная атмосфера (аргон) успешно применяется при пайке металлов со стойкой оксидной пленкой: коррозионно-стойких и жаропрочных сталей, вольфрама, титана, меди и ее сплавов. Пайка в инертной среде металлов оловянно-свинцовыми припоями имеет свои особенности.

При назначении температуры пайки низкотемпературными припоями учитывают не температуру плавления припоя, а температуру восстановления его оксидной пленки, которая значительно выше. Так, удаление оксидной пленки с поверхности свинца начинается при 660 °С и заканчивается при 700 °С. Поэтому при пайке никеля и меди в аргоне затекание припоя в зазор с образованием качественных галтелей обеспечивается при температурах более высоких, чем температура растекания припоя. Если растекание припоя ПОС61 происходит при 350 °С, то его затекание в зазор – при 570...620 °С. Таким образом, пайку меди и никеля в среде инертных газов следует проводить при температурах 500...850 °С. С повышением

температуры пайки прочность и пластичность соединений возрастают.

Наиболее низкую стоимость имеет технический азот, который после очистки от примесей кислорода и паров воды применяется при пайке меди (750...800 °С) и стали (1200 °С). При пайке латуней и бронз необходима дополнительная активация.

Недостатком азота является образование хрупких нитридов на поверхности некоторых сталей, что опасно для тонкостенных деталей.

Пайку в среде инертных газов обычно проводят в контейнере с постоянной продувкой, которая необходима для удаления из паяльной камеры остаточного кислорода и газообразных продуктов диссоциации оксидов. Этот способ пайки наиболее безопасный и экологически чистый.

Активные газовые среды восстанавливают металл из оксидной пленки или разрушают и удаляют ее с поверхности металла. Восстановительными средами являются водород, водородно-азотные смеси и различные горючие газы. Водород, имеющий наиболее высокие восстановительные свойства, взрывоопасен, поэтому его применение ограничено. Безопасна в применении водородно-азотная смесь (10 % водорода) с очисткой ее от примесей кислорода и паров воды.

В восстановительной среде, состоящей из смеси водорода с оксидом углерода, можно успешно паять низкоуглеродистые, иногда легированные стали, а также сплавы, на поверхности которых образуются оксиды MgO, TiO_2, Al_2O_3, BeO. С повышением температуры восстановительные свойства водорода повышаются, а оксида углерода снижаются. До температуры 810 °С более активным восстановителем является оксид углерода, при более высокой температуре – водород.

В качестве восстановительной среды часто используют диссоциированный аммиак, который при нагреве до 600 °С в присутствии катализатора (оксида железа) разлагается на водород и азот в соотношении соответственно 75 и 25 %. Полученная активная смесь восстанавливает оксиды сталей и сплавов, содержащие легкоокисляющиеся элементы – хром, марганец, кремний.

Широкое применение при пайке нашли восстановительные газовые среды, представляющие собой продукты неполного сгорания высококалорийных газов в смеси с воздухом. Для этой цели используют природный, генераторный и другие горючие газы, образующие при сжигании так называемые эндо- и экзотермические атмосферы. Более высокими восстановительными свойствами обладают атмосферы, полученные путем сжигания газов при высокой температуре в присутствии катализатора. Температуру катализатора и состав смеси подбирают так, чтобы происходило разложение углеводородов при неполном сгорании.

Для пайки металлов и сплавов, имеющих химически стойкие оксидные пленки, применяют более активные газовые среды – галоидосодержащие соединения и пары некоторых веществ. К ним относится хлористый водород, реагирующий с оксидами металлов с образованием паров воды, газообразных или жидких хлоридов, легко удаляемых из зоны пайки. Однако хлористый водород способен растворять поверхность стали. При пайке стали тугоплавкими припоями широко применяют фтористый водород HF и трехфтористый бор BF_3. Эти активные газы чаще применяют как добавки к инертным или восстановительным газам (аргон, водород), а также к диссоциированному аммиаку.

Фтористый водород в смеси с аргоном применяют при пайке коррозионно-стойких сталей никелевыми или медными припоями, не содержащими большого количества кремния. Трехфтористый бор реагирует со многими химически стойкими оксидами, покрывающими коррозионно-стойкие и жаропрочные стали. Он является сильнейшим восстановителем, способным к восстановлению химически стойких оксидов, например оксидов хрома Cr_2O_3 и алюминия Al_2O_3. Газообразный трехфтористый бор менее токсичен, его можно

хранить и транспортировать в баллонах в сжатом состоянии. Его получают разложением фторбората калия при 540 °С.

Наиболее химически активным соединением по отношению к оксидам является треххлористый бор BCl_3, образующий легкоплавкие и летучие хлориды. Наилучший активатор газовых сред – трехбромистый бор BBr_3 реагирует почти со всеми оксидами, кроме оксида бериллия.

Особое место занимает треххлористый фосфор PCl_3, с помощью которого возможна пайка алюминия, а продукты взаимодействия с ним при температуре свыше 182 °С находятся в газообразном состоянии. Рекомендуемая концентрация треххлористого фосфора составляет 0,1...0,001 % объема.

При пайке сложнолегированных сталей можно применять фториды титана или циркония, которые в виде суспензии наносят на паяемые поверхности или размещают в контейнере в количестве 5...10 % его объема.

Активные газовые среды значительно снижают температуру нагрева, необходимую для растекания припоя.

В последнее время находит применение способ пайки изделий из меди и ее сплавов (латуней) в активных газовых средах на основе перегретого водяного пара с микродозами хлоридов (до 0,1 % объема). Установлено, что сухой (перегретый) водяной пар не является окислительной средой при высокотемпературной пайке меди и латуней и после активации хлористым водородом или хлористым аммонием (0,05 %) может служить активной газовой средой и теплоносителем при использовании оловянно-свинцовых припоев ПОССу 30-2 [2]. Применение в качестве активирующей добавки хлористого водорода снижает температуру пайки с 350 до 250 °С. В такой среде можно паять остовы латунных автомобильных радиаторов при температурах, близких к 240 °С.

Использование сухого водяного пара – эффективное средство решения проблем в экономическом и экологическом аспекте. К преимуществам этого способа относятся высокая активность защитной среды при минимальном содержании активатора, низкая стоимость и простота процесса. Способ внедрен при пайке радиаторов на фирме МНТП "ЭТ-ОС" (г. Оренбург) и в автомобилестроении (БеЛАЗ, МоАЗ).

При пайке в газовых средах может происходить науглероживание или обезуглероживание поверхностного слоя стальных деталей [3]. Основной причиной этих процессов является недостаточная очистка металла от масляных пленок, при разложении которых при нагреве в защитную атмосферу попадают газообразные углеводороды, образующие водород и свободный углерод. Последний поглощается поверхностным слоем стали, в результате происходит ее науглероживание.

Обезуглероживание стали происходит при недостаточной очистке газовой среды, т.е. при наличии в ней кислорода, паров воды, двуоксида углерода, водорода. Кислород, соединяясь с углеродом стали и карбидом железа, уменьшает содержание углерода в поверхностном слое стали. С повышением температуры обезуглероживание стали сильно возрастает. Пары воды окисляют и обезуглероживают сталь с образованием оксида углерода и водорода. Двуоксид углерода тоже обладает обезуглероживающими свойствами, вступая в реакцию с карбидом железа:

$$CO_2 + FeC \leftrightarrow 3Fe + 2CO.$$

Путем регулирования соотношения оксида и двуоксида углерода можно предотвращать процесс обезуглероживания стали. Чем больше в стали углерода, тем меньше должно быть в атмосфере двуоксида углерода при данной температуре.

При пайке стали в среде водорода она может подвергаться обезуглероживанию с образованием метана по химической реакции:

$$C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4.$$

Чтобы не допустить обезуглероживания стали, в защитную атмосферу добавляют метан и реакция начинает идти в обратном направлении или сохраняется равновесие.

Защитные среды применяют или создают при любых способах нагрева в любых производственных условиях. В массовом производстве крупных изделий пайку проводят в высокопроизводительных печах с шагающим подом в среде водорода или азотно-водородной смеси. Наибольшее рабочее пространство имеют печи марки ОКБ-1582 (температура камеры 1100 °С) и ОКБ-1583 (1300 °С). Водородные электропечи сопротивления изготавливают на Московском заводе электротермического оборудования. Во ВНИИЭТО (г. Москва) разработана унифицированная серия конвейерных водородных электропечей с автоматическим регулированием температуры.

Наиболее высокую производительность при крупномасштабном производстве паяных изделий в среде защитного газа обеспечивают электропечи непрерывного действия типа СКЗ, выпускаемые АО "Дагестанский завод электротермического оборудования". Применение конвейерных электропечей с защитно-восстановительной атмосферой для пайки изделий из углеродистой стали медными и латунными припоями обеспечивает стабильно высокое качество паяных соединений независимо от квалификации оператора. Поверхность деталей после пайки пригодна для нанесения защитных покрытий без дополнительной подготовки.

