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

12 2010 (125)

СОДЕРЖАНИЕ

Современные технологии сборки

Саблин П.А., Марьин Б.Н., Шпилёв А.М. Подготовка производства к сборке изделий сложной формы методом электронного описания . . . 3

Комаишко С.Г., Кулик Г.Н., Моисей М.В., Суздаль К.В., Тонконог А.Ю. Сборка реактора для проведения гидравлических испытаний . . . 8

Сысоев С.Н., Еропова Е.В., Шапинская В.А. Исследование метода многократной коррекции при сопряжении изделия с рабочей поверхностью, ограниченной фиксаторами . . . 11

Экономика и организация сборочного производства

Кокленков Д.А., Житников Ю.З. Разработка структурной схемы управления выбором изделия для дальнейшего изготовления, сборки и выпуска на малом предприятии . . . 15

Технологическая оснастка для сборки

Панов С.С., Мазеин П.Г., Смирнов В.А., Петрова Л.Н. Роботизированные сборочные стенды с техническим зрением и компьютерными системами управления . . . 23

Шишкарёв М.П. Показатели адаптивной фрикционной муфты с бифункциональным управляющим устройством . . . 29

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Матросова Ю.Н., Лапыгин Д.А. Автоматизированная система контроля параметров изделий перед сборкой . . . 34

В порядке обсуждения

Прилипский К.В., Лобуз В.В. Использование меры близости для определения функционально-пространственной структуры механосборочного производства . . . 38

Информация

Иванов А.Н. Высокие технологии XXI века . . . 43

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”, 2010

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

12 2010 (125)

CONTENTS

Modern technologies in assembly

Sablin P.A., Maryin B.N., Shpilev A.M. Preparation of manufacture for assembly of products of the difficult form by the method of the electronic description 3

Komaishko, S.G., Kulik, G.N., Moissey, M.V., Suzdal K.V., Tonkonog A.U. The assembling of a reactor for carrying out of the hudraulic test 8

Sysoev S.N., Eropova E.V., Shapinskaya V.A. Study of the method of multiple correction by conjugation products with the working surface, limited retainers 11

Economy and the organization of assembly

Koklenkov D.A., Zhitnikov Yu.Z. Working out of the block diagram of management by the choice products for the further manufacturing, assemblage and release on the small enterprise 15

Technological equipment for assembly

Panov S.S., Mazein P.G., Smirnov V.A., Petrova L.N. The robotized assembly stands with technical sight and computer systems managements 23

Shishkarev M.P. Indexes of an adaptive frictional clutch with the bifunctional actuation device 29

Quality assurance. Testing. Monitoring

Matrosova Yu.N., Lapyigin D.A. The automated control system of parameters of porosity of details before assembly 34

Prilipsky K.V., Lobuz V.V. Use of a measure of affinity for definition of is functional-spatial structure of machine-assembling manufacture 38

Information

Ivanov A.N. High teghnologies of XXI 43

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", 2010

УДК 621.88

Саблин П.А., *канд. техн. наук, доцент,* **Марьин Б. Н.,** *д-р техн. наук, профессор,*
Шпилёв А.М., *д-р техн. наук, профессор, ректор (Комсомольский-на-Амуре ГТУ)*
E-mail: ikpmto@knastu.ru

Подготовка производства к сборке изделий сложной формы методом электронного описания

Рассмотрены достоинства и недостатки различных способов электронного описания кривых, поверхностей, сложных профилей при сборке, стыковке, сопряжении деталей и изделий сложной формы.

In article merits and demerits of various ways of the electronic description of curves, surfaces, complex structures are considered at assembly, joining, interface of details and products of the difficult form.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, модель, изделие, компоновка, макет.

Key words: systems of the automated designing, model, a product, configuration, a breadboard model.

Интегрированные системы CAD/CAM/CAE позволяют инженерам выполнять электронное описание объекта производства с точностью 1–3 мкм [1]. Под электронным описанием объекта понимают представление конструкции изделия в виде плоской (2D) или объемной (3D) графики, выполненной в определенной программной среде с использованием ЭВМ и хранящейся в оперативной памяти или на носителях информации. В настоящее время в России нормативная база для выполнения электронного описания только создается, в то время как на западе существует более 280 стандартов серии ISO, задающих требования к каждому отдельному процессу создания математических моделей и их производных.

Сущность параметризации состоит в том, что деталь выполняется в компьютерной сборке как объект не с конкретно заданными габаритными размерами, а с взаимосвязанными переменными, при изменении одной из которых происходит перестроение всей детали. Применение принципа параметризированной модели позволяет модифицировать сложные сборки объекта производства в течение нескольких часов и ограничивается только возможностями компьютерной техники. Это присуще только электронному описанию объекта и полностью исключается при использовании традиционных методов.

Процесс компьютерного моделирования изделия, как и при использовании традиционных методов, начинается с создания математической или геометрической модели поверхности.

Под геометрической моделью поверхности понимают совокупность математического описания поверхности данного типа и полного набора координат и геометрических характеристик элементов, однозначно определяющих принадлежность данной поверхности точке пространства. Геометрические модели могут быть представлены как в виде жесткой неизменяемой модели, так и в параметризованном виде. В зависимости от выполняемых функций описание поверхности может быть представлено в виде каркасной или поверхностной модели либо в виде твердого тела. Как правило, на геометрической модели изделия наносится конструктивно-силовая схема, представляющая реальную разбивку осей несущих деталей изделия.

В реальном производстве применение электронной геометрической модели позволяет отказаться от изготовления дорогостоящих макетов поверхности, использования метода слепков для изготовления рабочих болванок и

штампов и перейти к выполнению обводообразующей и плазово-шаблонной оснастки с использованием станков с ЧПУ. В этом случае цикл подготовки производства сокращается на 3–6 мес, улучшается увязка и точность оснастки.

По мере роста производительности ЭВМ и графических станций появилась возможность выполнения трехмерных электронных макетов сборок и агрегатов. Электронный макет – это электронное представление элемента конструкции, предназначенное для решения позиционных, топологических и других задач, возникающих при проектировании и производстве. Он является носителем геометрических параметров детали изделия, определяет их взаимное расположение в сборке и привязку к базовым осям и плоскостям и представляет собой увязанную в пространстве виртуальную конструкцию, выполняемую с точностью, как правило, 0,001–0,003 мм в одной из систем компьютерного проектирования и хранящуюся в памяти ЭВМ или на магнитных (оптических) носителях. Принято выделять электронные макеты деталей и сборок.

Очевидно, что использование электронного макета детали для следующих операций технологического цикла целесообразно после увязки детали в окружении сборки, поскольку в этом случае гарантирована правильность собираемости деталей.

Электронные макеты разделяют на конструкторские и технологические [2]. Первые, создаваемые разработчиком изделия, точно отражают все нюансы конструкции, вторые, создаваемые разработчиком технологической оснастки, отражают условия поставки на сборку (стыковочные отверстия выполнены предварительно, даны технологические отверстия, учтены припуски на подгонку детали в сборке и т.п.). Аналогично выделяют технологические макеты отливки, поковки, штамповки, так как данные заготовки значительно отличаются от аналогичных деталей (наличие припусков, базовых элементов для фиксации в приспособлениях).

Технологический электронный макет подсборки отражает принцип технологического членения агрегата для удобства и сокращения цикла сборки и может не соответствовать конструктивному макету. Главное назначение технологического макета – проектирование специальной оснастки, подготовка программ ЧПУ для выполнения рабочих элементов приспособлений и т.п.

Электронная сборка – упорядоченный набор электронных модулей, описывающий конструктивный состав изделия.

Создание трехмерного виртуального макета изделия требует значительных затрат труда. Время, необходимое для их создания, примерно в 1,9 раза больше, чем на выпуск чертежей, однако компьютерный макет изделия несет на порядок больше информации.

Трехмерный электронный макет позволяет добиться результатов, в принципе невозможных при использовании плазово-шаблонного метода и частично достигаемых с применением дорогостоящих объемных плазов.

Основные преимущества использования виртуального макета:

– возможность увязки в пространстве сложных сборок с высокой точностью, исправления неувязок до выпуска чертежей и изготовления первого изделия;

– компьютерное моделирование технологических процессов изготовления деталей (литье, штамповка, гибка, сборка и т.п.);

– инженерный анализ созданной сборки: проверка на прочность, рассмотрение кинематики движения рабочих органов;

– применение контроля на основе координатно-измерительных машин и других методов;

– избавление от дополнительных затрат на изготовление увязочной оснастки (плазов, макетов поверхности, эталонов).

При создании трехмерного виртуального макета изделия его чертежи играют роль документации второго порядка. Обязательное условие – полная ассоциативность чертежа и макета. Практически это достигается выпус-

ком чертежей в той же программной среде, в которой создается макет. Современные САПР высшего и среднего уровня позволяют автоматически выпускать чертежи с трехмерного макета. Конструктору остается задать допуски и технические условия изготовления деталей.

Развитие САПР высшего и среднего уровней в настоящее время позволяет выполнять не только виртуальные сборки, но и трассировку в электронном виде жгутов электропроводки и трасс труб. Электронный макет с компоновкой блоками и трассами труб и жгутов получил название "электронная компоновка".

Электронная компоновка – совокупность взаимоувязанных электронных макетов каркаса, оборудования и трасс коммуникаций самолетных систем [2]. Виртуальная компоновка обеспечивает решение позиционных, топологических и других задач, возникающих в процессе предварительной работы над вновь создаваемым или модернизируемым изделием и на стадии рабочего проектирования, оперативное принятие решений при отработке первых изделий, сопровождение и отражение изменений на всем жизненном цикле изделия.

Очевидно, что электронная компоновка – это развитие электронного макета. Для ее выполнения необходимо наличие электронных каркаса изделия и макетов блоков и других комплектующих. Причем последние должны быть смоделированы по определенным принципам для уменьшения объема файлов и удовлетворения требований модулей трассировок системы компьютерного проектирования.

С учетом того, что выполнение электронной компоновки требует значительных ресурсов памяти ЭВМ, обычно применяют габаритно-поверхностные макеты покупных комплектующих изделий (без внутренней "начинки"). Нормализованные элементы (болты, винты, разъемы и т.п.) выполняют в виде отдельных файлов, как правило, из базы стандартных элементов системы. В целях дальнейшего сокращения объема файла компоновки применяют упрощенные каркасы изделия, что сказывается на быстродействии операций ПЭВМ.

Большинство систем компьютерного проектирования, изготовления и инженерного анализа верхнего уровня (системы CAD/CAM/CAE) подразумевает использование специальных модулей трассировки труб, жгутов с собственными библиотеками типовых элементов. В их отсутствие выполнение трассировок возможно в основных блоках моделирования.

Одна из возможностей перехода на использование электронного описания объекта – метод электронных плазов. В этом случае сохраняются основные принципы системы плазовой подготовки производства, но достигается сокращение объема плазовой оснастки, приобретаются новые возможности для повышения качества увязки и точности выпуска комплекта шаблонов.

Как известно [3], при плазово-шаблонном методе последовательная схема увязки и изготовления шаблонов требует значительных затрат времени на подготовку производства и высокой точности выполнения ручных операций. Эти недостатки можно устранить, если плазовое прочерчивание выполнить не ручным способом на металлических заготовках, а с помощью "плоских" систем компьютерного проектирования среднего или низкого уровня по правилам, характерным для ручного прочерчивания. В этом случае выполнение плазов в металле теряет всякий смысл, так как электронный плаз позволяет выполнить работы гораздо быстрее и точнее.

Для рабочих шаблонов в этом случае выполняются отдельные файлы на основе файлов плазов. Изготавливать шаблоны можно на станках с ЧПУ (фрезерных или лазерных) или прочерчивать рабочие контуры шаблонов на оборудовании с ЧПУ с последующим ручным изготовлением. Контролировать шаблоны можно с помощью координатно-измерительных машин на основе исходного файла шаблона.

К преимуществам данного способа подготовки производства изделий следует отнести уменьшение времени на выполнение прочерчивания и контроля работ, сокращение номенклатуры шаблонов, легкость передачи и точного повторения плазовой информации (например, для осуществления лицензионного производства), возможность применения файлов плазов для проектирования комплекта оснастки на базе ЭВМ, отсутствие складских помещений для хранения габаритных плазов.

Кроме того, имеется реальная возможность без больших затрат выполнить объемную увязку плазов, что очень трудоемко при плазово-шаблонном методе. Для достижения этой цели необходимо транслировать плазовые сечения в систему трехмерного проектирования, увязать их с осью симметрии сборочного изделия и строительной горизонталью с учетом дистанции и проверить плановые и осевые проекции на соответствие теоретическим обводам. Трудоемкость выполнения данной увязки в пространстве в 50–100 раз меньше объема работ при выполнении увязки плазов вручную.

Схема электронной увязки опробована на ряде изделий и показала высокую эффективность. Однако при использовании данного способа предстоит решить ряд вопросов, не укладывающихся в привычную практику существующей единой системы конструкторской и технологической документации (ЕСКД и ЕСТД).

Во-первых, электронный файл плаза – это не бумажный документ, который можно подписать, утвердить. В России нормативная база на статус электронных документов в настоящее время отсутствует. Предприятиям, решившим применять метод электронных плазов в производстве, предстоит самостоятельно решить вопрос о системе приемки и утверждения виртуальных плазов. Во-вторых, встает вопрос о заделе имеющихся ручных плазов – их необходимо сопровождать старыми методами, так как повторение ручного плаза невозможно (требование к точности 0,1 мм). Создание электронного аналога приводит к искажению геометрической информации. В-третьих, требуется создание компьютерной системы хранения и ведения конструктивных изменений.

По сути, проблемы не очень сложные, о чем свидетельствует практика применения такого метода в производстве. Его важнейшее преимущество в том, что он не требует изменения мышления конструктора-плазовика и является своеобразным этапом перехода к постановке изделий на основе электронного описания.

Применяемый в настоящее время в производстве плазово-шаблонный метод основан на принципе последовательного выполнения этапов подготовки производства, что наряду с невысокой точностью является одним из его главных недостатков. Используемая схема постановки изделий: чертеж – конструктивный плаз-шаблон – эталон-оснастка приводит к затягиванию сроков подготовки производства изделия на десятки месяцев. Замораживание оборотных средств на такой период в условиях рыночных отношений, как правило, не устраивает ни заказчиков, ни производителей.

Для ускорения выхода продукции на рынок используется принцип параллельного инжиниринга на основе метода трехмерной мастер-модели – трехмерного электронного макета детали, прошедшего увязку в окружении сборки, как единого носителя геометрии и топологии конструкции для одновременной разработки всей специальной технологической оснастки: шаблонов, приспособлений, штампов, рабочих болванок, пресс-форм, сборочных приспособлений и т.п. В результате электронная модель дает возможность параллельного выполнения работ всеми участниками подготовки производства изделия, которые могут быть разделены тысячами километров.

Сегодня передовые зарубежные фирмы демонстрируют разработку сложных технических изделий конструкторами фирм, находящихся в разных частях света, с использованием интернет-каналов (параллельный инжиниринг). Это сокращает сроки подготовки производства из-

делий в 2–3 раза по сравнению с традиционными методами и позволяет не только ускорить выход продукции на рынок, но, используя специальные методы фотореалистических изображений модели, осуществлять рекламные компании до реального появления продукции. Схему использования метода мастер-модели применяют при изготовлении специальной технологической оснастки.

В этом случае значительно сокращаются затраты на постановку производства, практически полностью отпадает необходимость в увязочной оснастке. Если электронные макеты деталей увязаны в сборке, нет нужды в выполнении плоских и объемных плазов. Шаблоны изготавливают непосредственно с виртуального макета детали, а при наличии на предприятии координатно-измерительной техники технологический процесс изготовления оснастки может быть построен без использования шаблонов. Особенно большие затраты требуются на изготовление объемных плазов для отработки трасс жгутов и труб. Применение методов отработки трасс трубопроводных систем на электронном макете дает не только сокращение материальных затрат и сроков изготовления, но и значительно уменьшает количество вопросов при отработке первых изделий. Опыт применения на производстве метода мастер-модели позволил сократить затраты на оснащение на 30–50 %.

Наличие виртуального оцифрованного макета детали позволяет использовать его для ускорения проектирования специальной оснастки с использованием высокопроизводительных булевых операций (вычитание или сложение объемов). При этом гарантируется увязка оснастки с высокой точностью, которая определяется только точностью применяемого оборудования.

Применение трехмерных электронных макетов значительно упрощает контроль изготовленных деталей и элементов оснастки. Наличие координат любой точки макета позволяет вычислить любые заданные размеры. Для контроля деталей и оснастки используются координатно-измерительные машины. К сожалению, в России не создано их промышленное производство. Практически все измерительные комплексы, применяемые в самолетостроении, импортные. Наиболее крупные комплексы обеспечивают рабочее пространство для замеров в объеме 10000×5000×3000 мм с точностью 5 мкм. Пространственная точность возрастает с уменьшением габаритов машины.

С 1999 г. предлагаемые на рынке координатно-измерительные машины комплектуются программным обеспечением, выполняющим обмеры по электронному макету детали. Такое обеспечение имеет очень удобный интерфейс, и подготовка программ для контроля сводится к указанию выбранных точек и элементов контроля на электронном макете детали. Программа движения рабочих элементов контроля создается записью последовательности движения курсора на экране дисплея.

Важное преимущество электронного макетирования – возможность предварительной отработки технологических процессов изготовления деталей на базе ЭВМ. В настоящее время компьютерные системы инженерного анализа позволяют выполнять полную имитацию основных производственных процессов: листовой штамповки (гибка, глубокая вытяжка, формовка), черного и цветного литья в формы, формообразования пластмассовых изделий, ковки и объемной штамповки и пр. Отработка технологических процессов идет по электронной модели детали, причем варьирование параметров технологического процесса позволяет получать величины утонения при деформировании, места разрывов, ожидаемые коробление и перегрев. Безусловно, это открывает перед технологами возможности быстрой оценки количества переходов операционных процессов, разработки технических требований к специальной технологической оснастке, своевременного предупреждения брака.

Мастер-модели применяются также для проверки конструкции на прочность, кинема-

тику и т.д. Если при использовании традиционных методов расчеты на прочность проводили в основном для опасных сечений, устанавливаемых априорно, то в электронных моделях прочность проверяется для всей детали с получением цветной эпюры напряжений. Системы САПР высокого уровня позволяют проводить проверку на прочность в течение нескольких минут, не выходя из системы, и делать это на протяжении всего цикла проектирования, например при выполнении дополнительных отверстий и обнижений в детали.

Особенно наглядно происходит проверка кинематики работы механизма. При выполнении увязки сложных агрегатов обеспечение требуемых зазоров при движении рабочих механизмов является одной из наиболее сложных задач. На проверку данных зазоров при использовании плазово-шаблонного метода требуются месяцы напряженного труда конструктора-плазовика. В случае использования методов трехмерного моделирования этот процесс заключается лишь в задании правил движения рабочих органов механизма и проверки зазоров в контрольных положениях. Результаты проверки выдаются наблюдателю в виде компьютерной анимации с возможностью получения диаграмм зазоров.

Библиографический список

1. **Современные** технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А.И. Пекарш, Ю.М. Тарасов, Б.Н. Марьин и др. М.: Аграф-пресс, 2006. 304 с.

2. **Современные** технологии авиастроения / Коллектив авторов; под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. М.: Машиностроение, 1999. 832 с.

3. **Крысин В.Н.** Технологическая подготовка авиационного производства. М.: Машиностроение, 1984. 200 с.

УДК 621.643/.644-987.001.24(035)

Комаишко С.Г., *генеральный директор,* **Кулик Г.Н.,** *главный металлург, канд. техн. наук,* **Моисей М.В.,** *главный конструктор,* **Суздаль К.В.,** *главный технолог,* **Тонконог А.Ю.,** *начальник сборочно-механического участка (ОАО "Деформт", Санкт-Петербург)*
E-mail – defort@yandex.ru

Сборка реактора для проведения гидравлических испытаний

Рассмотрены вопросы сборки реактора для получения полиэтилена высокого давления с целью проведения гидравлических испытаний после капитального ремонта с последующим продлением срока его эксплуатации.

The problems of a reactor assembling for getting of polyethylene for the high pressure are considered for the purpose of carrying out of the hudraulic test after the capital repairs with the going after prolongation of its term for exploiting.

Ключевые слова: реактор, сборка, гидравлические испытания, эксплуатация.
Key words: reactor, assembling, hudraulic test, exploiting.

Технологический реактор предназначен для полимеризации этилена и получения расплава полиэтилена. Изготовлен английской фирмой Саймон-Карвз в 1965 г. и спустя около двух лет пущен в эксплуатацию на ОАО "Уфаоргсинтез". Реактор представляет собой толстостенный цилиндрический аппарат с внутренним диаметром 305 мм, толщиной стенки 101,6 мм, высотой реакционной части 3505 мм. Высота аппарата с корпусом электродвигателя и крышками 5310 мм, его диаметр с рубашкой нагрева–охлаждения 539 мм. Реактор оснащен электродвигателем (мощность 30 кВт, частота вращения 1000 об/мин) и желобчатой мешалкой с диаметром вала 152,5 мм. Асинхронный электродвигатель заключен в толстостенный кожух с внутренним диаметром 305 мм и толщиной стенки 101,6 мм. От превышения давления реактор

защищен двумя отрывными предохранительными мембранами, его пространственное расположение – вертикальное.

Данное оборудование требует периодического ремонта, одной из операций которого является проведение гидравлических испытаний. Для этого реактор необходимо собрать и провести нагружение пробным давлением 280 МПа.

При проектировании производства полиэтилена высокого давления в СССР была запланирована ремонтная база, которая могла быть использована для всех заводов данного направления. Созданы различные стенды и оборудование, но весь комплекс в эксплуатацию пущен не был, поэтому альтернативы проведению ремонта реакторов в Англии не было.

На ОАО "Деформт" разработана технология сборки реактора и проведения гидравлических испытаний.

Методика проведения сборки

Для соединения корпусов реактора и двигателя необходимо надеть штуцерное кольцо на корпус реактора со стороны корпуса двигателя, установить волновое кольцо (с натягом) в заточку корпуса реактора, выставить соосно оба корпуса, надеть стяжные хомуты (рис. 1) на каждый из корпусов, после чего соединить их торцы, стягивая шпильками без перекосов и заеданий. Затем снять верхнюю половину стяжных хомутов и установить верхнюю половину стяжной муфты, снять нижнюю половину стяжных хомутов и установить нижнюю половину стяжной муфты, установить и стянуть хомуты муфт.

Если при стягивании корпусов на волновом кольце образуются задиры, его нужно заменить другим.

Нижнюю крышку с корпусом реактора собирают следующим образом. Надевают два штуцерных кольца на корпус реактора со стороны нижней крышки, заводят наполнитель во внутреннее пространство корпуса, размещают волновое кольцо в выточке корпуса реактора, выставляют нижнюю крышку соосно корпусу, надевают стяжные хомуты на корпус и крышку, соединяют их торцы с помощью стяжных шпилек без перекоса и заедания. Затем снимают верхнюю половину стяжных хомутов и устанавливают верхнюю половину стяжной муфты, снимают нижнюю половину стяжных хомутов и устанавливают нижнюю половину стяжной муфты, устанавливают и стягивают хомуты муфт.

Соединение верхней крышки с корпусом двигателя проводят так же, как и нижней крышки с корпусом реактора, исключая операцию надевания колец на корпус.

После этого герметизируют выхлопные и подводящие отверстия на утолщении корпуса реактора. Для этого устанавливают глухие линзы в гнезда отверстий (резьба 5/8″), половинки опорной муфты – на утолщение и стягивают их, наполнитель размещают в выхлопных отверстиях ∅50,8 мм длиной 98,5 мм, а комплект грибкового уплотнения – в отверстия ∅ 63,5 мм. Затем затягивают нажимной штуцер, обеспечив уплотнение линзы, и устанавливают упорную чашку

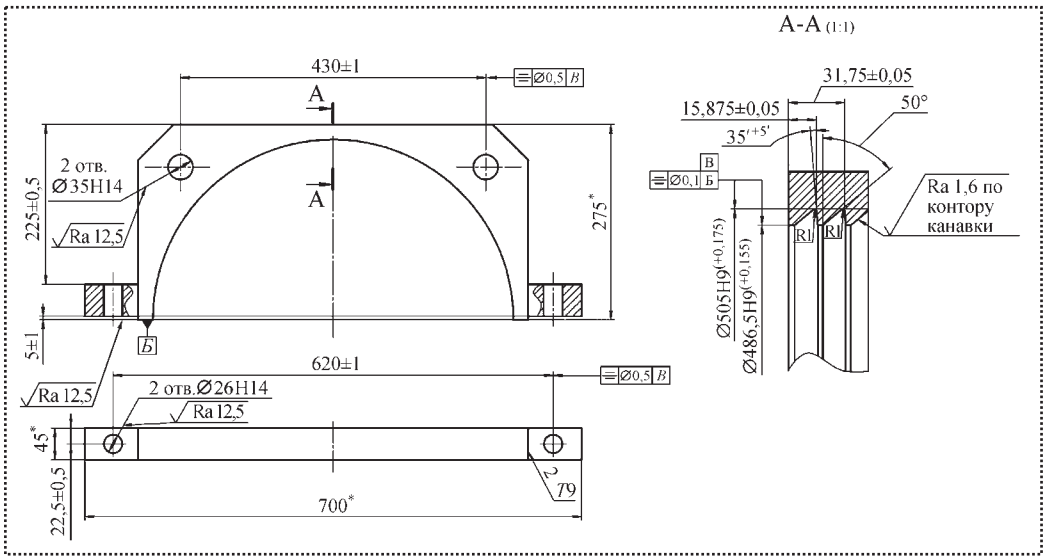


Рис. 1. Стяжной хомут

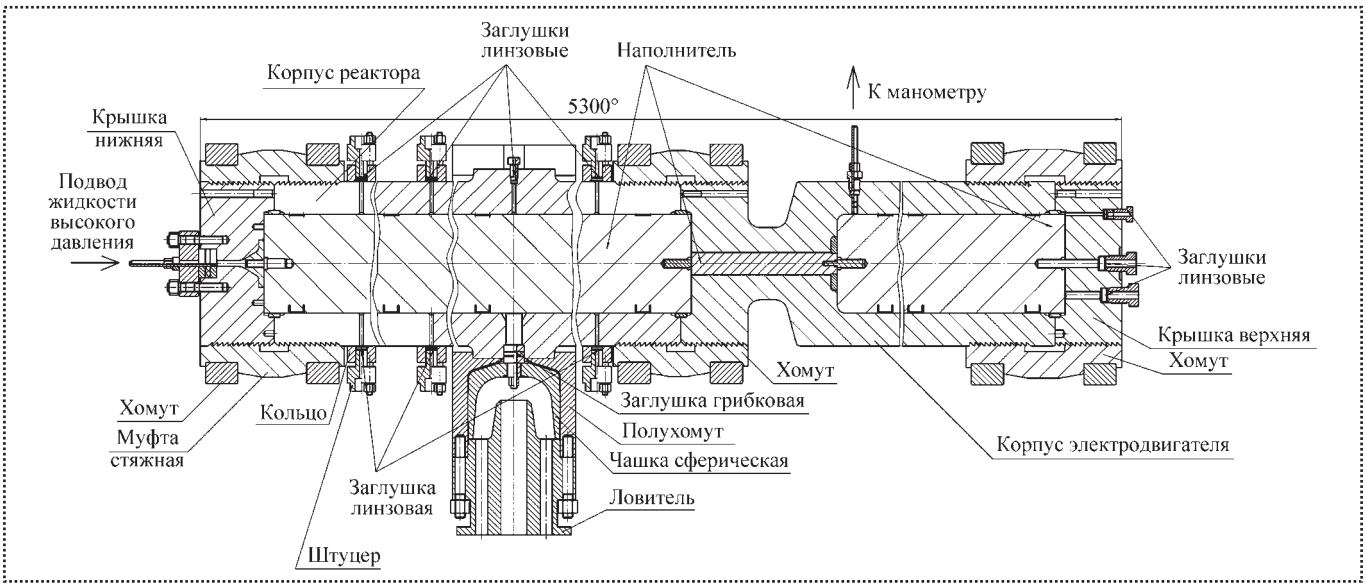


Рис. 2. Реактор в собранном для гидроиспытания виде

и фланец, обеспечив поджим грибкового уплотнения.

Для герметизации отверстий на корпусе реактора устанавливают кольца, совместив отверстия, затем глухие линзы в выточки отверстий корпуса и штуцеры, затянув гайки шпилек и обеспечив уплотнение линз.

Герметизацию отверстия на корпусе двигателя проводят следующим образом. Устанавливают комплект грибкового уплотнения, завертывают нажимной штуцер и обеспечивают предварительный натяг в уплотнении.

Для герметизации отверстия в нижней крышке необходимо установить комплект грибкового уплотнения с подводящей трубкой и поджимной фланец, затянуть гайки шпилек, обеспечить предварительный натяг уплотнений, для герметизации отверстий верхней крышки разместить в них наполнители, установить глухие линзы в соответствующие гнезда, ввернуть упорные штуцеры и обеспечить уплотнение линз.

В предыдущем разделе описана общая методика выполнения сборки, хотя в нее уже внесены сведения об установке наполнителя. В данном случае он используется из-за конструктивных особенностей гидростенда для испытаний, который жидкость сверхвысокого давления подает небольшими порциями.

Поскольку монтажные стенды изготавливать для единичных работ экономически нецелесообразно, принято решение не использовать горизонтальные стенды, имеющие несколько степеней свободы, а провести сборку в вертикальном положении реактора.

Положительной чертой данного решения можно считать то, что многие детали, имеющие достаточно большую массу, на свои места будут садиться под собственным весом, отрицательной – любые неосторожные движения могут привести к неприятным последствиям различной степени тяжести.

Одной из ответственных операций в этом процессе является установка уплотнительных волновых колец. Было решено выполнять ее с помощью холодной посадки. Для этого была подготовлена стальная теплоизолированная пенопластом емкость, которую заполняли жидким азотом и помещали в него волновое кольцо. Хотя сталь 20, из которой оно изготовлено, и не может работать при температуре жидкого азота, но до того момента, когда кольцо будет нагружено рабочим давлением, его металл примет нормальную температуру.

Реактор в собранном виде представлен на рис. 2.

Вывод

В результате проведенных работ удалось осуществить испытания отремонтированного на отечественном предприятии уникального оборудования и продлить срок его эксплуатации.

УДК 621.7.067

С.Н. Сысоев, *д-р техн. наук,* **Е.В. Еропова,** *канд. техн. наук,* **В.А. Шапинская** *(Владимирский государственный университет)*
E-mail: eklipt@bk.ru

Исследование метода многократной коррекции при сопряжении изделия с рабочей поверхностью, ограниченной фиксаторами

Рассмотрен способ коррекции изделия при установке его на рабочую поверхность, ограниченную фиксаторами, простейшими цикловыми механизмами, не имеющими технического зрения. Доказана возможность применения указанного способа, что позволяет расширить функциональные возможности механизмов загрузки-разгрузки при обслуживании высокопроизводительного технологического оборудования за счет обеспечения установки изделий из более широкого диапазона их начальных положений.

A method for correcting the product when installing it on the work surface, limited by fixed stops, the simplest cyclic mechanisms that do not have vision. The possibility of application of this method to install the product on the surface bounded by latches. The possibility of using the considered method allows to extend the functionality of mechanisms for loading and unloading in servicing high-technology equipment by providing a set of products from a wider range of their initial position.

Ключевые слова: способ, коррекция, рабочая поверхность, установка изделия.

Key words: way, correction, the working surface, the installation of the product.

В настоящее время весьма актуальна задача повышения эффективности работы механизмов загрузки-разгрузки при обслуживании высокопроизводительного технологического оборудования. Она включает совершенствование таких основных технических характеристик, как функциональные возможности, быстродействие и т.д.

Например, в холодной листовой штамповке расширение функциональных возможностей механизмов загрузки-разгрузки возможно за счет обеспечения сопряжения изделий из более широкого диапазона их начальных положений. В общем случае интерес представляет точность не столько расположения изделия в захвате промышленного робота, сколько его установки на рабочую позицию.

При холодной листовой штамповке обычно обрабатываемое изделие устанавливают на рабочую позицию штампа, ограниченную по периметру фиксаторами. В современных роботизированных технологических комплексах в матрице штампа установлен датчик, контролирующий только правильность установки, когда изделие всей плоскостью попадает на рабочую поверхность. При неточном расположении изделия над рабочей поверхностью оно не будет правильно установлено.

Промышленный робот, не оснащенный специальными приводами и датчиками, не сможет скорректировать положение изделия в штампе, т.е. в данном случае его установка возможна только из определенного положения относительно основного технологического оборудования, а заданная потребность может быть выполнена применением сложного по конструкции и системе управления оборудования.