Пайку небольших по размерам изделий проводят в камерных лабораторных электропечах типа СНОЛ или в малогабаритных муфельных печах того же типа с использованием специальных контейнеров, в которые помещают паяемые изделия и подают газовую среду.

Контейнер представляет собой металлический ящик с приваренными трубками для подачи и удаления газов, в котором крышка при сборке устанавливается в песчаный затвор, расположенный по периметру контейнера в его верхней части (рис. 1). В контейнере может быть установлена трубка для ввода газов, их выход под давлением осуществляется через песчаный затвор. При использовании инертного газа припой и паяемые детали перед загрузкой в контейнер офлюсовывают, а при наличии восстановительной среды проводят бесфлюсовую пайку.

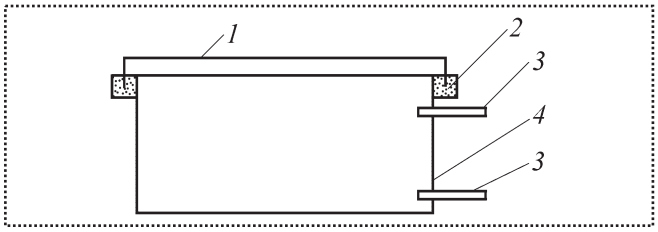


Рис. 1. Схема контейнера с песочным затвором:
1 – крышка; *2* – песочный затвор; *3* – трубки для подачи и удаления газов; *4* – корпус контейнера

После загрузки контейнера затвор засыпают кварцевым песком и устанавливают крышку, углубляя ее в массу песка. Проводят продувку контейнера газом до полного удаления воздуха. После продувки восстановительным газом его поджигают на выходе, не прекращая подачи. Аргон подают через нижнюю трубку, гелий, который легче воздуха, – через верхнюю. На свободную трубку надевают шланг, второй конец которого опускают в емкость с водой. Так осуществляется выход газа в процессе пайки.

Собранный контейнер устанавливают в холодную или нагретую до температуры пайки печь, время пребывания в которой предварительно определяется экспериментальным путем или по показаниям прибора. После соответствующей выдержки контейнер извлекают из печи, продолжая подачу газа до охлаждения контейнера до 200...250 °С.

При пайке активных металлов рекомендуется в затвор контейнера взамен песка засыпать древесно-угольный карбюризатор. При проникновении атмосферы воздуха через него в контейнер кислород связывается углем в окись углерода, вследствие чего улучшается качество защитной/восстановительной атмосферы в контейнере. При контейнерной пайке титана затвор контейнера заполняют титановой губкой.

В отдельных случаях применяют контейнеры с замкнутой воздушной средой, т.е. без вводных и выходных трубок. При нагреве в таком контейнере концентрация окислительных компонентов газовой среды снижается вследствие взаимодействия ее с материалом контак-

тирующих приспособлений, паяемого изделия, припоя и активатора. В качестве последнего можно применять углеродсодержащие вещества. В результате взаимодействия углерода металла с кислородом среды образуется окись углерода – активный восстановитель при пайке углеродистых и низколегированных сталей. Вследствие разложения некоторого количества органического вещества, всегда присутствующего в контейнере, в составе атмосферы появляется водород.

Восстановительную атмосферу можно получить непосредственно в контейнере, вводя в него перед пайкой древесно-угольный карбюризатор (7 г на 1 л объема контейнера). При этом создается атмосфера, в которой можно паять стали марок УГ, У8, 40Х.

Применение активаторов позволяет проводить качественную пайку изделий с труднодоступными для создания защитной среды участками. Примером может служить индукционная пайка промысловых трубопроводов в полевых условиях. После сборки труб под пайку внутренняя полость стыка становится не доступной для подачи в нее газовой среды. В этом случае разлагающийся активатор – порошковый полиэтилен – вносят в качестве связующего в припой, который зажимается в разделках стыкуемых труб. При нагреве до 1200 °С происходит деструкция полиэтилена с образованием защитных газов – водорода, окиси углерода и др., которые заполняют внутреннюю полость стыкуемых труб. При необходимости полиэтилен вносят во внутреннюю полость стыка при его сборке.

При индукционной пайке элементов технологических трубопроводов малого сечения аргон нагнетают во внутреннюю полость стыка через соединительный зазор.

В печах с защитной атмосферой можно паять все черные и большинство тугоплавких цветных металлов и сплавов. Низколегированные стали хорошо паяются медью в среде городского газа. Стали, содержащие значительное количество марганца, ванадия или алюминия, оксиды которых трудно восстанавливаются, паяют с применением флюса. Коррозионно-стойкие и высоколегированные стали паяют в атмосфере сухого водорода или диссоциированного аммиака.

При выборе защитной среды следует учитывать свойства паяемого металла. Металлы, склонные к азотированию, не следует паять в азотосодержащей среде. Если науглероживание или обезуглероживание стали не допускается, то следует применять атмосферу из прореагировавших топливных газов. Сухой и чистый водород восстанавливает из оксидов железо, никель и хром и не восстанавливает оксиды бериллия, магния, алюминия.

При пайке в печах с защитной атмосферой следует учитывать не только восстановительные свойства защитной среды, но и ее ядовитость и взрывоопасность, вследствие чего необходим строгий контроль атмосферы в печи и в цеху.

Одним из эффективных вариантов бесфлюсовой пайки является пайка с использованием паров активных металлов в сочетании с низким вакуумом или недорогими защитными газами [4]. Разработана технология пайки с использованием паров металлов в Тольятинском политехническом университете [5, 6].

Испаряемый металл – геттер, с высокой упругостью паров должен быть более активным к окислительным компонентам атмосферы, чем паяемый металл. К ним относятся марганец, цинк, магний, кадмий, а также щелочные металлы (литий).

При пайке в парах металлов в контейнер с паяемым изделием вводят некоторое количество легко испаряемого металла (рис. 2). После

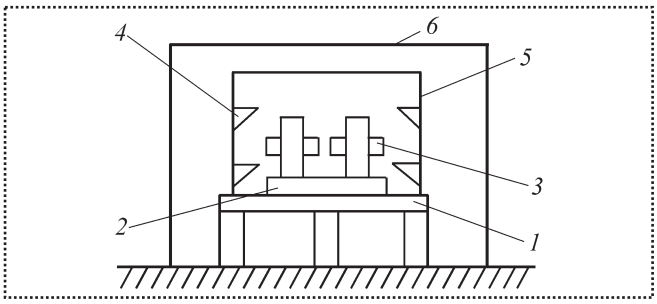


Рис. 2. Установка для пайки в парах марганца:
1 – основание; *2* – подставка под изделия; *3* – изделие; *4* – навеска марганца в воронке; *5* – негерметичный контейнер; *6* – контейнер

предварительного вакуумирования и нагрева контейнера пары металла связывают оставшийся в камере свободный кислород. Поскольку парциальное давление кислорода резко снижается, начинается диссоциация оксидов, находящихся на поверхности паяемого металла. Очистка атмосферы паяльной камеры парами металла более эффективна, чем создание высокого вакуума. Попадая на поверхность паяемого металла, пары активного металла вступают во взаимодействие с оксидной пленкой, способствуя ее удалению.

Очищение атмосферы паяльной камеры и удаление оксидной пленки обеспечивают безокислительный нагрев металла и условия для смачивания паяемой поверхности расплавом припоя. Особенно важно взаимодействие паров активных металлов с припоем. В случае, когда припой содержит тот же легко испаряемый активный металл, дополнительное введение этого металла в объем камеры препятствует испарению его из припоя и образованию дефектов в шве.

Путем введения активного металла из паровой фазы в припой можно изменять в нужном направлении температуру плавления и механические свойства припоя, придавать ему самофлюсующие свойства. Применение паровой фазы металлов позволяет не только регулировать состав припоя, но и наносить барьерные и технологические покрытия за счет взаимодействия с оксидами на поверхности паяемого металла и компонентами газовой среды, управлять процессами растекания припоя [7]. При выборе активного металла необходимо учитывать свойства паяемого металла.

Использование паров марганца позволяет проводить пайку конструкционных, углеродистых и коррозионно-стойких сталей в низком вакууме ($1{,}3\times10^{-1}...1{,}3\times10^{-3}$ Па), начиная с 950 °С, припоями системы медь–марганец и медь–никель–марганец. В этих условиях предотвращается испарение марганца из припоя и обеспечивается получение плотного паяного шва. В качестве припоя можно использовать медь в форме порошка или в более компактной форме, а также смесь порошков меди и никеля.

При пайке изделий сложной геометрической формы необходим равномерный подвод паров металла ко всем паяемым участкам изделия. В этом случае необходимо использовать несколько источников испарения и помещать изделие и испаритель в дополнительные негерметичные емкости, замыкающие объем внутри паяльной камеры (см. рис. 2).

В условиях низкого вакуума скорость испарения марганца ниже, чем в условиях свободного испарения, в 6...10 раз, что объясняется условиями отвода испарившихся атомов и образования оксидов на поверхности испарения. В парах марганца успешно осуществляют капиллярную пайку стальных изделий при температуре 1020 °С.