Анализ причинных взаимосвязей [1] показал возможность выполнения функции коррекции положения изделия с помощью традиционного вакуумного захватного устройства, в котором захват установлен на подвеске с соответствующим числом степеней подвижности. Процесс сопряжения представляет собой способ [2] многократной пошаговой уста-

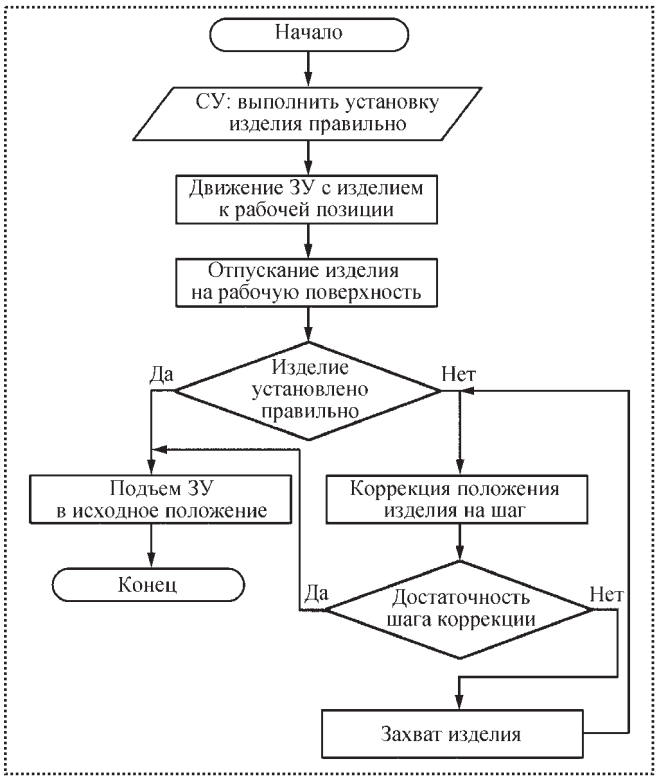


Рис. 1. Блок-схема алгоритма коррекции положения изделия: СУ – сигнал управления; ЗУ – захватное устройство

новки плоского изделия на рабочую позицию, ограниченную фиксаторами. При подходе к ней изделие отпускают, и оно падает на рабочую позицию. Если изделие смещено относительно последней, его край попадает на фиксатор и оно перекашивается. По направлению перекоса можно судить о требуемом направлении его смещения. Затем опускают схват, поворачивая его плоскость до положения, параллельного плоскости изделия. При этом схват перемещается в направлении, противоположном требуемой коррекции. После этого захватывают и поднимают изделие, корректируя его положение. Эту последовательность операций повторяют до полного соответствия требуемому положению изделия на рабочей позиции.

Данный способ коррекции можно реализовать широко применяемыми в промышленности простейшими цикловыми промышленными роботами, не имеющими технического зрения. Например, плоское изделие может быть установлено на рабочую позицию с коррекцией простейшим устройством – вакуумным захватом промышленного робота [3], в котором в качестве привода вертикального перемещения используется сильфон, а датчиком положения контролируется лишь правильность установки детали на рабочую поверхность.

Рассмотрим выполнение операции "установить правильно" изделие вакуумным захватом, алгоритм работы которого представлен на рис. 1.

Из центральной системы управления поступает сигнал на выполнение операции. Вакуумный захватный модуль автономно последовательно выполняет опускание захватного устройства с изделием к рабочей позиции, а затем его отпускание. Далее определяется правильность сопряжения изделия (установки). Если данное условие соблюдается, то захватное устройство поднимается в исходное положение и работа вакуумного захватного модуля заканчивается. Если не соблюдается, то выполняется коррекция положения путем определения направления требуемого смещения и перемещения изделия в этом направлении на шаг, величина которого реализуется конструктивными параметрами устройства.

Если величина шага коррекции недостаточна для требуемого сопряжения изделия, то захватный модуль выполняет многократную коррекцию его положения. Захватное устройство опускается на поверхность изделия, захватывает его, перемещает к механической руке, смещает на шаг коррекции и отпускает. Определяется соответствие расположения изделия, при несоответствии процесс пошаговой коррекции возобновляется.

Данный способ не рассматривали с точки зрения оценки качества выполнения процесса сопряжения изделий. Поэтому необходимо доказать возможность его применения для установки изделия на поверхность, ограниченную фиксаторами, с целью расширения функциональных возможностей за счет обеспечения установки изделий из более широкого

диапазона их начальных положений, а также выявить зависимость возможности проведения операции установки от конструкционных параметров захватного устройства, рабочей поверхности, параметров изделия.

Для выявления зависимости влияния параметров устройства на возможность установки изделия на рабочую поверхность, ограниченную штифтами, и на время выполнения этой операции проведено математическое моделирование технологического процесса.

При исследованиях были рассмотрены следующие параметры захватного устройства, рабочей поверхности и изделия: h – высота фиксатора; L – длина изделия; R – радиус плеча захватного устройства; ΔL – величина зазора между фиксаторами и изделием; x – начальное смещение изделия от требуемого положения относительно рабочей поверхности. Принято $h = 10$ мм, $\Delta L = 2$ мм.

На рис. 2 представлена расчетная схема коррекции положения изделия при установке на рабочую позицию.

Анализировали влияние на возможность правильной установки изделия параметров L, R, x в диапазоне $L = 10...150$ мм, $R = 10...100$ мм, $x = 1...5$ мм.

В ходе машинного эксперимента выявлено, что в большинстве случаев коррекция изделия при установке его на рабочую позицию выполняется независимо от исследуемых параметров, причем, как правило, не более чем за три шага. Поэтому при анализе полученных результатов принято, что максимально допустимое количество шагов по установке изделия равно двум. Случаи, когда количество шагов больше двух, рассматриваются как не удовлетворяющие требованиям и считается, что установка не происходит.

На рис. 3 представлен алгоритм выявления зависимости возможности установки изделия на рабочую поверхность (с коррекцией) вакуумным захватным модулем от величины R.

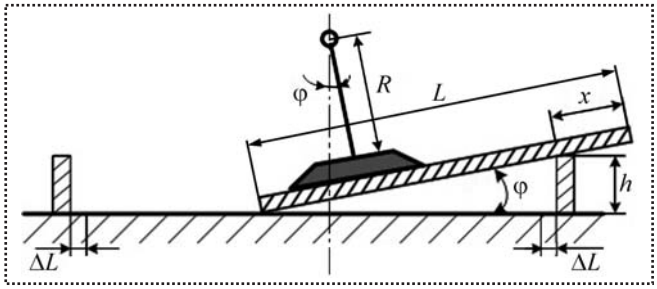


Рис. 2. Расчетная схема коррекции положения изделия

На рис. 4 (см. 2-ю с. обложки) приведен пример установки изделия с коррекцией положения за минимально возможное количество шагов для начального смещения, равного 1 мм.

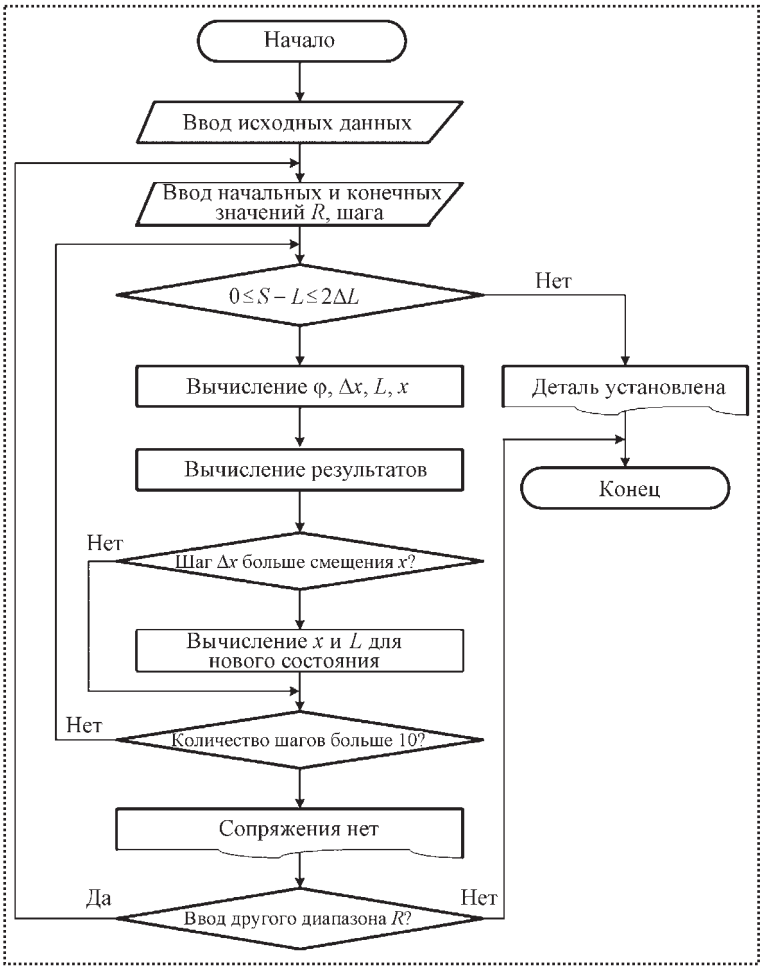


Рис. 3. Алгоритм выявления возможности коррекции положения изделия

В результате проведения машинного эксперимента получены следующие результаты:

1. Чем больше первоначальный сдвиг изделия, тем больше должен быть радиус плеча захватного устройства для установки с коррекцией изделия на ограниченную по периметру поверхность;

2. Чем больше длина изделия, тем больше должен быть радиус плеча захватного устройства для коррекции и сопряжения изделия за минимально возможное количество шагов;

3. При длине изделия, сравнимой с высотой фиксатора, установки его на рабочую позицию не происходит;

4. Чем меньше радиус плеча захватного устройства, тем за большее количество шагов происходит сопряжение изделия, либо не происходит совсем (в зависимости от длины изделия).

Полученные результаты показывают следующее:

– в рассматриваемом диапазоне исследуемых параметров для изделия длиной L = 70...150 мм радиус плеча захватного устройства, при котором происходит коррекция и сопряжение изделия, R = 40...100 мм;

– длина изделия должна превышать высоту фиксатора не менее чем в 7 раз.

Таким образом, промышленный робот, не оснащенный специальными датчиками, техническим зрением, может правильно установить изделие на рабочую поверхность, скорректировав его положение.

Выводы

Использование многократного способа коррекции значительно расширяет область применения корректирующих устройств.

Машинными исследованиями выявлены требования к параметрам вакуумного захватного модуля в зависимости от устанавливаемого изделия.

Библиографический список

1. **Сысоев С.Н.** Принципы и методы нахождения технических решений. Метод исследования функционально-физических связей: моногр. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. 214 с.

2. **Патент** РФ № 1798178. МКИЗ B25J 11/00. Способ установки плоской детали схватом на рабочую позицию / С. Н. Сысоев № 766218/08; заявл. 08.12.89; опубл. 28.02.93. Бюл. № 8.

3. **Патент** РФ № 1815217 МПК B 25J 15/06, B 65H 5/08. Вакуумное захватное устройство / С.Н. Сысоев, Ю.В. Черкасов № 4744434/08; заявл. 11.08.89; опубл. 15.05.93. Бюл. № 18.

УДК 681.3

Д.А. Кокленков, *аспирант,* **Ю.З. Житников,** *д-р техн. наук, профессор (Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева)*
E-mail: dmitri_k@inboxru

Разработка структурной схемы управления выбором изделия для дальнейшего изготовления, сборки и выпуска на малом предприятии

Представлена эффективная методика выбора изделий на малом предприятии, позволяющая создавать гибкие программные продукты для проведения оперативных исследований многих параметров и выдачи решений и рекомендаций по выпуску любого изделия.

The effective technique of a choice of products on a small enterprise is presented. She allows to create flexible software products which spend operative researches of many parameters and give out decisions and recommendations about release of any product.

Ключевые слова: обоснование выбора изделий, расчет затрат, ограничение, безубыточный объем производства, малое предприятие.

Key words: substantiation of choice goods, calculation outgoing, limitation, without loss volume of production, small-scale enterprise.

В настоящее время для многих предпринимателей актуальна идея создания малого предприятия с целью получения экономической выгоды от реализации производимой продукции. Поэтому необходимо разработать универсальную методику отбора наиболее привлекательных для изготовления изделий. Предлагается система выбора изделия для выпуска малым предприятием, общая схема которой представлена на рис. 1.

В первом блоке схемы организуется поиск полного перечня изделий в определенном регионе для производства на малом предприятии, имеющих спрос на рынке. Для определения спроса изучаются разнообразные источники получения полной информации об изделии: книги, статьи в журналах и газетах, интернет-сайты организаций, ежегодные отчеты предприятий, прайс-листы, каталоги организаций и др. Таким образом можно получить общие первостепенные сведения о примерных ценах на изделия, возможных и планируемых объемах выпуска, характеристиках, габаритах и основных параметрах.

Обоснованный выбор изделий для выпуска малым предприятием можно осуществить, используя некоторые универсальные методы: метод генерации новых идей, который включает "мозговую атаку" (собрания небольших групп специалистов, где открытые дискуссии стимулируют возникновение широкого круга идей); анализ существующей продукции и опросы; морфологический анализ; методы прогнозирования – сценарный метод, метод Дельфи и др. Новые идеи, включая патентованные, можно приобретать у других фирм, что снижает риск выбора изделий и время поиска, однако требует больших инвестиций и создает зависимость от инновационной деятельности других компаний.

После предварительного анализа разнообразной информации об изделиях необходимо изучить обстановку на интересующем рынке, уровень конкуренции, возможный спрос потребителей. Спрос можно спланировать на основе методов анализа временных рядов, которые позволяют спрогнозировать будущее исходя из прошлых данных. Необходимо проанали-

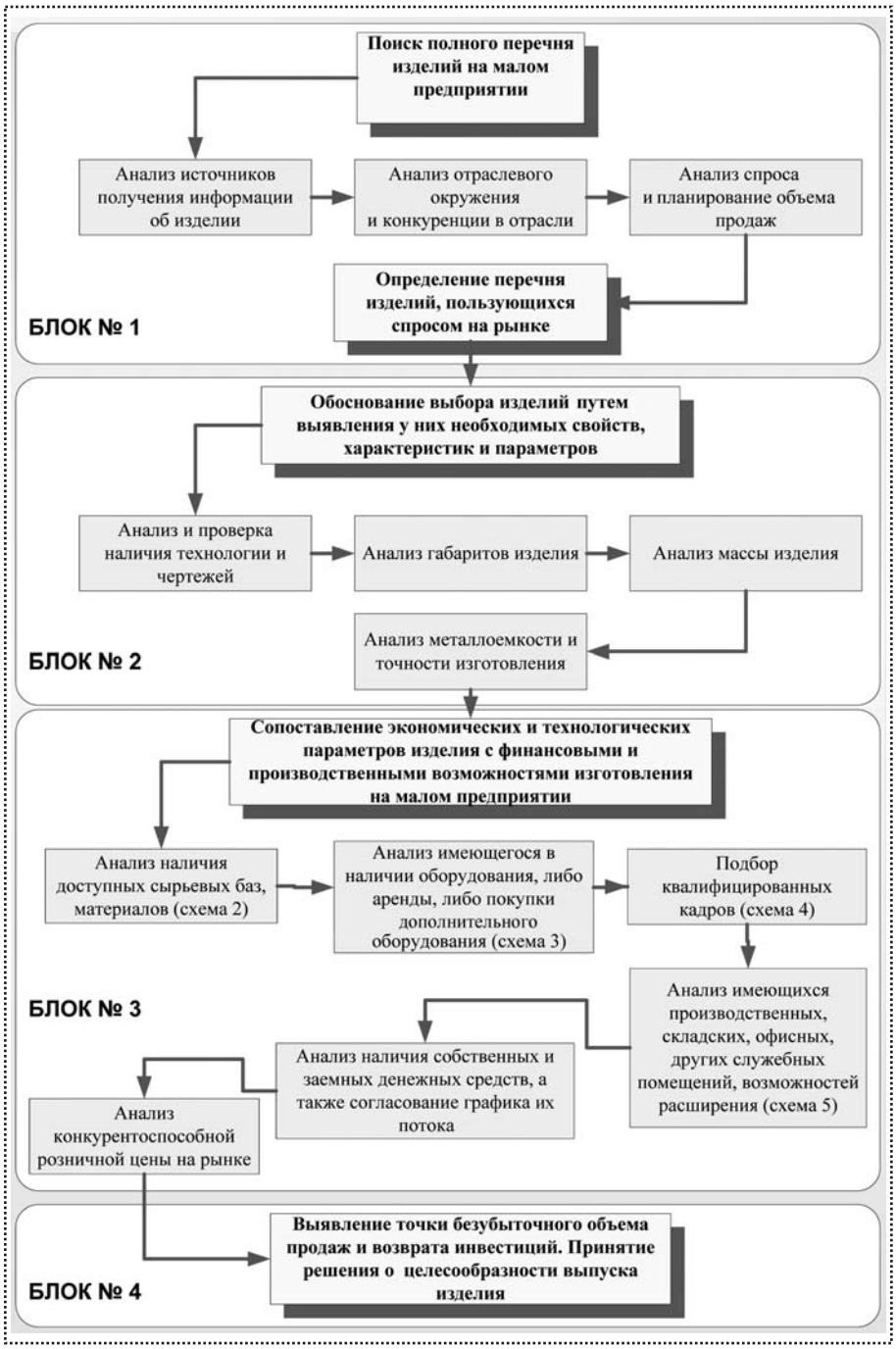


Рис. 1. Структурная схема выбора изделия для изготовления на малом предприятии

зировать основные характеристики отрасли, в которой планируется деятельность. Сначала изучают размер рынка и наличие компаний – поставщиков сырья, материалов и готовой продукции, далее проводят расчет темпа роста отрасли путем деления объема продаж всех предприятий отрасли в текущем периоде на объем продаж всех предприятий в предыдущем периоде. Затем анализируют рентабельность путем деления средней отраслевой прибыли на среднюю стоимость капитала предприятий отрасли. Задачами данного анализа является оценка привлекательности отрасли по потенциалу получаемой прибыли, сопоставление прибыльности конкретного предприятия со среднеотраслевым уровнем, оценка перспективы динамики рентабельности инновационного продукта.

Следующий этап – анализ неравномерности спроса на продукцию: сезонность, возможный ажиотажный спрос и неравномерность спроса, вызванная долгосрочными контрактами и длительным циклом изготовления продукции. В дальнейшем необходимо оценить возможный эффект экономии на масштабах, который проявляется в сокращении себестоимости единицы продукции по мере увеличения объема ее выпуска за период, эффект экономии на объемах (снижение себестоимости единицы продукции благодаря переходу на более высокие проектные мощности предприятия), эффект обучения на опыте (сокращение себестоимости единицы изделия с увеличением суммарного (накопленного) объема выпуска продукта за все годы работы предприятия), эффект экономии на размерах, который заключается в том, что предприятию выгоднее выпускать несколько видов продукции. Необходимо проанализировать доступность поставщиков, материалов,

комплектующих изделий, надежность поставки в указанные сроки.

Главный итог анализа отраслевого окружения – выявление ключевых факторов успеха предприятия, т.е. возможностей, которыми должно обладать предприятие для успешного ведения конкурентной борьбы на рынке, а также уровня спроса на продукцию. Рассчитывают обобщающий коэффициент анализа внешней среды, показывающий уровень конкуренции и развития рынка.

После выявления хороших рыночных перспектив для производства ряда изделий необходимо оценить их характеристики, чтобы определить, возможна ли организация производства данных изделий на малом предприятии без применения высокоточных технологий, дорогостоящих материалов, габаритного оборудования и огромных капитальных вложений. Параметры изделий и ограничения по данным параметрам описаны во втором блоке схемы на рис. 1.

В первую очередь целесообразно приобретение конструкторской и технологической документации, в комплект которой входят маршрутная, операционная и контрольная карты, технологическая инструкция, карта эскизов и схем. Технологический процесс должен обеспечивать изготовление изделия с наименьшими затратами времени, труда, материалов с использованием наиболее прогрессивных и экономически оправданных методов производства [1].

При отборе изделий для изготовления малым предприятием важными факторами являются габариты, масса и состав изделий, так как возможности их обработки и сборки ограничены возможностями станков, использованием ручного труда при сборке и транспортировке без кранов, манипуляторов, конвейеров и других сложных технических средств.

Важный фактор организации производства – сопоставление экономических и технологических параметров изделия с финансовыми и производственными возможностями изготовления на малом предприятии, представленными в блоке 3 рис. 1.

Перед принятием решения о выпуске изделия надо проанализировать месторасположение и состояние поставщиков необходимых сырья и комплектующих. В первую очередь подвергаются анализу данные о наличии и количестве материалов, возможности бесперебойного снабжения, продолжительности транспортировки. Далее следует сопоставить наличие и поступление ресурсов у поставщиков с производственной программой предприятия.

Планирование можно осуществлять, используя метод календарного планирования (MRP). Задача данного метода упрощенно сводится к получению нужных материалов в нужном месте в нужное время. Программы, работающие на основе MRP, сохраняют информацию о потребностях, полученную из основного плана производства, используют текущий наличный баланс в соответствии с графиком поступления заказов, вычисляют время получения заказов, создают ведомость материалов, график плановых запусков заказов в производство, разбивают изделие на структуры и иерархичные уровни производства и сборки, ведут инвентарные записи.

После определения перечня и объема поставляемых сырья и материалов производится расчет затрат на их закупку. На рис. 2 представлен порядок расчета затрат на основные материалы. В данном блоке учитываются возможности по закупке готовых узлов, деталей и комплектующих для организации производства, потери от брака и отходов, а также возможности по утилизации отходов и возврата части денежных средств.

Следующий шаг – определение количества и видов оборудования и приспособлений для использования в процессе производства и сборки на малом предприятии. С этой целью создается база данных по стандартному оборудованию с указанием основных технических характеристик и цен. Предприниматели полу-

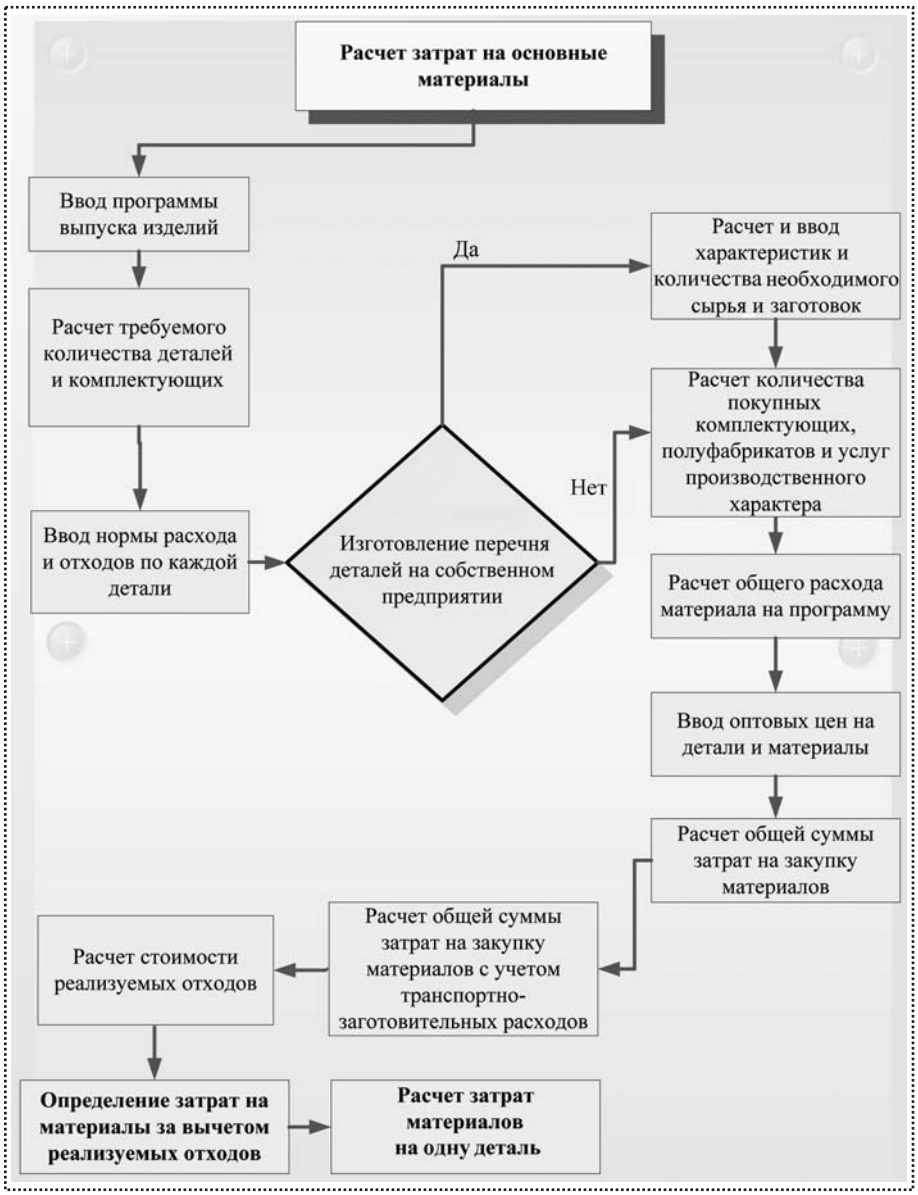


Рис. 2. Расчет затрат на основные материалы

чат возможность в каждом случае выбрать из перечня наиболее подходящие станки, приспособления либо добавить новые, более совершенные. Далее проводится расчет стоимости закупаемого оборудования, последовательность которого дана на рис. 3. Одна из важнейших задач при расчете – гибкость действий: предприниматель может организовать производство некоторых деталей вне предприятия, использовать станки, имеющиеся в наличии, закупить либо взять в лизинг новое оборудование.

Решения по поводу инвестиций в оборудование необходимо проверять с точки зрения его загрузки и экономической эффективности использования. Необходимо стремиться к сбалансированности производственных мощностей и их загрузке в пределах от 80 до 110 % [2]. Стоит спланировать возможности изменения программы или технологического переноса, а также возможности по универсализации оборудования для обработки, сборки и выпуска нескольких изделий. Необходимо провести выравнивание плановой и фактической величин производственной мощности путем сопоставления, с одной стороны, номенклатуры изделий и технологии обработки, а с другой – средств производства и производственных мощностей.

От количества и вида используемого оборудования зависит количество производственного персонала. В рамках проектирования малого предприятия одно из важнейших мест занимает расчет потребности в персонале для организации производственной деятельности. Эти потребности следует рассматривать в прямой связи с видом и количеством единиц используемого оборудования, а также структурой предприятия. Кроме того, следует определить потребности в персонале смежных служб, таких как участки заготовок, контроля качества, ремонта и обслуживания, управления производственным процессом, в некоторых случаях управленческие подразделения.

Издержки на персонал составляют в структуре издержек предприятия, как правило, доминирующую долю. Поэтому определение потребности в персонале является важным компонентом процесса проектирования промышленного предприятия. Полный перечень затрат на персонал дан на рис. 4. Одним из главных параметров при расчете является определение тарифной ставки (расчет осуществляется либо за норму времени, либо за единицу произведенной продукции).

Расчет потребности в персонале предполагает определение следующих параметров:

- тип персонала (качественные параметры потребностей в персонале);
- численность персонала (количественные параметры потребностей в персонале) в связке со сроками привлечения (период использования).

В общем случае численность производственного персонала вычисляют следующим образом:

$$Ч_{пр} = (C_{пр} K_{см}) / (1 - K_{сп}), \quad (1)$$

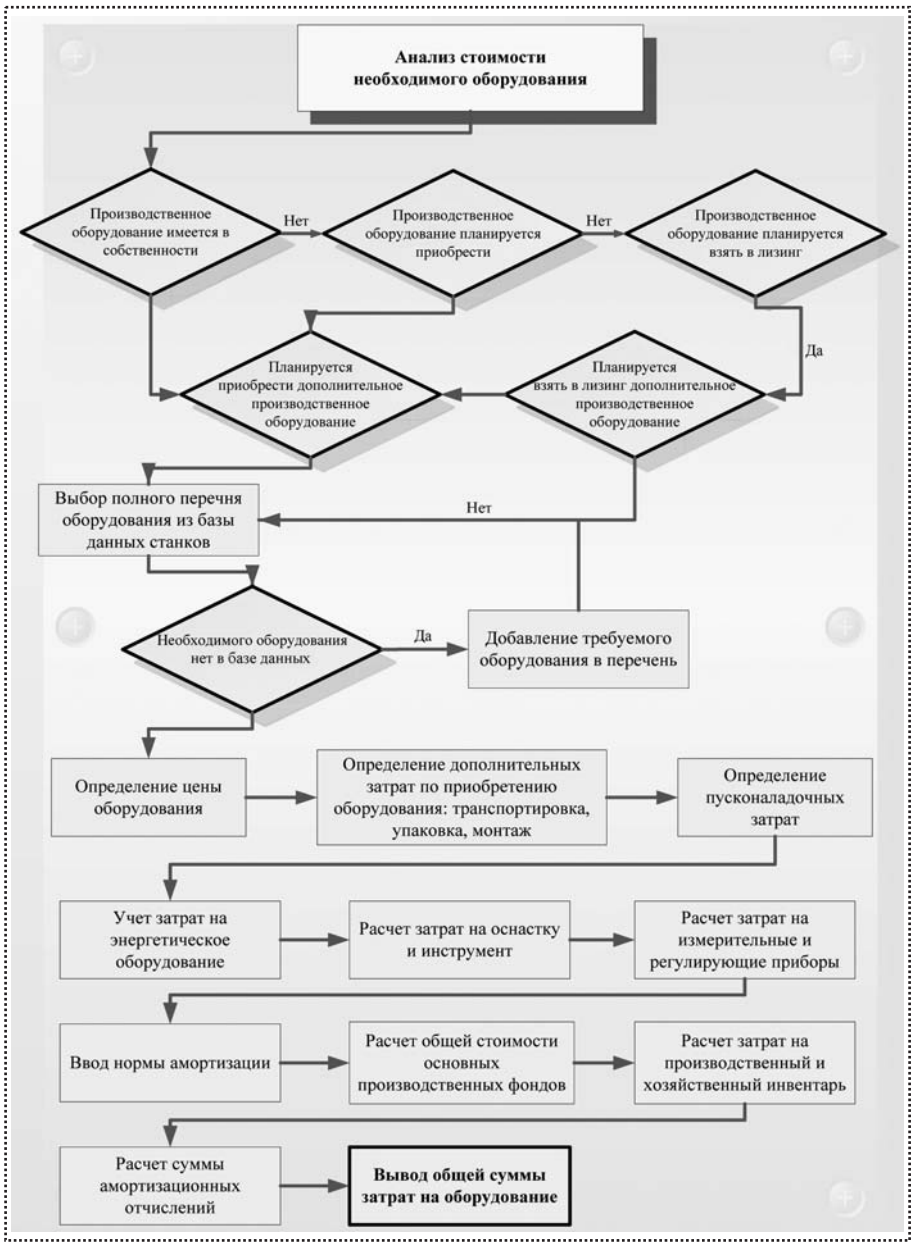


Рис. 3. Анализ стоимости необходимого оборудования

где $Ч_{пр}$ – численность производственного персонала;

$C_{пр}$ – количество единиц оборудования;

$K_{см}$ — коэффициент сменности работы;

$K_{сп}$ — коэффициент невыходов.

В среднем принимают $K_{сп}$ = 0,1.

Заблаговременное определение потребности в площадях для проектируемого промышленного объекта также является ключевой проблемой процесса промышленного проектирования в связи с ее значением для определения структуры земельного участка и зданий. Необходимо выявить и связанные с этим потребности в инвестициях. Анализ порядка расчета суммы инвестиций в производственные и подсобные площади представлен на рис. 5. Данная схема универсальна, так как позволяет учитывать имеющиеся, закупаемые и арендуемые площади. Общую площадь необходимо разделить на отдельные участки в соответствии с их функциональной классификацией.

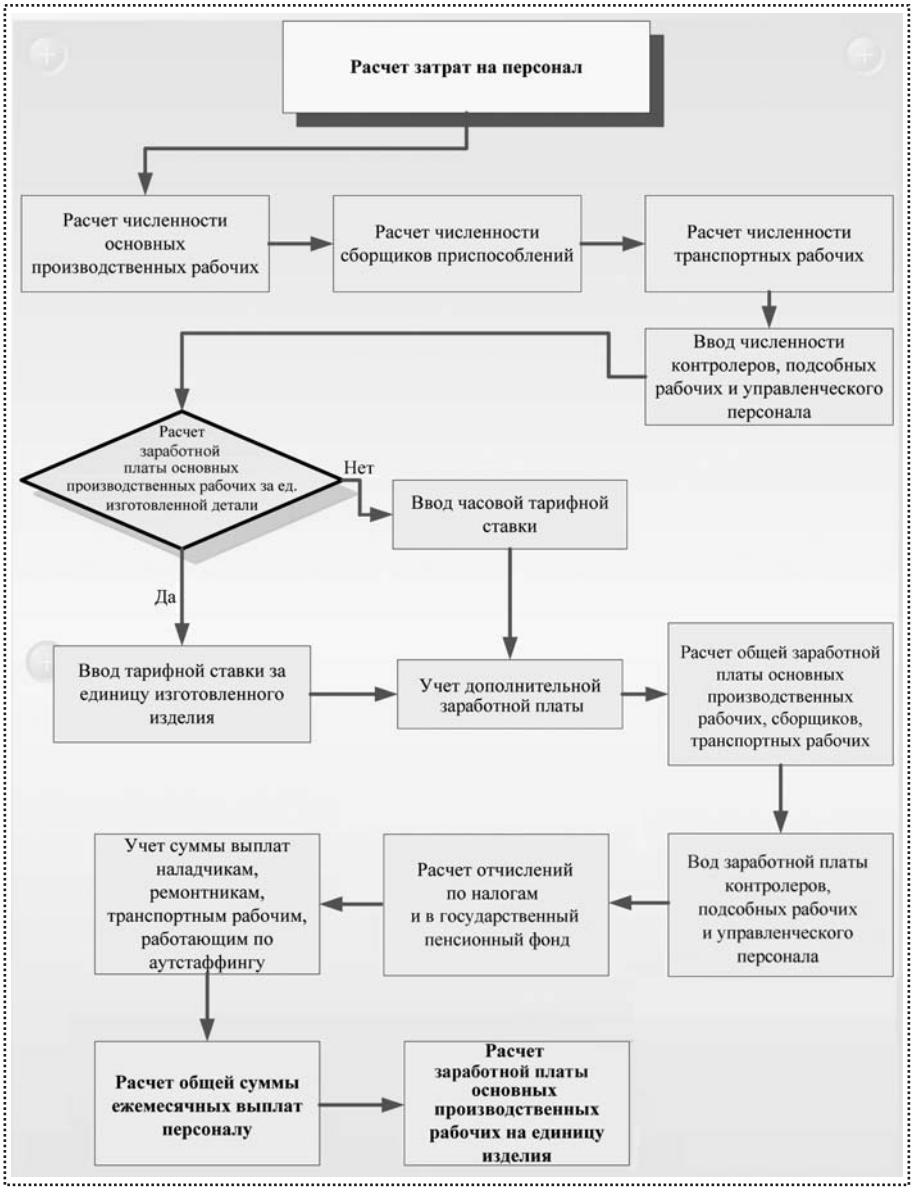


Рис. 4. Расчет затрат на персонал

Одним из оптимальных вариантов расчета площадей по функциональным критериям является метод немецкого инженера Нестлера. Метод базируется на широких статистических исследованиях, проведенных на основе данных о цехах малых и средних машиностроительных предприятий. В соответствии с ним площадь F цеха в упрощенном виде можно представить в виде суммы [3]

$$F = F_F + F_{ZL} + F_{\text{Т}} + F_Z, \qquad (2)$$

где F_F – производственная площадь;

F_{ZL} – площадь промежуточного складирования;

$F_{\text{Т}}$ – площадь под транспортными путями (площадь для движения транспортных средств);

F_Z – дополнительная площадь.