Распространенным припоем при пайке углеродистых и низколегированных сталей является латунь. Однако интенсивное испарение цинка из латуни при высоких температурах приводит к повышению температуры пайки, образованию пор и непропаев в шве. Применение паров цинка в сочетании с азотом или двуоксида углерода позволяет проводить качественную бесфлюсовую пайку. Цинк обладает высокой химической активностью по отношению к кислороду, поэтому введение цинка в паяльную камеру позволяет предотвратить его испарение из припоя или латуни.

Восстановительные свойства парофазного цинка обеспечивают достаточную активизацию поверхности низкоуглеродистых, низко- и высоколегированных сталей при пайке. При достаточном количестве цинка оксиды элементов, имеющих меньшее сродство к кислороду, не образуются. Элементы Cr, Mn, Si, Ti, Al, имеющие большее сродство к кислороду, чем цинк, могут в чистом виде окисляться в его присутствии. Однако в стали они находятся в растворе, где их активность ниже и при малой их концентрации они окисляться не будут.

При нагреве в результате взаимодействия цинка с водяными парами и двуоксидом углерода возможно появление в камере вторичных восстановителей – водорода и оксида углерода, более активных к кислороду, чем железо.

Начало испарения цинка и образования активной паровой фазы зависит от температуры нагрева, состава и давления защитной среды (рис. 3).

При соединении алюминиевых деталей наибольшее распространение получил способ пайки в парах самого активного летучего компонента – магния. Его пары, взаимодействуя с кислородом и парами воды, снижают их парциальное давление в камере пайки и, вступая в реакцию с оксидной пленкой алюминия, восстанавливают его. Образующиеся в виде тумана парообразные оксиды магния удаляют их из камеры, что создает благоприятные условия для развития процесса восстановления алюминия из оксидной пленки. Следовательно, магний вначале действует как геттер, а затем – как восстановитель алюминия.

В вакууме ($10^{-2}...10^{-3}$ Па) оксиды магния образуют не покрывающий поверхность металла рыхлый слой вместе с оксидами алюминия, что обеспечивает доступ парам магния к поверхности алюминия. Пары магния адсорбируют на поверхности алюминия, и происходит образование твердого раствора магния в алюминии, имеющего температуру плавления ниже температуры пайки. Образующаяся жидкая фаза поднимает оксидную пленку и обеспечивает ее разрушение и удаление с поверхности. При этом взаимодействие алюминия с магнием происходит только после связывания магнием кислорода. Из газовой фазы в состав паяного шва переходит до 5...7 % магния.

Концентрация паров магния в камере пайки зависит от скорости испарения, наличия и интенсивности стока паров магния. С целью уменьшения содержания кислорода, а также загрязнения магнием поверхности камеры печи, паяемые изделия помещают в закрытые коробчатые контейнеры, в которых создается местная атмосфера, обедненная кислородом и обогащенная парами магния по сравнению с остальным объемом печи. Чем меньше объем контейнера, т.е. чем меньше его свободное пространство, и чем меньше расстояние от стенок контейнера до паяемых изделий (до 5 мм), тем выше качество паяемых изделий. Поэтому контур контейнера может приближаться к контуру паяемых изделий.

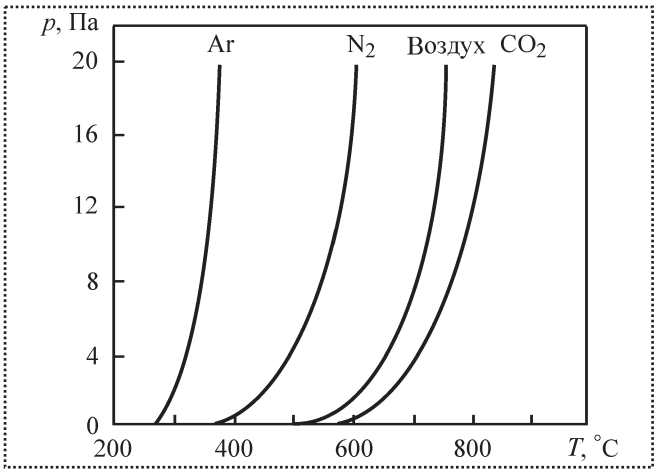


Рис. 3. Зависимость начала испарения цинка и создания активной паровой атмосферы от температуры *T*, давления *p* и состава газовой среды

Магний вносят в камеру пайки в виде пакетов, фольги сплава АМц, содержащих 1...3 % магния.

Эффективность разрушения оксидной пленки алюминия возрастает, если магний введен в паяемый металл или припой. В процессе нагрева он диффундирует к границе фаз металл – оксид и взаимодействует с оксидной пленкой. Последующая испаряемость магния повышает дефектность пленки и приводит к связыванию кислорода и паров воды непосредственно в зоне пайки.

При покрытии алюминия медью при температуре 550...570 °С алюминий с медью и газообразным магнием образуют эвтектику, которая служит припоем для соединения алюминиевых деталей.

Библиографический список

1. **Справочник** по пайке. Под редакцией И.Е. Петрунина. М.: Машиностроение, 2003.

2. **Акимов В.А., Пославский А.П.** Исследование и реализация технологии пайки меди и ее сплавов в активных газовых средах на основе водяного пара / Пайка в создании изделий современной техники. Мат-лы науч.-техн. конф. Тольятти. 1997.

3. **Хряпин В.Е., Лакедемонский А.В.** Справочник паяльщика. М.: Машиностроение, 1974.

4. **Перевезенцев Б.Н. и др.** Проблемы высокотемпературной контейнерной пайки / Пайка в создании изделий современной техники. Мат-лы науч.-техн. конф. Тольятти, 1997.

5. **Краснопевцев А.Ю.** Бесфлюсовая пайка стальных изделий медно-цинковыми припоями / Дисс. ... канд. техн. наук. Киев. 1987.

6. **Перевезенцев Б.Н.** Пайка сталей и титановых сплавов с применением паровой фазы металлов. / Дис. ... д-ра техн. наук. Киев, 1988.

7. **Перевезенцев Б.Н.** Процессы образования и взаимодействия парогазовых сред при контейнерной пайке / Сварочное производство, 1992. № 4.

УДК 378.14

В.Н. Подлеснов, *канд. техн. наук,* **Е.Р. Андросюк,** *канд. хим. наук,*
М.Г. Кристаль, *д-р техн. наук*
(Волгоградский государственный технический университет)
E-mail: crysmar@mail.ru

Формирование профессиональных компетенций у выпускников вузов

Рассмотрены вопросы перехода вузов на подготовку выпускников по новым федеральным образовательным стандартам в области конструкторско-технологического обеспечения предприятий. Предложены подходы к совершенствованию процесса преподавания в современных условиях.

The problems of universities transition to train graduates for the new federal education standards in the field of designer-rate technology support businesses. The approaches to perfection of teaching in modern conditions.

Ключевые слова: образовательный стандарт, компетенции, совершенствование подготовки выпускников вузов.

Key words: educational standard of competence, improving the training of graduates.

Одна из главных тенденций развития современного высшего образования – возрастание требований к качеству подготовки выпускников. Основными документами, определяющими требования к качеству, являются федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) высшего профессионального образования, утвержденные Министерством образования и науки РФ в 2009–2010 гг. и вводимые в действие в 2011 г. Новые стандарты (стандарты третьего поколения) ориентируют вузы на использование компетентностного подхода к образованию. Повышение качества образования тесно связано с эффективным формированием всех видов компетенций выпускника вуза, что возможно лишь в условиях инновационной деятельности учебного заведения. Инновации и компетенции – эти понятия и соответствующие процессы тесно между собой связаны и постоянно взаимодействуют. Инновационный вуз – это передовой вуз с высоким кадровым и научным потенциалом, обеспечивающий современный уровень научного и образовательного процессов в их тесном взаимодействии.

Традиционная система образования была ориентирована на усвоение студентами определенной суммы знаний с тем, чтобы обеспечить установленный уровень квалификации. По существу, это был квалификационный подход к образованию. Однако возрастающий объем информации, которую необходимо было усвоить в период обучения в вузе, на определенном этапе (начиная с семидесятых годов прошлого века) уже не мог плодотворно усваиваться при использовании традиционных методов обучения. Это противоречие и явилось побудительным мотивом к возникновению понятий "компетентность" и "компетенции", их введению в педагогику образования вообще и высшей школы в частности.

При традиционной форме обучения акцент делается на накопление знаний по изучаемой дисциплине, когда преподаватель передает студенту, а студент воспринимает некоторый объем информации. Результатом обучения является приобретение обучающимся определенных знаний, умений и навыков. Однако такое обучение носит в значительной степени формальный характер и мало способствует развитию творческой личности.

При компетентностном подходе акцент делается на результаты образования, т.е. на приобретаемые компетенции и формируемую в итоге компетенцию. В таком случае предполагается, что преподаватель и студент – это не "передатчик" и "приемник" знаний, а коллеги, партнеры

в образовательном процессе. При таком подходе можно сформировать творческую, инициативную личность, способную ставить и решать профессиональные задачи в соответствии с внутренними потребностями и внешними условиями, способную гибко реагировать на изменившуюся обстановку.