Базовым параметром для данного метода расчета является производственная площадь F_F, которая выводится из площадей, необходимых для оборудования, в то время как остальная площадь рассматривается как соответствующая процентная добавка. При этом

$$F_F = \Sigma i F_{ma},$$

где F_{ma} – площадь рабочего места у станка, м;

$i = 1...M$ – количество рабочих мест.

Производственная площадь цеха представляет собой сумму рабочих площадей всех станков. Площадь рабочего места у станка определяется как сумма площади участка под станком и площади, необходимой для управления, обслуживания и соблюдения техники безопасности.

В качестве дополнительной площади учитывают:

Z_1 – величину зоны управления Z_{11} и безопасности Z_{12}:

$$Z_1 = Z_{11} + Z_{12} = 0{,}7\text{м} + 0{,}3\text{м} = 1{,}0\text{м}; \qquad (3)$$

Z_2 – величину зоны обслуживания:

$Z_2 = 0{,}4$ м.

В результате получим

$$F_{ma} = B_{ma} T_{ma} = (B_{\text{м}} + 0{,}8)(T_{\text{м}} + 1{,}4), \qquad (4)$$

где $B_{та}$ и $T_{та}$ – ширина и глубина рабочего места у станка, м;

$B_м$ и $T_м$ – ширина и глубина станка, м.

Для применения данного метода необходимо знать ширину и глубину (экстремальные) всех единиц оборудования (по типам).

Другие участки дают следующее увеличение площади (данные на основании исследования большого статистического массива): $F_{ZL} = 40\ \%\ F_F$; $F_т = 40\ \%\ F_F$; $F_Z = 20\ \%\ F_F$. На основании этого площадь цеха может быть рассчитана следующим образом:

$$F = \Sigma F_{ma} + F_{ZL} + F_т + F_z$$

или (5)

$$F = F_F + 0{,}4F_F + 0{,}4F_F + +0{,}2F_F = 2F_F.$$

Таким образом, площадь цеха представляет собой удвоенную производственную площадь. Таков упрощенный способ определения площади цеха, однако стоит еще точно разместить оборудование и сконфигурировать транспортно-складские процессы.

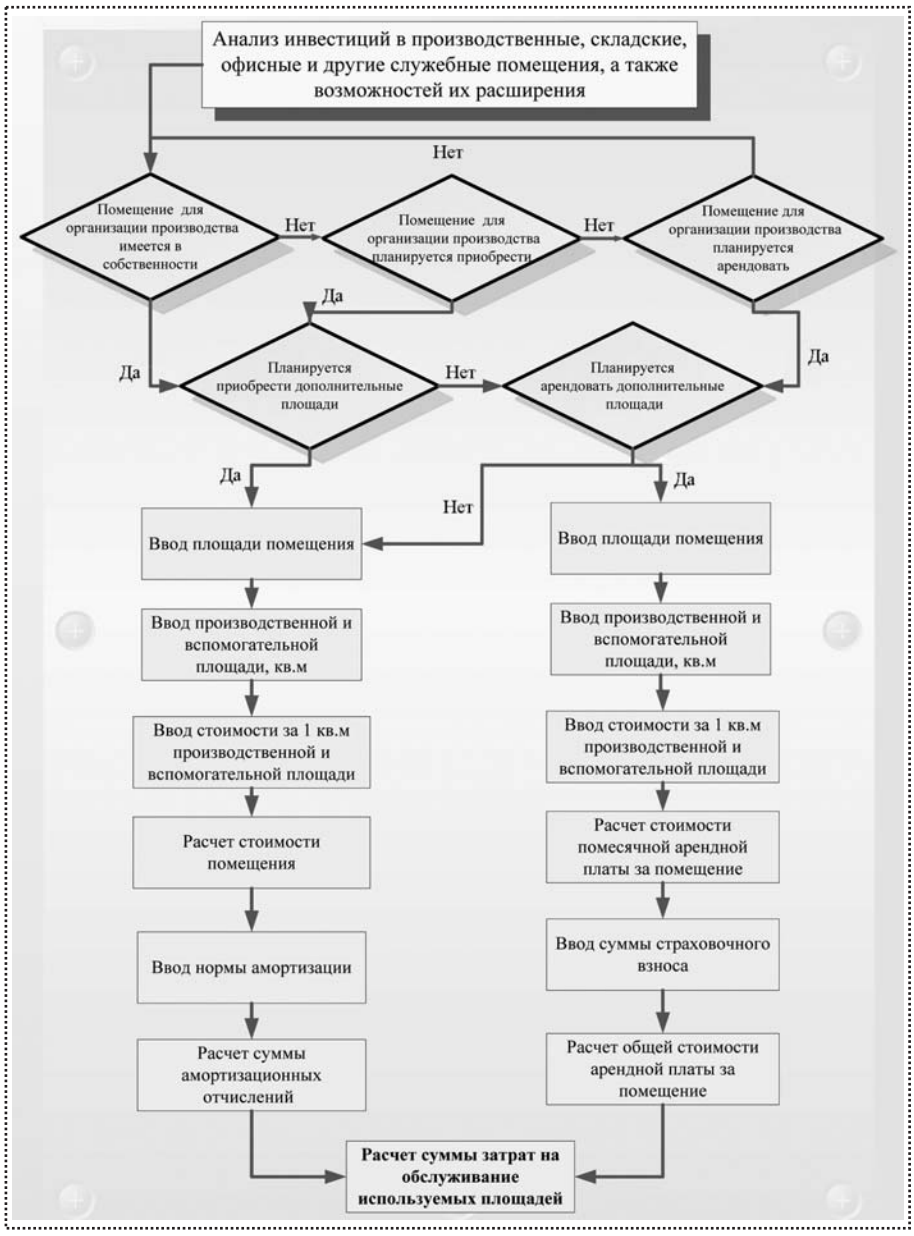


Рис. 5. Анализ инвестиций в производственные площади

После определения поставщиков сырья, материалов, типа оборудования, персонала, площадей согласно третьему блоку рис. 1 необходимо проанализировать наличие доступных денежных средств, возможности заема денежных средств, проценты и сроки по уплате за их использование. Также следует составить график потока денежных средств, рассчитать значения чистого дисконтированного дохода и внутренней нормы доходности, определить риски.

Итогом выбора наиболее перспективного и выгодного изделия является анализ безубыточности производства, который заключается в расчете имеющихся процессов и оборудования. Необходимо выявить уровень безубыточного объема продаж согласно блоку 4 рис. 1. Метод анализа безубыточности производства наиболее эффективен, когда выбор того или иного процесса или оборудования связан со значительными начальными инвестициями и постоянными издержками, а пе-

ременные издержки изменяются в основном пропорционально объему выпускаемой продукции. Суть метода заключается в определении для каждой конкретной ситуации объема выпуска, обеспечивающего безубыточную деятельность.

В общем случае без учета налоговых эффектов операционная прибыль предприятия П за отчетный период

$$П = ВР - З_{пост} - З_{пер}; \quad (6)$$

где ВР = ЦQ – выручка предприятия за период в денежных единицах;

Ц – цена реализации единицы продукции, руб.;

Q – объем реализации в натуральном выражении, шт., кг и т.п.;

$З_{пост}$ – постоянные затраты, руб.;

$З_{пер}$ – совокупные переменные затраты, руб.

Если обозначить удельные переменные затраты в руб. через $З_{пер}$, то формулу можно представить в следующем виде:

$$П = (Ц - З_{пер})Q - З_{пост}. \quad (7)$$

Точка безубыточности $Q_{кр}$ – это показатель, характеризующий объем реализации продукции, при котором выручка предприятия от продажи продукции (работ, услуг) позволяет покрыть все расходы и выйти на нулевой уровень прибыли. Точку безубыточности можно найти из уравнения:

$$(Ц - З_{пер})Q - З_{пост} = 0;$$

$$Q_{кр} = З_{пост} / (Ц - З_{пер}).$$

Также важными величинами являются маржинальный доход (разница между выручкой предприятия от продажи продукции, работ, услуг и переменными затратами, которые понесло предприятие в процессе производства этой продукции, работ, услуг) и порог безопасности, разница между реальным объемом и точкой безубыточности, который указывает, насколько может сократиться выпуск, прежде чем предприятие начнет нести убытки.

Изучив рыночную ситуацию и возможности собственного малого предприятия, предприниматель может запланировать оптимальный реалистичный объем выпуска и рассчитать уровень прибыли на любое выбранное для изготовления изделие, удовлетворяющее всем ограничениям и требованиям.

Предложенная система выбора наиболее экономически выгодных изделий и порядок расчета затрат позволят предпринимателям в кратчайшие сроки выделить наиболее интересную для организации производства продукцию.

Библиографический список

1. **Найджел С., Чеймберс С., Джонстон Р.** Организация, планирование и проектирование производства. Операционный менеджмент 5-е изд. / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2009. 287 с.

2. **Вильямс И.Д.** Производственный и операционный менеджмент. 10-е изд. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2008. 959 с.

3. **Грундиг К.Г.** Проектирование промышленных предприятий: Принципы, методы, практика / Пер. с нем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. С. 91–92.

УДК 621.9

С.С. Панов, П.Г. Мазеин, *докт. техн. наук,* **В.А. Смирнов,** *канд. техн. наук,* **Л.Н. Петрова**
(Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск)
E-mail: mpg2@mail.ru

Роботизированные сборочные стенды с техническим зрением и компьютерными системами управления

Представлены роботизированные сборочные комплексы с компьютерной системой ЧПУ и техническим зрением, рассмотрены их основные функциональные возможности, приведены примеры использования для подготовки специалистов-машиностроителей.

Robotized adjustment complexes are presented in article with computer system CNC and technical vision, are considered their main functional possibilities, cite an instance use for preparing specialist.

Ключевые слова: робот, техническое зрение, компьютерное управление, обучение, моделирование, распознавание, программирование, настройка.

Key words: the robot, technical sight, computer management, training, modeling, recognition, programming, adjustment.

Для подготовки машиностроителей наиболее эффективны средства, объединяющие дидактические возможности специального учебного оборудования и современных информационных технологий. Одним из таких учебных средств является роботизированный сборочный стенд с техническим зрением и компьютерной системой ЧПУ, предназначенный для изучения вопросов, связанных с организацией функционирования робота-манипулятора, выполняющего технологические сборочные операции в программном режиме с применением элементов технического зрения. В состав стенда (рис. 1, см. 2-ю с. обложки) входят комплект деталей *1*, основание *2*, робот *3*, система управления роботом *4*, видеокамера *5*, стол *6* для деталей или фишек, стол для сборки *7*, персональный компьютер *8*, задающие основную систему координат линейки *9*.

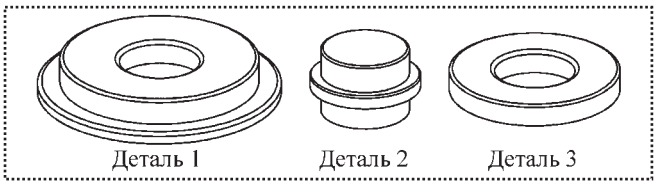


Рис. 2. Детали для сборки

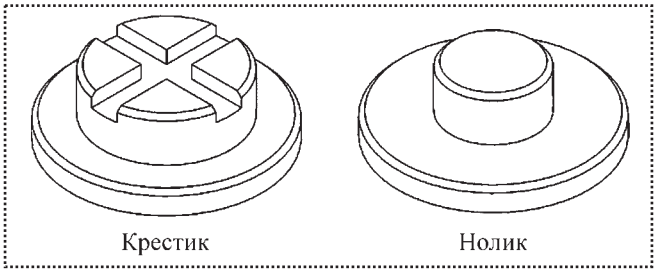


Рис. 3. Фишки

Комплект деталей для сборки (рис. 2) включает в себя три типа: *1* – основание, *2* – ось, *3* – кольцо. В процессе функционирования установки из деталей собирается узел: в отверстие детали *1* вставляется деталь *2*, а на нее надевается деталь *3*.

Комплект фишек для моделирования игры "крестики–нолики" показан на рис. 3.

Робот для выполнения сборочных операций показан на рис. 4 с исполнительными механизмами (подвижными узлами – звеньями) в начальном положении.

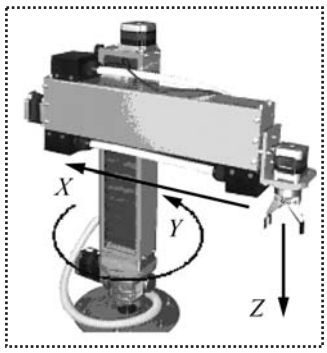


Рис. 4. Робот со звеньями в начальном положении

Его звенья способны выполнять движения по трем коорди-

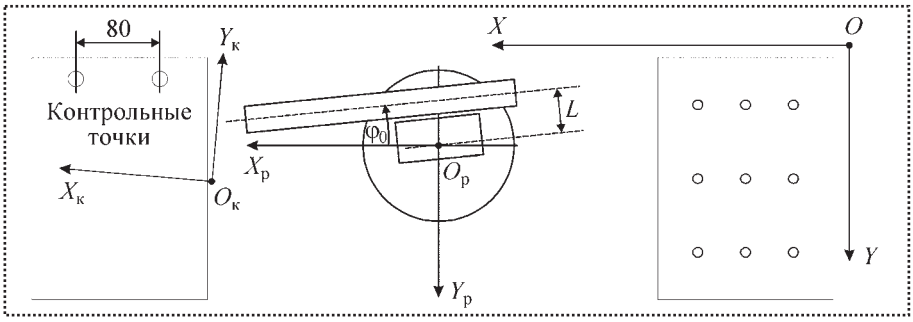


Рис. 5. Системы координат стенда

натам, обеспечивая перемещение схвата в горизонтальном (координата X) и вертикальном (координата Z) направлениях и вращение вокруг вертикальной оси (координата Y). В начальном состоянии всем координатам присваиваются нулевые значения, которые в дальнейшем изменяются только в положительной области.

На роботе смонтирована видеокамера с разрешением 320×240 пикселей, предназначенная для приема информации о расположении деталей в рабочей зоне системы технического зрения перед выполнением автоматической сборки. Видеоинформация передается в персональный компьютер по шине USB. Система управления роботом подключается к персональному компьютеру также с помощью стандартного интерфейса USB, при этом персональный компьютер рассматривает систему управления как внешнее устройство, подключенное к виртуальному COM-порту через преобразователь COM-USB.

Стенд может функционировать в ручном и автоматическом режимах. В автоматическом режиме из деталей, предварительно размещенных в рабочей зоне системы технического зрения (на столе *6*, см. рис. 1), осуществляется сборка узла, причем координаты центров деталей перед сборкой определяются системой технического зрения.

Для математического описания функционирования установки введены несколько систем координат (рис. 5). Основной, в которой выполняется программирование робота оператором, является система координат основания $OXYZ$. Ее оси заданы физически при помощи линеек, закрепленных на основании. Ось OZ направлена вверх, ноль находится на уровне поверхности стола для съемки деталей.

Для описания движений мини-робота введена вспомогательная система координат $O_РX_РY_РZ_Р$, оси которой параллельны соответствующим осям системы координат $OXYZ$, а начало координат совпадает с центром неподвижной платформы робота. Непараллельность звеньев робота в его начальном положении осям системы координат учитывается введением поправки по углу φ_0.

Система технического зрения обрабатывает информацию в собственной плоской системе координат $O_кX_кY_к$, оси которой лежат в плоскости OXY и в общем случае развернуты относительно осей OX и OY на некоторый угол, определение которого, а также координат точки $O_к$ в системе координат основания осуществляется на основе информации о координатах контрольных точек.

Основными являются координаты ближней к роботу контрольной точки в системе $O_РX_РY_РZ_Р$. После запуска программы на экране монитора появляется основное окно, через которое доступны все функции программы. Наладка выполняется в режиме ручного управления. Изображение считывается из файла, находящегося в каталоге программы, командой "камера→исходное изображение". При отсутствии файла появится сообщение об ошибке. В файле сохраняется последнее полученное с помощью видеокамеры изображение.

Под настройкой видеокамеры понимается совокупность вычислительных операций, позволяющих связать системы координат основания и видеокамеры. Основой для настройки служит изображение двух опорных точек (белые точки в нижней части изображения поля с деталями на рис. 6). В ходе настройки осуществляется поиск

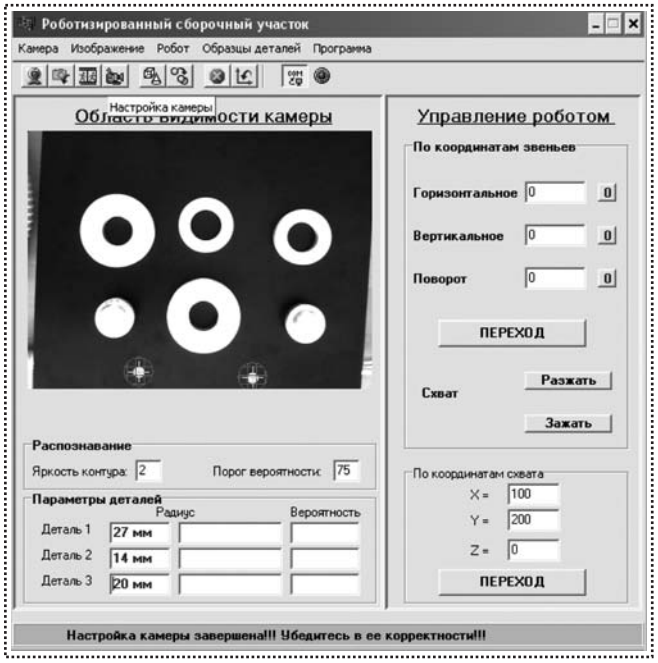


Рис. 6. Область видимости видеокамеры с выделенными опорными точками

центров белых кругов на изображении поля с деталями с дальнейшей привязкой их координат к системе координат основания. При корректном выполнении настройки должно появиться изображение, аналогичное показанному на рис. 6. Перед выполнением настройки камеры вручную (с помощью указателя мыши) может быть задана область, в которой будут разыскиваться изображения опорных точек. Если область не задана оператором, то поиск изображения опорных точек осуществляется в некоторой заданной по умолчанию области.

Команда меню "камера→черно-белое" преобразует изображение в черно-белое с выделением контуров (рис. 7). Данная операция используется при распознавании деталей. Параметр "яркость контура" позволяет изменять толщину формируемого этой операцией контура. С помощью указателя мыши можно задать область изображения, которое будет преобразовано в черно-белый формат. Цель операции распознавания детали – определение ее вида и нахождение координат ее центра. Операция вызывается командой меню "изображение→быстрое

Рис. 7. Преобразование изображения в черно-белое

распознавание деталей" (или кнопкой). Перед выполнением этой команды может быть задана в ручном режиме область поиска и распознавания деталей. Если область не задана оператором, то поиск и распознавание осуществляются по всему изображению.

Результат распознавания деталей показан на рис. 8. Найденные и распознанные контуры деталей заменяются окружностями разного цвета: для деталей первого типа – красного, второго – сиреневого, третьего – синего.

Рис. 8. Результат распознавания деталей для сборки

Рис. 9. Выделение области с эталонной деталью

Зеленые перекрестия отмечают центры этих окружностей, координаты которых запоминаются и используются при осуществлении сборки в автоматическом режиме. Цифры отмечают номер детали соответствующего вида. При выполнении сборки будут использоваться детали по нарастанию их номеров.

В области "параметры деталей" красным цветом показан радиус детали соответствующего вида в пикселях (определяется при настройке системы технического зрения на образцы деталей), синим – радиус (радиусы, если найдено несколько деталей одного вида) детали соответствующего вида в миллиметрах, "вероятность" – процентное значение "черных" пикселей в контуре, принятом за контур детали.

Настройка системы технического зрения на образцы деталей сводится к определению радиуса детали, принятой за эталонную. Для этого используется изображение детали. Перед настройкой необходимо на изображении выделить область, включающую деталь, принимаемую за эталонную (рис. 9). В результате обработки изображения выявляется контур в форме окружности и определяется ее радиус в пикселях. Данная информация будет сохранена в файле, который содержит в данном случае три строки – по количеству типов деталей. Радиусы контуров деталей используются при выполнении распознавания.

Зона размещения деталей перед сборкой выделена на основании черным цветом. Для получения изображения деталей, находящихся в этой зоне, необходимо вывести робот в положение съемки командой "робот→вывод робота в зону съемки" (нажатием на кнопку). При этом считанные из файла значения, определяющие положение звеньев робота в положении съемки, заносятся в соответствующие поля и формируется команда на начало перехода. В области видимости камеры программы должно появиться видеоизображение зоны размещения деталей. Работа стенда в автоматическом режиме заключается в однократном выполнении управляющей программы, составленной оператором. Текст

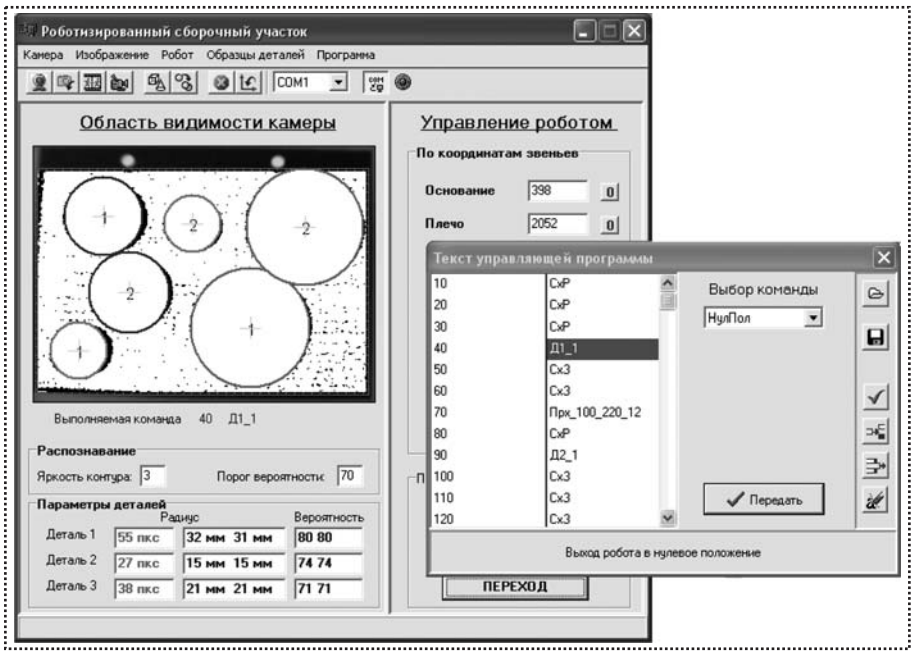


Рис. 10. Основное окно с вызванной из памяти управляющей программой

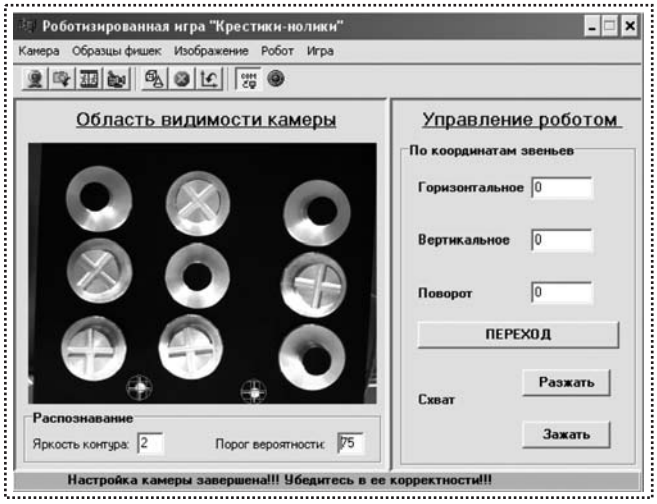


Рис. 11. Результат распознавания фишек

управляющей программы состоит из нумерованных команд. Нумерация команд осуществляется автоматически с шагом 10 (рис. 10).

При написании программы команды выбирают из списка. При нажатии на кнопки:

– выбранная команда добавляется в конец программы;

– в позицию курсора в тексте программы;

– стирается строка в позиции курсора в тексте программы;

– стирается вся программа;

Передать – управляющая программа передается на выполнение в основную программу, после чего возможно ее выполнение в автоматическом режиме.

В процессе выполнения управляющей программы текущая команда выделяется синей линией в дополнительном окне программы (окне составления управляющей программы) и отображается в основном окне программы (см. рис. 10).

Моделирование ситуаций игры "крестики–нолики" при помощи системы технического зрения координат центров фишек, расположенных в зоне распознавания на столе для съемки, состоит в перемещении фишек из распознанных позиций в указанные оператором игровые поля с проверкой правильности хода и окончания игры.

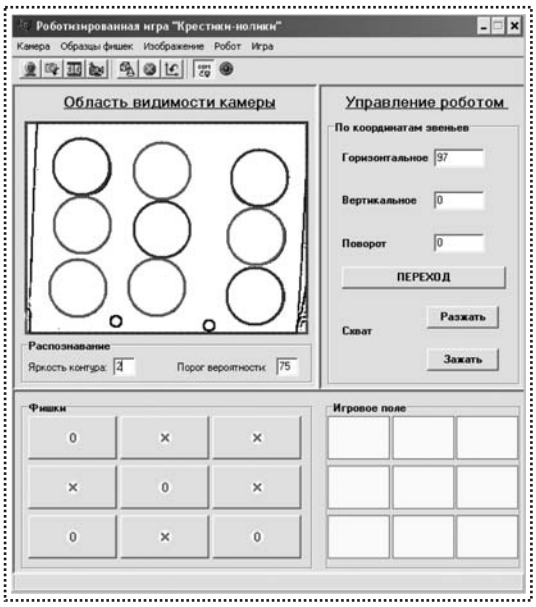


Рис. 12. Окно программы с полями "Фишки" и "Игровое поле"

При корректном выполнении настройки должно появиться изображение, аналогичное рис. 11.

Настройка выполняется аналогично настойке для автоматизированной сборки. В результате работы программного обеспечения, реализующего распознавание фишек, красным цветом выделяются фишки типа "крестик", а синим – "нолик". После успешной идентификации всех фишек, размещенных в зоне распознавания, можно начать игру "крестики–нолики", правила которой общеизвестны. В нашем случае пользователь будет играть "крестиками" и "ноликами" одновременно, выбирая фишку для очередного хода и указывая место ее установки на игровом поле.

Перемещение фишки выполняет робот. После успешного запуска игры появляются два дополнительных поля (рис. 12): "фишки" содержат кнопки, соответствующие типу распознанной фишки (× – "крестик", 0 – "нолик", ? – не распознана), "игровое поле" показывает позиции возможных ходов игрока. Для корректного распределения распознанных фишек в поле "фишки" целесообразно их исходное равномерное размещение в зоне съемки. Выбранный оператором участок игро-

Рис. 13. Окно программы с переставленной фишкой

вого поля помечается значком "крестик" или "нолик" в зависимости от того, какая фишка будет туда установлена. Игровые поля условно пронумерованы, начиная с верхнего левого. Каждому игровому полю физически соответствует некоторая прямоугольная область на столе для сборки, центр которой обозначен контрастной меткой.

Робот осуществляет перенос выбранной в поле "фишки" детали со стола для съемки в выбранную в поле "игровое поле" область на столе для сборки, после чего возвращается в положение над столом для съемки деталей. При переносе детали в полях управления по координатам программы появляются значения управляющих координат робота (в дискретах), соответствующие выполняемой операции. Игру можно начать с любой фишки, но далее очередность будет строго контролироваться в соответствии с правилами. Выбор фишки для очередного хода осуществляется нажатием соответствующей кнопки в поле "фишки", после чего предлагается выбрать место на игровом поле, в которое мини-робот переставит выбранную фишку (рис. 13).

Если игрок собрал три одинаковых фишки по горизонтали/вертикали/диагонали, то игра завершается его победой, иначе она продолжается до последнего хода. Если при выполнении очередного хода произошел сбой в системе управления мини-роботом, выполнение хода можно прервать с использованием команды "робот→аварийная остановка робота" или нажатием на кнопку .

Представленный стенд является развитием учебных разработок НПИ "Уралучтех" Южно-Уральского государственного университета [1–3] и успешно применяется в учебных заведениях России и СНГ для подготовки машиностроителей.

Таким образом, при изучении сборочных и сортировочных процедур и выполнении настройки и программирования стенда достигаются практические представления о способах автоматизации сборочных и сортировочных операций, что может способствовать автоматизации сборочных процессов.

Библиографический список

1. **Мазеин П.Г., Свиридов С.Н.** Моделирование сборочных комплексов с компьютерным управлением // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2008. № 2.

2. **Мазеин П.Г., Панов С.С., Швайгер А.М.** Виртуальное оборудование для подготовки машиностроителей // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2009. № 9.

3. **Мазеин П.Г., Гордейко А.В.** Оборудование с компьютерными системами ЧПУ // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: материалы Всероссийской науч.-техн. конф. в 2 ч. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. Ч. 1.

УДК 621.825.54

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

Показатели адаптивной фрикционной муфты с бифункциональным управляющим устройством

Для достижения оптимального соотношения нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивной фрикционной муфты с бифункциональным управляющим устройством введен критерий оптимизации в форме произведения величины номинального вращающего момента муфты на коэффициент точности, который должен принимать минимальные значения.

For reaching of an optimum parity of load ability and exactitude of operation of an adaptive frictional clutch with the bifunctional actuation device the criterion of optimisation in the form of product of magnitude of the nominal gyrating moment of a clutch on factor of exactitude which should accept minimum values is entered.

Ключевые слова: адаптивная фрикционная муфта, бифункциональное управляющее устройство, коэффициент усиления, одноконтурная отрицательная обратная связь.

Key words: adaptive frictional clutch, the bifunctional actuation device, amplification factor, one-loop negative feedback.

Адаптивные фрикционные муфты (АФМ) имеют в своем составе управляющее устройство, которое позволяет автоматически регулировать усилие прижатия друг к другу поверхностей трения, передающих нагрузку, в зависимости от текущей величины коэффициента трения [1]. Благодаря наличию обратной связи АФМ обеспечивают более высокую стабильность предельного вращающего момента при значительных колебаниях коэффициента трения и приближают текущий предельный вращающий момент к настроечному (номинальному) вращающему моменту муфты.

Целесообразность применения АФМ в приводах автоматического сборочного оборудования обусловлена тем, что они позволяют создавать в процессе работы строго тарированные усилия на рабочем органе, необходимые, например, при запрессовке деталей.

Однако используемые АФМ обладают существенным недостатком, заключающимся в невысокой нагрузочной способности [1], что ограничивает возможности их применения.

Отмеченного недостатка лишена разработанная в последнее время АФМ с бифункциональным управляющим устройством обратной связи [2]. В данной конструкции, как и в АФМ первого поколения, используется одноконтурная отрицательная обратная связь [3], однако такая компоновочная схема позволяет существенно повысить нагрузочную способность муфты. Изменение компоновочной схемы АФМ относится к расположению управляющего устройства между нажимным узлом и фрикционной группой муфты в отличие от традиционных схем АФМ, в которых оно располагается по другую сторону фрикционной группы относительно нажимного узла.