В литературе приводятся различные определения понятия "компетенция", например: "Компетенция представляет собой сложное, интегрированное понятие, характеризующее способность человека реализовать свой потенциал (знания, умения, личностные качества) для решения профессиональных и социальных задач в определенной области" [1]. Следует отметить, что приобретение знаний и умений предполагалось и при старом, квалификационном подходе к образованию. При компетентностном подходе важными становятся личностные качества человека, во многом определяющие способность применять знания и умения для решения творческих задач в своей профессиональной сфере.

Компетентность представляет собой совокупность компетенций, но не только как простую сумму, а с учетом их совместного влияния на формирование профессионала.

Существуют различные классификации компетенций, однако, как правило, их разделяют на две большие группы – общие (обобщенные или общекультурные) и профессиональные. Первую группу можно подразделить на компетенции: общенаучные (в том числе гуманитарные, экономические и естественно-научные); социально-личностные (в том числе личностные, социально-креативные и общекультурные); инструментальные (информационные и коммуникационные). Профессиональные компетенции различают в зависимости от вида деятельности – проектно-конструкторской, научно-исследовательской, организационно-управленческой, производственно-технологической, испытательной и эксплуатационной.

Компетентностный подход к образованию требует перестройки мышления профессорско-преподавательского состава в направлении усиления практически-ориентированной, творческой составляющей учебного процесса. В ВолГТУ в помощь преподавателям, слушателям школ педагогического мастерства, аспирантам и студентам издано учебное пособие "Компетентностный подход при реализации учебного процесса в вузе" [2]. В университете разработано также учебное пособие по составлению рабочей программы учебной дисциплины с учетом компетентностного подхода к образованию. Рабочая программа является основным документом, определяющим организацию и содержание обучения конкретным областям знаний. Одним из основополагающих разделов рабочей программы является раздел "Содержание учебной дисциплины", в котором перечисляются основные темы (модули) изучаемой дисциплины. Целесообразно по каждой теме приводить вырабатываемые при изучении соответствующего материала компетенции.

Конкретно вопросы формирования компетенций можно рассмотреть на примере направления подготовки бакалавров "151900.62. Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств". Характеристика профессиональной деятельности бакалавров по данному направлению и требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата приводятся в федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования [3]. Объектами профессиональной деятельности бакалавров являются, в частности, машиностроительные производства, их основное и вспомогательное оборудование, производственные и технологические процессы машиностроительных производств и др. Бакалавр по направлению 151900.62 подготавливается к следующим видам профессиональной деятельности: проектно-конструкторская; производственно-технологическая; организационно-управленческая; научно-исследовательская; сервисно-эксплуатационная; специальные виды деятельности.

В соответствии с видами профессиональной деятельности бакалавр должен, в частности, решать следующие профессиональные задачи:

- участие в разработке средств технологического оснащения машиностроительных производств;
- освоение на практике и совершенствование технологий, систем и средств машиностроительных производств;

• выбор материалов и оборудования и других средств технологического оснащения и автоматизации для реализации производственных и технологических процессов и др.

Среди необходимых бакалавру профессиональных компетенций есть, например, такие:

– *в области проектно-конструкторской деятельности* – способность участвовать в разработке проектов изделий машиностроения с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, а также в разработке средств технологического оснащения машиностроительных производств;

– *в области производственно-технологической деятельности* – способность участвовать в разработке и внедрении оптимальных технологий изготовления машиностроительных изделий, выбирать материалы, оборудование и другие средства технологического оснащения и автоматизации для реализации производственных и технологических процессов;

– *в области сервисно-эксплуатационной деятельности* – способность выполнять работы по настройке и регламентному эксплуатационному обслуживанию средств и систем машиностроительных производств.

Всего стандарт устанавливает 55 профессиональных компетенций. В разделе "Структура основной образовательной программы бакалавриата" определяются учебные циклы и проектируемые результаты их освоения с указанием дисциплин для разработки примерных программ и формируемых компетенций. В частности, в цикле профессиональных дисциплин определяется, что студент должен знать способы обработки, содержание технологических процессов сборки, технологической подготовки производства, задачи проектирования технологических процессов, оборудования, инструментов, методы обеспечения технологичности и конкурентоспособности изделий машиностроения. Студент должен уметь выбирать средства технологического оснащения при разных методах обработки, технологии обработки и сборки.

Как в настоящее время, еще до внедрения ФГОС, осуществляется формирование компетенций у студентов? Необходимый минимум знаний определяется действующими стандартами и обеспечивается, прежде всего, лекционным курсом, а также другими видами занятий. Умения и навыки студент приобретает в ходе лабораторных и практических занятий, выполнения семестровых, курсовых работ, проектов и выпускных аттестационных работ. Так было всегда, однако при переходе к компетентностному подходу к образованию доля самостоятельной работы существенно возрастает. Теперь потребуется большая индивидуализация занятий для самостоятельной работы, пересмотр их тематики в направлении приближения к решению конкретных производственно-технических задач.

В ВолгГТУ несколько лет назад был взят курс на повышение результативности выполнения выпускных аттестационных работ. Начали с магистрантов – установили перечень практических выходов при выполнении магистерских диссертаций. К моменту защиты диссертации магистрант должен иметь не менее двух научных публикаций. Это могут быть статьи в журнале или сборнике, поданная заявка на предполагаемое изобретение, отзыв от предприятия или организации о принятии работы к внедрению и т.д. Выпускники-специалисты также должны показать результаты своей работы, ее научную или практическую ценность. Результаты разработок или исследований студент должен представить в виде хотя бы одной из следующих форм: документ об участии в выполнении хоздоговорной темы с предприятием или другим заказчиком; публикация в журнале, сборнике научных статей или тезисов докладов; заявка на изобретение, положительное решение или патент; отзыв предприятия с обоснованием возможности внедрения усовершенствования в производство или акт внедрения, участие в научной конференции или творческом конкурсе. Такой подход к оценке выпускных работ, безусловно, способствует формированию профессиональных компетенций.

Вопросы формирования профессиональных компетенций в области сборки машин и приборов при отсутствии в учебных планах специального курса, связанного с технологией сборки, должны в полной мере отражаться во многих учебных дисциплинах, начиная с первого курса. Определенные компетенции в этой области закладываются уже в дисциплине "Инженерная графика" при выполнении сборочных чертежей

узлов и рабочих чертежей деталей. Студент должен знать, что технологичность изделия определяется не только сложностью изготовления деталей и технологией сборки, а также использованием при проектировании стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и узлов. Дальнейшее формирование компетенций в области сборки осуществляется в процессе изучения курсов "Оборудование машиностроительного производства", "Металлорежущие станки", "Автоматизация производственных процессов", а также при выполнении курсовых проектов и выпускной работы бакалавра. Соответствующие знания, умения и навыки должны находить отражение в рабочих программах.

В учебный план подготовки студентов на кафедре "Автоматизация производственных процессов" ВолгГТУ введена дисциплина "Основы автоматической сборки", на лабораторном практикуме которой студенты осваивают методы компенсации погрешностей относительного расположения сопрягаемых поверхностей на рабочих позициях сборочных автоматов. Также тематика выпускных работ у ряда студентов связана в той или иной мере с процессами сборки машин. Это и разработка контрольно-сортировочных автоматов, и устройств автоматической развальцовки, сварки, средств автоматической загрузки комплектующих деталей. Зачастую эти работы студенты выполняют на уровне изобретений, с разработкой и изготовлением экспериментальных макетов предлагаемых конструкций. Таким образом закрепляются полученные теоретические знания практическими навыками в проектировании, разработке технологии изготовления, изготовлении и экспериментальном исследовании.

Поскольку компетенции характеризуют способность человека реализовывать свои знания, умения и личностные качества при решении профессиональных задач, то компетентностный подход предполагает усиление внимания к развитию творческих способностей студентов. Это предопределяет повышение роли самостоятельной работы студентов. При изучении вопросов сборки целесообразно давать для решения конкретные инженерные задачи, ориентированные на современные тенденции развития производства и, в частности, организацию и технологию сборочных процессов.

Перспективным направлением работы по формированию профессиональных компетенций в области сборки могло бы стать создание в вузе предприятия по ремонту оборудования. Это позволило бы привлечь студентов-технологов для участия в целом комплексе процессов на различных стадиях ремонта – от разборки узла до сборки после восстановления деталей. Такое предприятие могло бы обеспечить реальный учебно-производственный процесс, включающий выполнение проектов, разработку технологии ремонта и сборки.

Федеральный государственный образовательный стандарт по направлению подготовки 151900.68 для обучения магистров содержит 74 профессиональные компетенции, которые должны быть обеспечены в процессе обучения в магистратуре.