Исследованием установлено, что нагрузочная способность и точность срабатывания АФМ с бифункциональным управляющим устройством увеличиваются по мере роста коэффициента усиления обратной связи [2]. При постоянных радиальных габаритах АФМ увеличение нагрузочной способности возможно только за счет повышения силы прижатия друг к другу пар трения фрикционной группы. Однако указанное увеличение силы прижатия ограничено допускаемым давлением на поверхностях фрикционных контактов [1]. В связи с этим реальное повышение нагрузочной способности АФМ возможно за счет увеличения

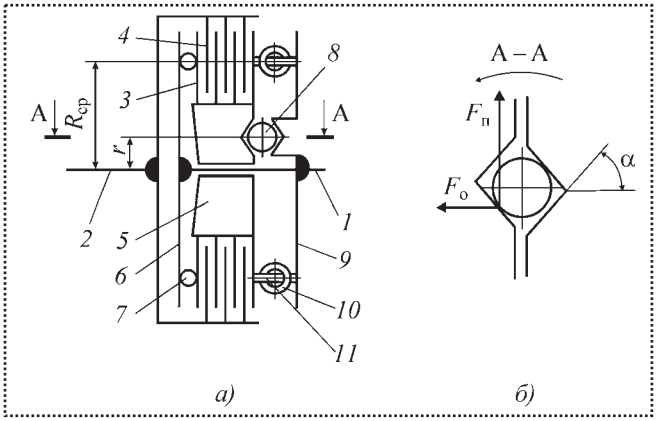


Рис. 1. Принципиальная схема АФМ с бифункциональным управляющим устройством

ее радиальных габаритов (при возрастании усилия прижатия друг к другу пар трения) или путем увеличения числа пар трения, что неизбежно ведет к росту осевых габаритных размеров АФМ.

Повышение нагрузочной способности АФМ с бифункциональным управляющим устройством и соответствующее ему увеличение габаритов муфты ведут к росту ее массы и момента инерции, что ухудшает эксплуатационные характеристики привода и машины в целом.

С другой стороны, повышение точности срабатывания АФМ за счет увеличения коэффициента усиления позволяет уменьшить действующие в приводе нагрузки и тем самым оптимизировать размеры и совокупную массу элементов привода, защищаемых муфтой от чрезмерных перегрузок.

Таким образом, можно предположить, что величина коэффициента усиления АФМ с бифункциональным управляющим устройством, влияющая на нагрузочную способность и точность срабатывания, должна быть оптимальной для обеспечения оптимальных показателей привода машины. Критерием указанной оптимизации может быть максимальный прирост нагрузочной способности АФМ при наибольшем увеличении точности ее срабатывания на любом участке изменения величины коэффициента усиления.

Задача исследования – получение расчетных зависимостей для вычисления коэффициента усиления АФМ с бифункциональным управляющим устройством, обеспечивающего оптимальное соотношение между нагрузочной способностью и точностью срабатывания муфты на конкретном участке изменения этого коэффициента.

Для решения поставленной задачи рассмотрим принципиальную схему АФМ с бифункциональным управляющим устройством (рис. 1). Полумуфты *1* и *2* кинематически связаны между собой пакетом фрикционных дисков *3* и *4*. Диски *3* связаны со ступицей нажимного диска *5* посредством подвижного в осевом направлении шлицевого соединения, а диски *4* – аналогичным способом с барабаном полумуфты *2*. Нажимной диск *5* не имеет кинематической связи с полумуфтой *1* в окружном направлении.

Слева (см. рис. 1, *а*) пакет фрикционных дисков *3* и *4* опирается на упорный диск *6* посредством упорного подшипника *7*, следовательно, нажимной диск *5* передает полный вращающий момент муфты.

Передача нагрузки от полумуфты *1* на нажимной диск *5* (в том случае, если полумуфта *1* – ведущая) или от нажимного диска на полумуфту *1* (если ведущая – полумуфта *2*) осуществляется посредством тел качения *8*. Последние размещены в скошенных гнездах нажимного диска *5* и опорного диска *9*, жестко закрепленного на ступице полумуфты *1* (см. рис. 1, *б*, сечение А–А).

Силовое замыкание пакета фрикционных дисков *3* и *4* происходит за счет тангенциально установленных пружин *10*, которые опираются на бобышки *11*, закрепленные соответственно на нажимном *5* и жестко закрепленном на ступице полумуфты *1* опорном *9* дисках. Окружные силы пружин *10*, действуя на нажимной диск *5*, создают момент сил, благодаря которому тела качения *8* заклиниваются в гнездах между их противоположными стенками. В результате между телами качения и стенками гнезд возникает сила нормального давления

(сила, приведенная к одному гнезду), осевая составляющая которой создает усилие замыкания пар трения фрикционной группы.

Благодаря этому управляющее устройство, состоящее из дисков *5*, *9* и тел качения *8*, выполняет одновременно функцию нажимного устройства, обеспечивающего возбуждение сил трения между парами фрикционной группы и, следовательно, передачу нагрузки муфтой. Выполнение двух функций обусловило название устройства – бифункциональное.

В рассматриваемой АФМ использована возможность регулирования силы натяжения пружин *10* и, следовательно, передаваемого вращающего момента (устройство для изменения силы натяжения пружин на рис. 1 не показано).

Формула для вычисления предельного вращающего момента, передаваемого муфтой, имеет вид [2]:

$$T_{п} = zF_{п}R_{ср}C\frac{f}{1+zCf}, \qquad (1)$$

где z – число пар трения *3–4*;

$F_{п}$ – суммарная начальная сила натяжения пружин *10*;

$R_{ср}$ – средний радиус поверхностей трения фрикционных дисков *3* и *4*;

f – коэффициент трения между ними;

C – коэффициент усиления отрицательной обратной связи АФМ:

$$C = \frac{R_{ср}}{r}\,\mathrm{tg}\alpha,$$

здесь α – угол скоса гнезд под тела качения *8*;

r – радиус окружности, на которой они расположены.

Далее будем считать, что α = const.

Для оценки точности срабатывания предохранительных муфт, в том числе АФМ, используют коэффициент точности [4], вычисляемый с учетом соотношения (1):

$$K_{т} = \frac{f_{max}(1+zCf_{min})}{f_{min}(1+zCf_{max})}, \qquad (2)$$

где f_{max}, f_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения, которые может принимать коэффициент трения в реальных условиях эксплуатации АФМ.

Функция (1) возрастает по аргументу C при f = const, как установлено в работе [2]. Функция (2), согласно данным работы [1], является убывающей по аргументу C. Формально с данной точки зрения оптимальным по критерию нагрузочной способности и точности срабатывания АФМ будет максимально возможный коэффициент усиления. Для АФМ любого типа эта величина составляет 5...6 [5], поскольку, во-первых, дальнейшее его увеличение не приводит к существенному повышению точности срабатывания муфты, а во-вторых, при этих значениях муфта работает неустойчиво при передаче нагрузок, близких к предельным [6].

Однако, как отмечено выше, увеличение C приводит к соответствующему росту габаритных размеров и массы муфты. В соответствии с этим повышение нагрузочной способности и точности срабатывания АФМ с бифункциональным устройством за счет увеличения C представляется рациональным только до определенного предела.

Оптимальный коэффициент усиления, обеспечивающий оптимальную нагрузочную способность и соответствующую ей точность срабатывания АФМ, найдем по критерию максимального повышения вращающего момента муфты в определенном интервале изменения этого коэффициента. Действительно, при меньшем увеличении вращающего момента в равных интервалах изменения величины C требуется больший относительный прирост габаритных размеров и массы муфты, следовательно, рассматриваемый вариант нельзя считать оптимальным.

Тогда воспользуемся следующим приемом. При разбиении общего интервала изменения искомой величины на равные участки примем следующую зависимость:

$$C_{i} = nC_{i-1}, \qquad (3)$$

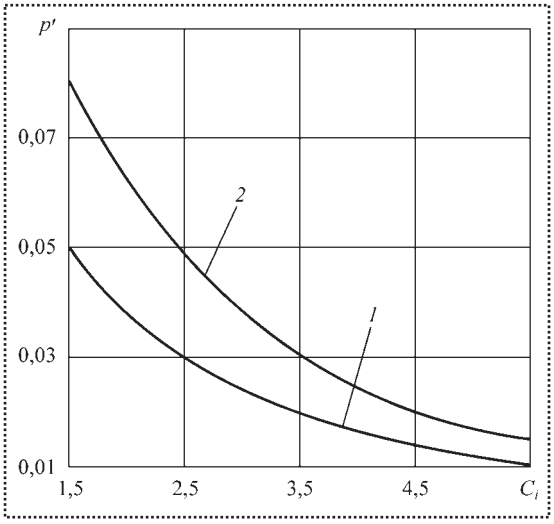


Рис. 2. Зависимость параметра p' от C_i:
1 – n = 1,3; *2* – n = 1,5

где C_i – увеличенное (последующее) значение коэффициента усиления при варьировании его величины;

n – коэффициент ($n > 1$);

C_{i-1} – предыдущее значение коэффициента усиления.

В формуле (3) полагаем n = const, поскольку речь идет о равных участках разбиения интервала.

При оценке степени увеличения нагрузочной способности АФМ воспользуемся отношением

$$p = \frac{T_{\text{п}}(C_i)}{T_{\text{п}}(C_{i-1})}, \qquad (4)$$

где $T_{\text{п}}(C_i)$, $T_{\text{п}}(C_{i-1})$ – предельный вращающий момент АФМ соответственно при последующем и предыдущем значениях C.

Выразив в соотношении (3) C_{i-1} через C_i и используя (1), с учетом (4) получим

$$p = \frac{nC_i f_{\min}\left(1+\frac{C_i}{n} f_{\min}\right)}{C_i f_{\min}(1+zC_i f_{\min})} = \frac{n+zC_i f_{\min}}{1+zC_i f_{\min}}. \qquad (5)$$

Для установления возможности максимума функции (5) продифференцируем ее один раз по переменной C_i:

$$p'(C_i) = \frac{z f_{\min}(1-n)}{(1+zC_i f_{\min})^2}. \qquad (6)$$

Поскольку $n > 1$, производная (6) отрицательна во всем интервале изменения величины C, следовательно, функция (5) не имеет максимума в указанном интервале и является убывающей. Поэтому увеличение коэффициента усиления нецелесообразно по принятому критерию.

Для оценки скорости убывания функции (5) рассмотрим графики, построенные с использованием формулы (6), для $z = 6$, $f_{\min} = 0{,}1$ (рис. 2). Они показывают, что наибольшая скорость убывания соответствует небольшим значениям C_i, а при достижении C_i = 3,5...5,5 она заметно падает (в 2,5...5 раз). Поэтому в случае использования АФМ с C_i = 4...5 увеличение коэффициента усиления с целью повышения нагрузочной способности муфты может быть оправданным.

Изменение величины коэффициента n приводит к изменению модуля производной (6), однако на ее характер не влияет.

Рассмотрим другой подход к оптимизации коэффициента усиления по установленному критерию. Новый подход основан на оптимизации комплексного параметра, включающего параметры C и $K_{\text{т}}$. Теоретическое обоснование данного подхода заключается в следующем.

Увеличение параметра C, сопровождаемое повышением точности срабатывания АФМ, приводит к росту габаритных размеров и массы привода машины. Однако повышение точности срабатывания АФМ позволяет уменьшить максимальные напряжения, действующие в деталях привода при перегрузках и, соответственно, их размеры и массу.

Таким образом, при увеличении нагрузочной способности АФМ уменьшается относительное рассеяние величины предельного вращающего момента муфты за счет повышения точности ее срабатывания. В соответствии с этим комплексной характеристикой оптимизации величины C должно быть произведение

$$p_1 = T_{\text{ном}} K_{\text{т}}, \qquad (7)$$

где $T_{\text{ном}}$ – номинальный вращающий момент.

С учетом (1), а также в соответствии с рекомендациями работы [7]

$$T_{\text{ном}} = zF_{\text{п}} R_{\text{ср}} C \frac{f_{\min}}{1 + zCf_{\min}}. \qquad (8)$$

После подстановки правых частей соотношений (2) и (8) в формулу (7) получим

$$p_1 = zF_{\text{п}} R_{\text{ср}} C \frac{f_{\max}}{1 + zCf_{\max}}. \qquad (9)$$

В качестве критерия оптимальности изменения величины C необходимо принять минимальное значение коэффициента p_1. Функция (9) возрастает по аргументу C, причем характер ее изменения идентичен характеру изменения функции (1) по аргументу f [1]. Это означает, что увеличение нагрузочной способности АФМ при возрастании C не может компенсировать повышение точности срабатывания муфты. Следовательно, абсолютное рассеяние величины предельного вращающего момента АФМ с увеличением C будет возрастать, что неблагоприятно скажется на прочности узлов и деталей привода машины.

Таким образом, критерием оптимальности должна быть минимальная величина коэффициента p_1, которому соответствует минимальная величина C.

Заметим, что согласно соотношению (1) нагрузочная способность АФМ с бифункциональным управляющим устройством будет равна нагрузочной способности АФМ первого поколения [1], если принять $C = 1$. В соответствии с этим при оптимизации величины C необходимо с целью получения эффекта повышения нагрузочной способности муфты ограничивать величину C снизу, соблюдая условие $C > 1$.

Из соотношения (1) следует также, что АФМ с бифункциональным управляющим устройством нецелесообразно использовать при $C < 1$, поскольку в данном случае ее нагрузочная способность будет ниже, чем у АФМ первого поколения, со значительным уменьшением точности срабатывания.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетах и проектировании АФМ с бифункциональным управляющим устройством для выбора оптимального коэффициента усиления обратной связи.

Выводы

По критерию максимального прироста величины вращающего момента АФМ с бифункциональным управляющим устройством оптимальны минимальные значения коэффициента усиления обратной связи. Максимальная точность срабатывания муфты при этом не достигается.

При использовании АФМ с большой первоначальной величиной коэффициента усиления целесообразно ее увеличение с целью повышения нагрузочной способности муфты.

По комплексному критерию оптимальности коэффициента усиления, основанному на показателях нагрузочной способности и точности срабатывания АФМ с бифункциональным управляющим устройством, оптимальны минимальные значения коэффициента усиления.

При оптимизации величины коэффициента усиления необходимо ее ограничение снизу с соблюдением условия $C > 1$.

При $C < 1$ точность срабатывания АФМ с бифункциональным управляющим устройством меньше, чем у АФМ первого поколения.

Библиографический список

1. **Есипенко Я.И., Паламаренко А.З., Афанасьев М.К.** Муфты повышенной точности ограничения нагрузки – Киев: Техніка, 1972. 168 с.

2. **Шишкарев М.П.** Улучшение эксплуатационных показателей адаптивных фрикционных муфт. – Ростов-на-Дону: РГАСХМ, 2008. 148 с.

3. **Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н.** Основы теории автоматического регулирования и управления. – М.: Высшая школа, 1977. 519 с.

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

5. **Запорожченко Р.М.** О характеристиках предохранительных фрикционных муфт повышенной точности срабатывания // Изв. вузов. Машиностроение. – 1971. № 1. С. 48–52.

6. **Шишкарев М.П.** Математическая модель устойчивости движения привода с адаптивной фрикционной муфтой // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XV Междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 8. Секция "Компьютерная поддержка технологических процессов и производственных систем" / Под общ. ред. В.С. Балакирева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. С. 70–75.

7. **Шишкарев М.П.** Эффективность применения адаптивных фрикционных муфт // Изв. вузов. Машиностроение. – 2001. № 1. С. 27–31.

УДК 681.2-52

Ю.Н. Матросова, *канд. техн. наук, доцент (Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева),* **Д.А. Лапыгин** *(Ковровский электромеханический завод)*
E-mail: mjn78@mail.ru

Автоматизированная система контроля параметров изделий перед сборкой

Разработана система определения параметров пористости материалов в зависимости от вида пор в материале контролируемого изделия.

Is developed system of parameters of porosity of materials depending on a kind of times in a material of a controllable product.

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

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

В настоящее время в машино- и приборостроении широко применяется автоматизированный неразрушающий контроль физико-механических свойств пористых материалов изделий, входящих в ответственные сборочные узлы. Один из методов контроля – газодинамический, основанный на определении физико-механических свойств материалов по параметрам пористости, фильтрации, диффузии, растворимости, проницаемости газа.

В зависимости от функционального назначения изделия пористость материала является либо необходимым фактором (фильтры, подшипники скольжения), либо фактором, наличие которого негативно влияет на свойства материалов (металлы, металлокерамика). Чтобы исключить брак изделий, пористость материала необходимо оценивать.

В Ковровской государственной технологической академии им. В.А. Дегтярева разработан способ автоматизированного неразрушающего контроля физико-механических свойств материалов, основанный на измерении параметров пористости материалов [1]. Физическая модель способа (рис. 1) основана на создании перепада давления на торцах контролируемого образца. Для этого образец *1* помещают в камеру *2*, расположенную между рабочей *3* и измерительной *4* камерами. Камеры *3* и *4* вакуумируют. Затем рабочую камеру *3* соединяют с атмосферой, создавая градиент давления на торцах образца. Начинается процесс фильтрации газа через контролируемый материал. Герметичность установки образца *1* в камере *2* обеспечивается кольцами из вакуумной резины (условно не показаны).