Внедрение компетентностного подхода к образованию позволит повысить качество подготовки выпускников вузов, призванных творчески решать научно-технические и производственные задачи в условиях возрастающих требований со стороны потребителя.

Библиографический список

1. **Проектирование** основных образовательных программ вуза при реализации уровневой подготовки кадров на основе федеральных государственных образовательных стандартов / В.А. Богословский, Е.В. Караваева, Е.Н. Ковтун и др. М.: МИПК МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 100 с.

2. **Компетентностный** подход при реализации учебного процесса в вузе: учеб. пособие / И.А. Новаков, Ю.В. Попов, С.А. Смирнов и др. Волгоград, ВолгГТУ, 2009. 168 с.

3. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (квалификация (степень) "бакалавр") / Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 24 декабря 2009 г., № 827.

Металлообработка-2010

С 24 по 28 мая 2010 г. в павильонах ЦВК "Экспоцентр" под патронатом Торгово-промышленный палаты РФ и Правительства Москвы проходила 11-я Международная выставка оборудования, приборов и инструментов для металлообрабатывающей промышленности. Организаторы выставки: Министерство промышленности и торговли РФ, Союз машиностроителей России, РСПП.

В выставке приняли участие 500 компаний из 25 стран, площадь экспозиции 25 тыс. м^2.

Ассоциация "Станкоинструмент" организовала экспозиции отечественных станкостроительных заводов. Среди них **Ивановский завод тяжелого станкостроения (г. Иваново)**, который демонстрировал мощные высокоскоростные обрабатывающие центры и металлообрабатывающие станки различного назначения.

Обрабатывающий центр мод. ИСБ 800 (рис. 1, см. 3-ю с. обл.) с автоматической сменой палет для высокопроизводительной комплексной обработки особосложных корпусных деталей из любых конструкционных материалов. Размер рабочей поверхности палеты 500×500 мм, ее грузоподъемность 800 кг, число сменных палет 2 шт., время их смены 40 с. Скорость установочных перемещений 25 м/мин, время смены инструмента 18 с. Подача СОЖ осуществляется через шпиндель под давлением и внешним поливом. Частота вращения вала главного привода 4500 мин$^{-1}$, мощность главного привода 22 кВт, его наибольший крутящий момент 1200 Н·м. Вместимость инструментального магазина 40 шт. Диапазон рабочих подач по осям *XYZ* – 1...6000 мм/мин. Система управления станка Fanuc/Siemens. Его габаритные размеры 4750×6150×4000 мм, масса 17 т. Обрабатывающий центр ИСБ800 повышает производительность, например по сравнению с обрабатывающим центром мод. ИР800ПМФ, в 3–4 раза. Он укомплектован гидростанцией, пневмо- и электросистемами и другими комплектующими зарубежного производства.

Горизонтальный расточный и фрезерный станок с ЧПУ и АСИ (обрабатывающий центр) мод. ИС1250, на чугунных базовых деталях которого смонтированы стальные направляющие планки размером 150×50 мм, закаленные до твердости 59HRCЭ. Комбинированные направляющие станка – фторопластовые накладки и прецизионные роликовые опоры качения – обеспечивают высокие динамическую жесткость и демпфирующие свойства при наибольших скоростях перемещений узлов 8 мм/мин. При оснащении станка роликовыми направляющими типа THK фирмы Star (Германия) скорость перемещения его узлов возрастает до 20 м/мин. Рабочие органы перемещаются от индивидуальных регулируемых электродвигателей переменного тока посредством редукторов и шариковинтовых пар. Отсчет перемещений осуществляется линейными измерительными датчиками типа LS186C зарубежного производства.

В конструкции станка предусмотрена портальная (двойная) стойка, обеспечивающая термосимметричное расположение шпиндельной бабки и позволяющая увеличить точность обработки при более высоких жесткости и виброустойчивости. Шпиндельная бабка перемещается внутри портальной стойки и уравновешивается гидроцилиндром. Зажим инструмента на станке осуществляется гидроцилиндром и пакетом тарельчатых пружин, их отжим гидравлический.

Поворотный стол с рабочими размерами 1250×1400 мм имеет круговую рабочую подачу с шагом 0,001°. В его приводе использованы регулируемый высокомоментный двигатель переменного тока, конический редуктор и червячная передача. Поворотная часть стола установлена на радиально-упорном и упорном роликовых подшипниках и двух кольцевых направляющих из полимерного антифрикционного материала. Жесткая фиксация осуществляется четырьмя механизмами рычажного типа с помощью пакетов тарельчатых пружин с усилием зажима 230 кН, отжим гидравлический. Грузоподъемность стола 5 т. Вместимость инструментального магазина до 100 шт. На станке предусмотрена система автоматической централизованной дозированной смазки направляющих и шариковинтовых пар, система автоматической циркуляционной смазки узлов шпиндельной бабки. Габаритные размеры станка с системой СОЖ и защитой зоны резания 5030×5670×4280 мм, масса 20 т.

Горизонтально-расточный станок мод. ИС2А637ПФ4, оснащенный усиленным расточным

шпинделем диаметром 160 мм без встроенной планшайбы и обладающий повышенной жесткостью шпиндельной системы, обеспечивающей более высокую производительность при работе расточным шпинделем. Возможно применение навесных инструментальных головок – угловой фрезерной головки и навесной планшайбы. Станок оснащен системой ЧПУ повышенного класса точности. Базовые детали выполнены в виде жестких чугунных конструкций. Широкая станина оснащена тремя направляющими, максимально распределяющими рабочую нагрузку.

Главный привод станка оснащен трехступенчатой коробкой передач с электрогидравлическим переключением. На его фрезерном шпинделе можно устанавливать фрезы с помощью фланца. Встроенный поворотный стол имеет непрерывное позиционирование с шагом 0,001°, в качестве измерительного устройства использован круговой датчик мод. Heidenhain. Дополнительно имеется реперное устройство для особо точного останова стола в четырех позициях через 90°.

Диаметр расточного шпинделя 160 мм. Мощность главного привода 30 кВт. Наибольший момент на выдвижном шпинделе 3500 Н·м, на фрезерном 5200 Н·м. Рабочая поверхность поворотного стола 1600×1800 мм, его грузоподъемность 12 т. Рабочие подачи по линейным осям 2...2000 мм/мин, ускоренные перемещения 5000 мм/мин. Габаритные размеры станка 8700×5600×5100 мм, масса 36,35 т.

Дмитровский завод фрезерных станков (г. Дмитров Московской обл.) предложил потребителям свою продукцию.

Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6ДМ80ШФ1 с крестовым столом для выполнения всех видов фрезерных работ, сверления, зенкерования и растачивания отверстий в деталях из черных и цветных металлов, их сплавов и пластмассы в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. Наличие поворотного шпинделя с возможностью установки под различными углами, механизма зажима инструмента и ряда дополнительных приспособлений и принадлежностей позволяет существенно расширить технологические возможности станка по сравнению с аналогами: более высокие усилия резания, джойстиковое управление по трем осям, зажим инструмента в автоматическом режиме, широкий рабочий диапазон при наличии бесступенчатого регулирования подач и частот вращения шпинделя, низкий уровень шума на больших частотах вращения шпинделя. Размеры рабочей поверхности стола 320×800 мм. Наибольшие перемещения стола: продольное 500 мм, поперечное 200 мм. Вертикальное перемещение шпиндельной головки 400 мм. Пределы частот бесступенчатого вращения шпинделя 20...4000 мин$^{-1}$. Угол поворота оси шпинделя 90°. Мощность электродвигателя привода подач 2,1 кВт, шпинделя – 4 кВт. Габаритные размеры станка 1800×1125×1400 мм, масса 1,4 т.

Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок мод. 6ДМ83Ш (рис. 2) для выполнения всех видов фрезерных работ. Применение в приводе подач серводвигателя с частотным бесступенчатым регулированием позволило создать надежную конструкцию с раздачей движения на управляемые оси в автоматическом режиме. Конструктивные особенности станка и использование комплектующих изделий ведущих зарубежных фирм позволили обеспечить максимальное удобство в работе, охватить широкий диапазон режимов обработки, повысить надежность и производительность станка и достичь наибольших показателей точности и качества обработки. Наличие наряду с горизонтальным вертикального поворотного шпинделя с возможностью установки под различными углами в двух взаимно перпендикулярных плоскостях механизма зажима инструмента и ряда дополнительных приспособлений позволяет существенно расширить технологические возможности станка.

Размеры рабочей поверхности его стола 400×1600 мм. Наибольшие перемещения стола: продольное 1000 мм, поперечное и вертикальное 400 мм. Пределы частот вращения шпинделей: горизонтального 16...1600 мин$^{-1}$, вертикального 31,5...1400 мин$^{-1}$. Число частот вращения шпинделя: горизонтального – 21, вертикального – 12. Угол поворота оси вертикального шпинделя к станине 45°, от станины и в продольной плоскости 90°. Мощность электродвигателей приводов подач 2,1 кВт, вертикального шпинделя – 2,2 кВт, горизонтального шпинделя – 7,5 кВт. Габаритные размеры станка 2590×2615×2020 мм, масса 3,1 т.

Краснодарский станкостроительный завод им. Седина продемонстрировал токарно-карусельные станки.

Многоцелевой токарно-карусельный станок мод. 1А516МФ3 для обтачивания и растачивания по-

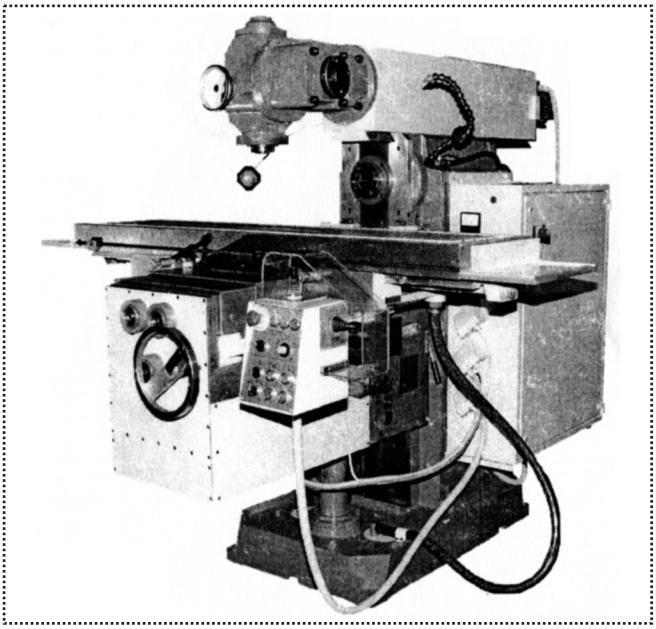


Рис. 2. Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок мод. 6ДМ83Ш

верхностей деталей с прямолинейными и криволинейными образующими, протачивания торцовых поверхностей, в том числе с постоянной скоростью резания, прорезания канавок, сверления, зенкерования и развертывания центральных отверстий, нарезания резьб на цилиндрических, конических и торцовых поверхностях. Станок оснащен конвейером для удаления стружки, устройством для охлаждения режущего инструмента жидкостью, комплектом оправок для крепления режущего инструмента, установочными регулируемыми опорами (башмаками), устройством измерения инструмента. Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки 1600 мм, высота 1600 мм, масса заготовки 15 т при усилии резания 50 кН. Пределы частот вращения планшайбы при бесступенчатом регулировании 1...335 мин$^{-1}$, наибольший крутящий момент на планшайбе 35 кН·м. Мощность привода главного движения 70 кВт. Управляется станок от ЧПУ. Его габаритные размеры 6330×4900×6260 мм, масса 26 т.

Токарно-карусельный станок мод. 1М516Ф1 с устройством цифровой индикации (рис. 3) для черновой и чистовой обработки заготовок из черных и цветных металлов в условиях индивидуального и серийного производства. На станке осуществляется обтачивание и растачивание цилиндрических и конических поверхностей, протачивание торцовых поверхностей, в том числе и с постоянной скоростью резания, прорезание канавок и отрезка, сверление, зенкерование и развертывание центральных отверстий, нарезание цилиндрических и конических резьб. Один верхний суппорт станка имеет цифровую индикацию координат и пятипозиционную револьверную головку. Станок также оснащен устройством защиты направляющих поперечины. Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки 1600 мм, ее высота 100 мм, масса 8 т. Наибольшее допустимое усилие резания верхним суппортом 35 кН. Предел частоты вращения планшайбы при бесступенчатом регулировании 1...200 мин$^{-1}$ с наибольшим крутящим моментом 2,5 кН·м. Мощность привода главного движения 55 кВт. Наибольшая длина хода верхнего суппорта по горизонтали 950 мм, по вертикали 700 мм. Масса станка 20 т.

ООО Торгово-промышленное объединение "Максимум" (г. Пенза) предложило потребителям различное металлообрабатывающее оборудование.

Режущий промышленный робот, выполняющий работы практически любой сложности, при этом заготовка специально не фиксируется. Возможно проведение работ на различных стальных профилях, таких как угловая сталь, стальные полосы, швеллер, тавр, двутавр и т.п., разрезание по прямой или кривой траектории с различной глубиной реза, выполнение отверстий с различными профилями. Робот оборудован лазерным датчиком, который использует лазерный принцип триангуляции и принцип анализа бесконтактного положения, смещения, толщины, радиуса, формы. Это повышает точность обработки материала. Использование системы off-line при программировании с визуальным интерфейсом упрощает программное обеспечение и облегчает работу робота. Созданный на компьютере чертеж изделия переносится на робот через гибкий дик или USB.

Режущий аппарат серии 6G для резки труб диаметром 60...120 мм и длиной 150...12000 мм, снабженный резаком, работающим с газом или плазмой. Газом разрезают трубы из углеродистой стали, плазмой – из углеродистой, коррозионно-стойкой стали и цветных металлов, а также сложные тонкостенные трубы. Результат работы аппарата выводится на экран ПК. Скорость резки 100...750 мм/мин при отклонении ±1,5 мм.

Машина серии CNCTG для плазменной резки тонких металлических пластин. В ее нижней части

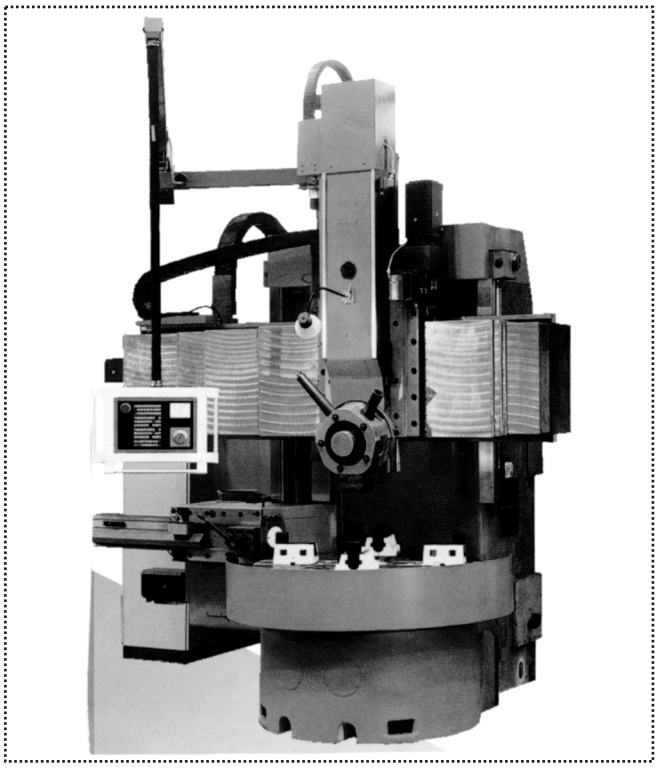


Рис. 3. Токарно-карусельный станок мод. 1М516Ф1

смонтировано устройство для вытяжки дыма и водный контейнер для удаления пыли. На машине в автоматическом режиме можно обрабатывать листы из цветных металлов, коррозионно-стойкой и углеродистой сталей. Она может разрабатывать и редактировать производственное задание, выполнять резку со скоростью до 6 м/мин. Машина проста в управлении, точна в работе и чисто обрабатывает кромки. Для управления продольным приводом применены шестеренка двойного привода, а также высокоточный редукционный привод. На обоих концах продольного моста находятся горизонтальные направляющие колеса. При помощи эксцентрикового колеса можно регулировать плавность работы машины. Также на обоих концах машины установлены очищающие устройства для удаления посторонних веществ. Управление при помощи ЧПУ позволяет обеспечивать высокоточную работу машины. Машина оснащена усилителем регулируемого привода и фотопроцессором для отслеживания положения контроля замкнутого цикла. Таким образом, можно не только регулировать скорость резки, но и ее точность. Колея резки 1,5...2,3 м. Машина рекомендована к применению в машиностроении и других отраслях промышленности, где требуется сложная механическая обработка и высокая производительность.

Универсальный шлифовально-заточный станок мод. PP-600F для заточки высокоскоростных стальных режущих инструментов, резцов из твердых металлов и других материалов, а также пригодных для цилиндрической шлифовки, обработки плоских канавок, трехразмерных профилей и т.п. При наличии специальных приспособлений его можно использовать для заточки различных шестерен, червячных шнеков, фасонных резцов, шаровых наконечников, гофрированных спиральных сверл и т.п. Рабочий стол выполнен с усовершенствованной высокоточной продольной шаровой направляющей, обеспечивающей стабильность при эксплуатации. Продольный ход рабочего стола 260 мм, поперечный 150 мм, размеры 130×550 мм. Подъем шлифовальной головки 160 мм, угол ее вращения 360°, частота вращения 2800 мин$^{-1}$. Питающее напряжение двигателя станка 380/220 В. Габаритные размеры в упаковке 700×630×630 мм, масса 168 кг.

ОАО "НИИизмерения" (Москва) показал на выставке различные измерительные приборы для машиностроения.

Прибор мод. БВ-7703 для контроля диаметров сопрягаемых валов и отверстий, в том числе гильз золотниковых пар. Диапазон его цифровой индикации ±1,999 мкм, предел допустимой погрешности 2 мкм. Габаритные размеры и масса станции измерения 163×138×72 мм и 1,5 кг, электронного блока 200×156×1201 мм и 1 кг.

Прибор БВ-7661 (рис. 4) для контроля осевых зазоров упорных и радиально-упорных подшипников качения без осевой нагрузки на подшипник. Внутренний диаметр контролируемого подшипника 20...300 мм, наружный – 50...400 мм, его ширина 15...65 мм. Диапазон контролируемых осевых зазоров в подшипнике 0...150 мкм, показаний при измерении ±200 мкм. Предел допустимой основной погрешности прибора 5 мкм.

Беспроводной прибор мод. БВ 7491РК для контроля диаметра и формы валов. Принцип действия прибора – индуктивный. Число контролируемых сечений 2 шт. Контролируемые параметры: диаметр 110...240 мм, овальность и конусообразность до 100 мкм. Предел допустимой погрешности 4 мкм. Смещение настройки за 4 ч работы не более 2 мкм. Число запоминаемых результатов контроля

деталей 32. Прибор оснащен радиоинтерфейсом Zeeg Bee.

Подналадчик мод. БВ-4303 для круглошлифовальных бесцентровых, токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ и обрабатывающих центров служит для контроля изготовления деталей и выдачи в систему управления станком информации о необходимой подналадке оборудования. Принцип действия подналадчика – индуктивный. Отношение погрешности геометрической формы к допуску размера обрабатываемой детали от 0,25 до 0,5. Диапазон измерения наружных размеров 10...300 мм, внутренних – 15...300 мм. Число управляемых команд 7. Предел допустимой погрешности при настройке команд 1 мкм. Габаритные размеры электронного блока подналадчика 292×226×122 мм, его масса 3,8 кг.

Микропроцессорный прибор БВ-4305 для контроля деталей с непрерывной поверхностью, изготавливаемых на круглошлифовальных станках. Принцип действия прибора – микропроцессорный индуктивный. Диапазон диаметров контролируемых валов 2,5...200 мм, показаний по шкале 60...600 мкм. Дискретность цифрового отсчета 0,1 мкм. Число управляющих команд 4. Чувствительность аналогового выходного сигнала постоянного тока 20 мВ/мкм. Габаритные размеры электронного блока прибора 296×226×122 мм, его масса 3,8 кг.

Группа компаний "Коломенские станки" (г. Коломна Московской обл.) демонстрировала новые тяжелые металлорежущие станки, изготовленные совместно с немецкой фирмой Siemens.

Вертикальный зубофрезерный станок мод. 5В345ПК для обработки прямозубых, косозубых, червячных, шевронных, бочкообразных зубчатых колес и внутренних зубьев. Система управления станка – программируемый командоконтроллер. Положение рабочих органов станка контролируется цифровой индикацией. Обработка зубчатых колес осуществляется методами обкатки, единичного деления и тангенциальной подачи. Наибольшие диаметр обрабатываемых колес 5000 мм, высота устанавливаемого изделия 1700 мм, модуль колес, обрабатываемых червячной фрезой, 40 мм. Мощность главного привода 42,5 кВт. Масса станка 152 т.

Станок мод. КТФ1420 для обработки торцов наружных и внутренних фасок на трубах диаметром 508...1420 мм может работать в составе технологической линии, связанной транспортной системой, обеспечивая обработку концов труб с двух сторон. Мощность главного привода станка 150 кВт. Масса станка 45 т.

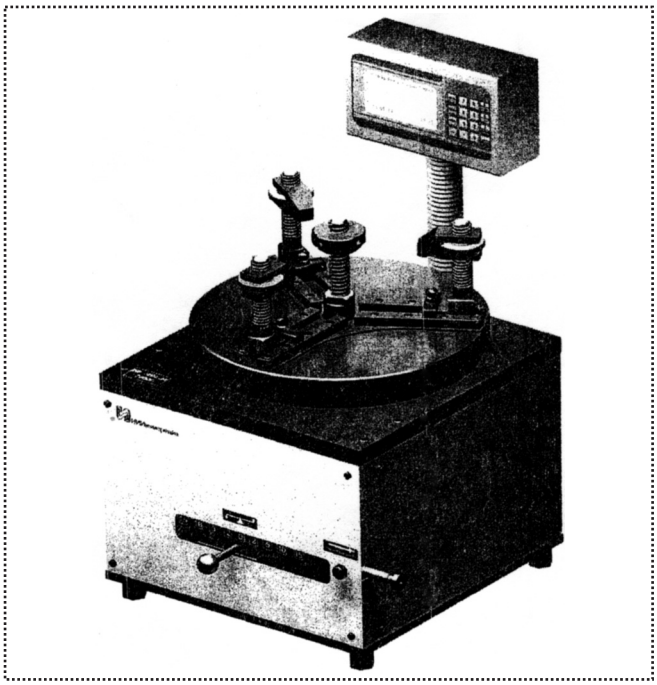


Рис. 4. Прибор БВ-7661

Бесцентрово-токарный станок мод. КБТ-400 для обточки круглого проката диаметром 130...400 мм. Принцип работы станка – обработка перемещающейся в осевом направлении вращающейся заготовки резцовой головкой. Цикловое программное управление станком в процессе работы и при переходе с одного диаметра обработки на другой – от программируемого командоконтроллера. Материал обрабатываемой заготовки – углеродистые, легированные, подшипниковые, коррозионно-стойкие, рессорно-пружинные стали. Диаметр обрабатываемых изделий 130...400 мм, длина 3500...6500 мм. Мощность электродвигателя главного привода шпиндельной бабки 450 кВт. Масса станка 134 т.

Двухроликовый резьбонакатной станок мод. РП50К для накатки резьб, винтовых и круговых профилей на деталях типа тел вращения из различных сталей, их сплавов и цветных металлов. Методы накатки – радиальной подачей ролика или осевой подачей заготовки. Станок работает в автоматическом режиме от системы управления на базе программируемого контроллера. Максимальное усилие накатки 50 т, диаметр обработки 4...120 мм. Мощ-

ность главного привода станка 18,5 кВт. Масса станка 5 т.

РУПП станкозавод "Красный борец" (Республика Беларусь) предложил на российский рынок товары народного потребления, в том числе станки для металлообработки.

Настольный сверлильно-фрезерный станок мод. СФ-1, оснащенный направляющими типа "ласточкин хвост", обеспечивающими стабильность работы при фрезеровании. Станок имеет переставляемый упор глубины сверления, что удобно в работе. Рабочий стол фиксируется по всем направлениям. Станок укомплектован частотным преобразователем бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя. Диаметр сверления 23...35 мм. Максимальный диаметр устанавливаемой фрезы 76 мм. Размеры рабочей поверхности стола 450×180 мм, наибольшие продольное перемещение 260 мм, поперечное – 150 мм, вертикальное головки – 280 мм. Диапазон частот вращения шпинделя 300...3000 мин$^{-1}$, регулирование бесступенчатое. Поворот головки в горизонтальной плоскости 30°. Мощность привода станка 1,5 кВт. Габаритные размеры станка 825×710×1010 мм, масса 200 кг.

Точильно-шлифовально-полировальный станок мод. ТШП-1 предназначен для снятия заусенцев, фасок, заточки режущего инструмента, полировки деталей из стали, дерева и других материалов. Станок состоит из полировального устройства, рабочий стол которого имеет возможность наклона в вертикальной плоскости на угол 45°. На конце электродвигателя смонтирован шлифовальный или полировальный круг для заточных или полировочных работ. Наружный диаметр полировального круга 250 мм. Ширина абразивной ленты 50 мм, ее длина 1228 мм, частота вращения вала 1430 мин$^{-1}$. Максимальная скорость перемещения абразивной ленты 15 м/с. Мощность привода станка 2,2 кВт. Питающее напряжение станка 380 В, габаритные размеры 610×50×80 мм, масса 82 кг.

ООО "Рухсервомотор" (Республика Беларусь) демонстрировало станки различного назначения.

Станок лазерной резки мод. Laser CUT-3015, состоящий из базового основания с трехкоординатным портальным манипулятором, системы ЧПУ, защищенной кабины, датчика слежения за поверхностью листового металла заготовки, системы подготовки режущих газов. Оснащен оптоволоконным лазером мощностью до 4 кВт с охлаждаемой оптической головкой с коллиматором и сменными соплами для подвода режущего газа. В качестве привода подач используются линейные синхронные серводвигатели с линейными датчиками положения и прецизионными шариковыми направляющими, защищенными от искр и капель расплавленного металла термостойкой гофрозащитой. Благодаря использованию прямого (безредукторного) привода станок имеет высокие скорость подачи и ускоренного хода до 180 м/мин, а также статическую и динамическую точность. Отсутствие редуктора и механической трансмиссии предотвращает изнашивание и появление люфтов, упрощает техническое обслуживание, обеспечивает сохранение высокой точности в течение всего срока эксплуатации.

Используемые программное обеспечение, УЧПУ и сервоконтроллеры производства ООО "Рухсервомотор" характеризуются полностью цифровым управлением приводом, совместимостью с программами CAD-CAM оптимизации раскроя листа. Перемещение манипулятора по оси X – 3050 мм, по оси Y – 1550 мм, по оси Z – 80 мм, погрешность поворотного позиционирования ±0,01 мм (точность вырезанной из листа детали зависит от свойств материала и степени его нагрева) при максимальной скорости перемещения по осям 60 м/мин и ускорении 6 м/с^2. Станок оснащен системой управления мод. LSMS-4 и интерфейсом RS-232. Мощность лазера 0,4...1,5 кВт (в зависимости от толщины обрабатываемого металла). Максимальная толщина реза для низкоуглеродистой стали 14 мм, коррозионностойкой – 7 мм при максимальной массе заготовки 700 кг. Габаритные размеры станка 800×2500×2200 мм, масса 2,2 т.

Высокопроизводительный трехкоординатный станок мод. DDM-3D-C (рис. 5, см. 3-ю с. обл.) с прямым приводом от линейных двигателей для выполнения прецизионных фрезерно-гравировальных работ по различным материалам. Линейные двигатели позволяют исключить изнашивание механической трансмиссии в системе и обеспечивают высокую надежность, точность позиционирования, скорость перемещения, стабильность технических характеристик станка. Прочная и жесткая стальная конструкция станка обеспечивает высокие прямолинейность и ортогональность перемещения шпинделя по всем координатам, а также чистоту обработки материала. Интегрированная система охлаждения

инструмента СОЖ позволяет обрабатывать материалы большой твердости. Размеры рабочей зоны (рабочего стола) по координатам *X*, *Y*, *Z* составляют 600×500×70 мм. Скорость рабочей подачи 12 м/мин. Напряжение питающей сети 220 В, мощность станка 500 Вт. Его габаритные размеры 1150×1000×1400 мм. Масса станка и блока управления 480 кг. Станок применяется для прецизионных фрезерно-гравировальных работ по различным материалам, изготовления клише, пресс-форм для полиграфии и ювелирных мастерских, в электронике при производстве печатных плат и т.п.

Компания "АСТ" (Москва) предложила потребителям машину термической резки мод. Satronik-c, изготовленную в Германии, с одной опорой (консольного типа), обеспечивающую подачу материала на резку с трех сторон. Она применима для газоплазменной резки листов толщиной до 200 мм. Несмотря на наличие только одной опоры, машина представляет собой жесткую конструкцию с принудительным воздушным охлаждением, сбалансированную по массе. Особенность конструкции позволяет устанавливать опору и стойку управления с левой или правой стороны от консоли. В комплект машины входят плазменный резак с защитой от столкновений, поворотная головка для резки с одновременной обработкой фасок, устройства для резки полос, высокочастотный агрегат для разметочных работ, система слежения за высотой расположения резака HV S250, автогенный резак с датчиком емкостной регулировки высоты. Число резаков в машине 4 шт.

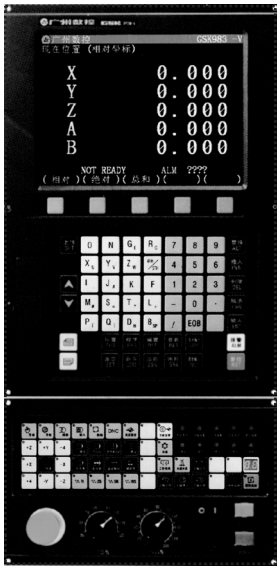


Рис. 6. Система ЧПУ мод. GSK 983M-V

Компания GSK (КНР) демонстрировала кроме прочего оборудования систему ЧПУ мод. GSK983M-V (рис. 6), разработанную для эффективной обработки на высокой скорости с большой точностью благодаря применению высокоскоростных микропроцессора и функций PLC. Высокоточное позиционирование и управление системой осуществляется по обратным связям датчиками положений. Механические ошибки в цепях передачи, такие как ошибка передачи винт–гайка, можно исправить внесением компенсации. Предельные нормы подачи настраиваются в автоматическом режиме при контурной обработке. При разрешении системы 1 мм наибольшая величина подачи может достигать 24 м/мин, что удовлетворяет требованиям управления машинами объемного фрезерования и высокоточными станками.

Непрерывная высокая скорость обработки данных вычислительным блоком достигается высокоскоростным центральным процессором. Скорость обработки (1000 программных слов/с) особенно подходит для высокоскоростных фрезерных машин и автоматизации управления деревообрабатывающими и лазерными станками. Система осуществляет управление пятью подающими осями и каналом управления шпинделем, контроль изнашивания режущих инструментов, масштабирование, вращение координатной системы. Графический дисплей и специальная макропрограмма позволяют выполнить любую обработку.

Встроенное устройство управления станком и большой объем памяти PLC значительно облегчают разработку программ электроавтоматики. Применение высокоскоростного процессора, микросхем программируемой логики с высокой степенью интеграции позволило создать компактную конструкцию и увеличить скорость работы ЧПУ. Интерфейс модуля поддерживает вводные/выводные устройства, обслуживающие 192/128 точек ввода/вывода. Связь ЧПУ с силовыми устройствами защищена за счет возможностей высокоскоростных серийных портов. На панели управления имеются кнопки с индикатором LED. Их функция определяется программированием PLC. Также они могут быть связаны с включением и выключением подачи, управлением шпинделем, штурвалами и осями координат.

Компания "Вебер Комеханикс" (Москва) – один из крупнейших поставщиков металлообрабатывающего оборудования, изготовленного за рубежом, сделала ряд предложений.

Горизонтальный токарно-револьверный станок мод. GLS-150 для высокопроизводительной обработки небольших деталей. Применение направляющих качения позволяет увеличить скорость быстрых перемещений. В сочетании с высокой скоростью смены инструмента (0,2 с на позицию) значительно сокращается время на вспомогательные операции. Станина наклонена под углом 30°. До-

полнительно станок может комплектоваться револьверной головкой для инструмента. Максимальные диаметр устанавливаемой заготовки 460 мм, точения – 320 мм, длина точения 500 мм. Двигатель привода шпинделя Fanuc P8AC мощностью 7,5 кВт. Частота вращения шпинделя 60...6000 мин$^{-1}$. Точность позиционирования станка ±5 мкм, повторяемость ±3 мкм, его масса 3,2 т.

Проходная установка серии MAXIMA с роликовым конвейером для непрерывной очистки в автоматическом режиме листов, профилей, труб, сварных и прочих изделий. Обрабатываемые изделия проходят через дробеметную камеру по роликовому конвейеру. Туннельное исполнение позволяет встраивать установку в поточную линию. Наличие изделий в камере регистрируют сенсоры. Автоматическая регулировка подачи дроби препятствует дробеметанию при отсутствии изделий в камере.

Комплекс лазерного раскроя мод. Axel-SL, оборудованный сменными челночными столами для операций загрузки/разгрузки во время процесса резания. Максимальный размер обрабатываемого листа 3000×1500 мм. Перемещение по осям X – 3150 мм, Y – 1600 мм, Z – 100 мм, точность позиционирования ±0,05 мм. Габаритные размеры комплекса 12845×5800×2300 мм, масса 24 т.

Инструментальный револьверный барабан мод. LVD/Strippit, изготовленный из отливки, для продолжительной работы. Барабан имеет сменные закаленные и шлифованные посадочные втулки держателей инструмента. Если в процессе эксплуатации посадочные места будут изнашиваться или повредятся, необходимо заменить только втулки, не меняя весь барабан.

В рамках выставки реализована многоплановая деловая программа: проведены международная конференция "Электроэрозионные и электрохимические технологии в машиностроительном производстве"; станкостроительный форум "Современные тенденции в технологиях и конструкциях металлообрабатывающих машин и механизмов", семинар "Импортозамещение в металлообработке. Положительный опыт внедрения отечественного металлорежущего инструмента, оснащенного твердосплавными пластинами".

Выставка способствовала освоению новых рынков и установлению деловых контактов между специалистами разных стран мира.

Чл.-корр. Академии
проблем качества **А.Н. Иванов**

ООО "Издательство **Машиностроение**", 107076, Москва, Стромынский пер., 4
Учредитель ООО "Издательство **Машиностроение**".
Адрес электронной почты издательства: **E-mail: mashpubl@mashin.ru**;
редакции журнала: **sborka@mashin.ru; tsmm@mashin.ru http://www.mashin.ru**
Телефон редакции журнала: (499) 268-38-42; тел./факс (499) 268-85-26; факс 269-48-97.
Технический редактор *Жиркина С.А.* Корректоры *Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.*
Сдано в набор 15.12.10 г. Подписано в печать 15.02.11 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,6. Заказ 56. Свободная цена.
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Издательство Машиностроение".
Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, д. 15.