Процесс характеризуется уравнениями Дарси, Фика для стационарного и нестационарного потоков, Лейбензона для изотермической фильтрации и добавочным уравнением, на основании которых получены параметры пористости – коэффициенты растворимости, фильтрации, пористости, газопроницаемости и диффузии [2].

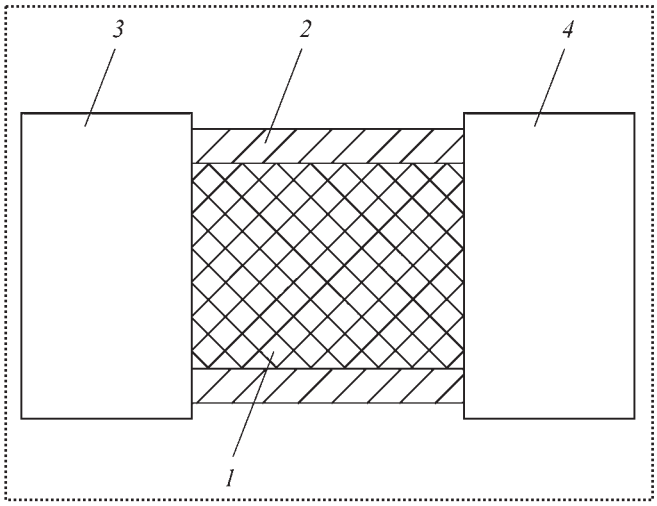


Рис. 1. Физическая модель

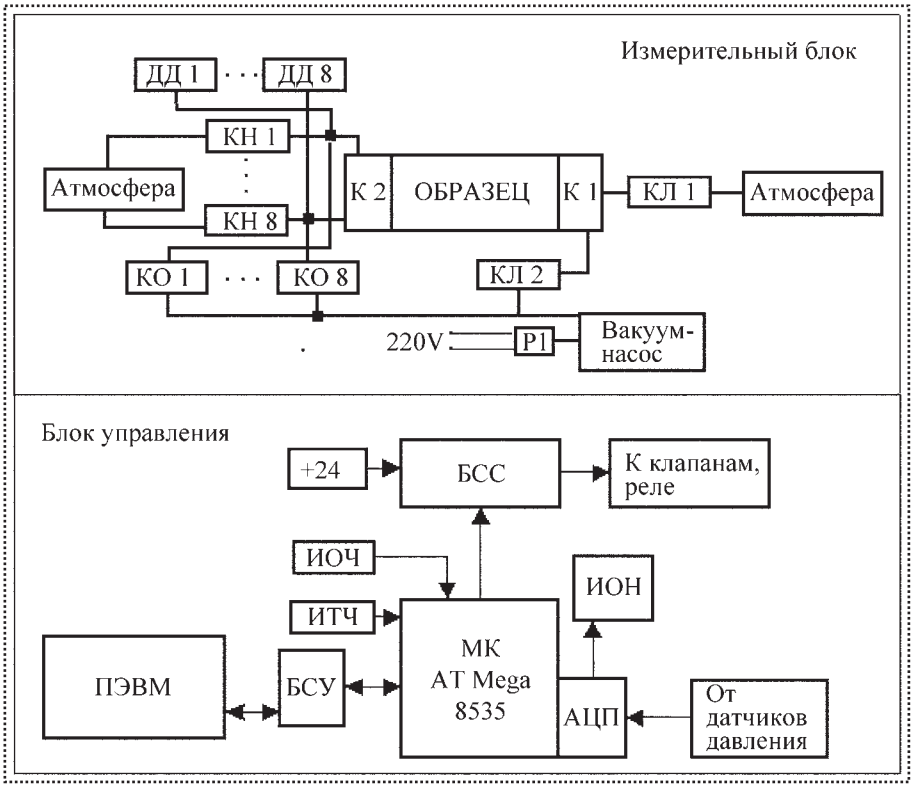


Рис. 2. Функциональная схема системы

Для автоматизации процесса определения параметров пористости изделий разработана автоматизированная система измерения пористости материалов [3] (рис. 2), которая содержит измерительный блок, включающий в себя рабочую К1 и измерительную К2 камеры, образец, клапаны КЛ1, КЛ2, напускные клапаны КН1...КН8, клапаны откачки КО1...КО8, твердотельное реле Р1, вакуум-насос и датчики давления ДД1...ДД8, и блок управления, состоящий из микроконтроллера МК ATMega 8535 фирмы Atmel, блока согласования сигналов БСС, источников опорного напряжения ИОН, опорной частоты ИОЧ и тактовой частоты ИТЧ, блока согласования уровней БСУ. Также система включает в себя ПЭВМ, на которой запускается программа управления системой.

Система работает следующим образом.

Команды управления передаются по последовательному порту от ПЭВМ в МК через БСУ. Результаты измерения и сообщения о статусе системы поступают через БСУ от МК в ПЭВМ. Измерительная камера имеет восемь изолированных объемов, что позволяет исследовать проводимость образца по различным зонам, а также при различной ориентации образца и камер – вдоль различных осей системы координат образца. Для обеспечения требуемой точности и стабильности результатов измерения датчики давления и АЦП МК запитаны от стабилизированного источника питания.

В качестве дополнительной меры, повышающей стабильность результатов измерений, в схему вводится ИОН, соединенный с портом опорного напряжения АЦП МК. Так как основная задача системы – это фиксация изменения давления в измерительной камере через фиксированные временные интервалы с высокой точностью засечки времени, в схему введен источник опорной частоты ИОЧ, сигналы с которого подаются на вход таймера – счетчика МК. Переполнение данного счетчика формирует прерывание, в процедуре обработки которого проводится опрос каналов АЦП. Для обеспечения стабильной работы МК в схеме также использован ИТЧ, сигнал которого является опорным для работы всего МК. Применение ИОЧ и ИТЧ обеспечивает точное соблюдение временных интервалов измерений. Частота отсчетов (прерываний от ИОЧ) настраивается оператором с ПЭВМ.

Одной из возможностей системы является определение минимального размера пор, которое обеспечивается путем подключения клапанов КН1...КН8 и КЛ1 к источнику газа известного состава (газовому баллону), что позволяет не только определить размер пор, но и повысить точность способа.

Блок управления системы контроля позволяет осуществлять автоматическое управление

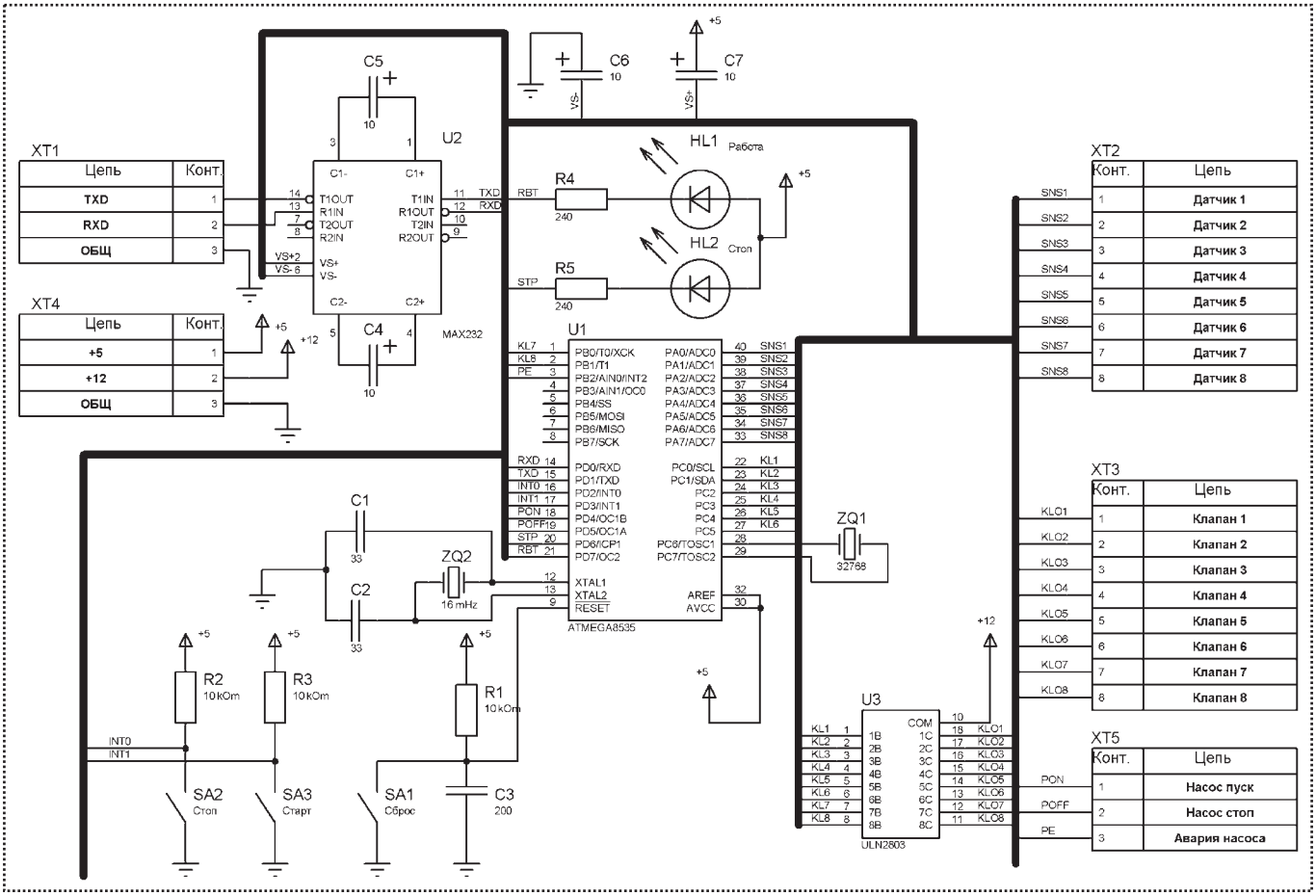


Рис. 3. Электрическая принципиальная схема блока управления системы

работой вакуумного насоса, обработку сигналов от датчиков вакуума (давления) и управление работой вакуумных (пневматических) клапанов по восьми каналам. Управляющей системой верхнего уровня является персональный компьютер.

Электрическая принципиальная схема блока управления представлена на рис. 3. На схеме R1–R5 – резистор SMD, корпус 0805; C1–C3 – конденсатор SMD, корпус 0805; C4–C7 – конденсатор электролитический SMD, корпус 1210; U1 – микроконтроллер ATMEGA-8535-16-PU; U2 – микросхема MAX-232 EPE SOIC; U3 – микросхема ULN2803A SOIC; HL1, HL2 – светодиод красный SMD, корпус 0805; ZQ1 – кварц 32768 Hz SMD, корпус 2010; ZQ2 – кварц 16 мHz; XT1–XT5 – разъем типа DB-9F; SA1–SA3 – кнопка КМ-1-1. Номиналы элементов указаны на схеме. Точность резисторов 5 %.

Блок работает следующим образом.

Питание блока подается на разъем XT4 от отдельного стабилизированного источника, после чего заряжается конденсатор C3, что приводит к запуску микроконтроллера U1. Далее микроконтроллер по последовательному каналу связи устанавливает соединение с персональным компьютером. Последовательный канал дуплексный, организован на микросхеме MAX 232 (U2). После получения от пользователя системы начальных установок включается индикатор HL1 и контроллер ожидает нажатия кнопки SA3.

В результате нажатия кнопки SA3 открываются клапаны, подключаемые к разъему XT3. Согласование уровней напряжения питания клапанов и контроллера обеспечивается мик-

росхемой U3. Далее на разъеме XT5 формируется сигнал "Насос пуск" и запускается в работу частотный преобразователь привода вакуумного насоса. Работа насоса отслеживается по сигналу "Авария насоса", появление которого приводит к остановке программы и включению индикатора HL2 в мигающем режиме. Данный сигнал формируется частотным преобразователем привода вакуумного насоса.

После достижения заданного уровня вакуума, фиксируемого датчиками, подключаемыми к разъему XT2, насос останавливается, а микроконтроллер переводится в режим измерения нарастания давления. При этом задействован кварц ZQ1, подключенный к входам таймера микроконтроллера, что обеспечивает точное фиксирование временных интервалов. Данные измерений выдаются в последовательный порт. Выполнение программы может быть остановлено в любой момент нажатием кнопки SA2, а перезапуск микроконтроллера в исходное состояние – нажатием SA1.

Следует отметить, что при сбоях в цепи питания контроллер также перезапускается в исходное состояние, но оно безопасно, так как по умолчанию все клапаны и частотный преобразователь вакуумного насоса выключены.

В штатном режиме программа измерений останавливается по достижению определенного давления в выбранной камере либо по окончанию времени измерения. В любом случае штатная остановка приводит к включению индикатора HL2 в режиме постоянного свечения и гашению индикатора HL1. Клапаны и частотный преобразователь вакуумного насоса отключаются.

Таким образом, разработанные способ и система для автоматизированного неразрушающего контроля физико-механических свойств пористых материалов обеспечивают оперативный контроль пористости, газопроницаемости и других свойств пористых материалов с высокой точностью измерений.

Библиографический список

1. **Способ** определения параметров пористости материалов: Патент РФ № 2305820, МКИ[3] G01N15/08 // Ю.З. Житников, А.Н. Иванов, Ю.Н. Матросова, А.Е. Матросов. Б.И. № 25, 2007 г.

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. **Матросова Ю.Н., Лапыгин Д.А.** Автоматизированная система определения параметров пористости и физико-механических свойств пористых материалов / XXXVI Гагаринские чтения. Научные труды Международной молодежной научной конференции в 8 томах. Москва, 6–10 апреля 2010 г. М.: МАТИ, 2010. Т. 6. С. 141–142.

УДК 621.002

К.В. Прилипский, *инженер,* **В.В. Лобуз,** *канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)*
E-mail: basill@bk.ru

Использование меры близости для определения функционально-пространственной структуры механосборочного производства

Предложен метод синтеза планировочных решений участков и цехов, базирующийся на генетических алгоритмах и эвристике. В качестве целевых функций метода используется ряд свойств модели, мера близости, комплексные критерии эвристики. Генетические алгоритмы обеспечивают формирование групп деталей, соответствие изготавливаемых деталей и технологического оборудования и определение состава производственных участков (подучастков). При помощи эвристики формируется принципиальное пространственное решение.

This paper presents a method for facility layout problem using a genetic algorithm and heuristics. The practical facility layout design can be effected by characteristics of constructing model, closeness weight metric and heuristics. The genetic algorithm processes additional part types, part-machine assignment, and the grouping of individual machines for cell formation. Heuristics forms the result layout.

Ключевые слова: план расположения оборудования, групповая технология, предметная специализация участков и цехов, мера близости.

Keywords: facility layout, group technology, cellular manufacturing, closeness weight metric.

Для машиностроительных предприятий с серийным типом производства одной из основных проблем является необходимость периодического изменения структуры производства вследствие неустойчивости номенклатуры производимой продукции, изменения серийности, износа технологического оборудования. Для обеспечения высоких технико-экономических характеристик производства такое изменение должно основываться на применении предметной или подетальной специализации участков и цехов [1].

В случае бесфундаментной установки технологического оборудования возможно постоянное обеспечение взаимного соответствия функциональной и пространственной структур цеха с минимальными затратами. Под функциональной структурой понимается разделение станков по участкам с определением номенклатуры технологических операций по каждому станку, под пространственной – последовательность размещения оборудования в пространстве цеха. Взаимное соответствие данных структур позволяет сократить межоперационные заделы, уменьшить площади под складирование и количество транспортного оборудования, увеличить оборачиваемость оборотных средств.

Определение как функциональной, так и пространственной структуры проводится в ходе технологической подготовки производства квалифицированными специалистами-технологами. Для повышения качества принимаемых решений необходимо привлечение современной вычислительной техники и программного обеспечения на основе формальных моделей технологической системы производства. Это определяет актуальность работ по синтезу и совершенствованию моделей и методов структуризации технологических систем механосборочного производства серийного типа.

Использование предметной и подетальной специализации участков и цехов в качестве проектной основы технологической системы производства предполагает глубокую декомпозицию состава оборудования цеха на подсистемы, обладающие собственными целями. При этом происходит замена систем, машин и

агрегатов, обслуживающих все пространство цеха, на меньшие по производительности и обслуживающие отдельные участки или даже станки.

В случае грузоподъемного и транспортного оборудования такое разделение зачастую целесообразно. Например, замена мостового крана на множество тельферов или консольно-поворотных кранов, локальных по своему действию, может привести к ускорению передачи заготовок между позициями, сокращению межоперационных заделов, а следовательно, к повышению экономической эффективности производства.

Для того чтобы выполнить декомпозицию технологической системы цеха в аспекте подъемно-транспортного оборудования, необходимо создать определенные предпосылки в плане расположения технологического оборудования – сформировать принципиальное планировочное решение таким образом, чтобы станки и позиции сборки, задействованные на смежных технологических операциях, располагались рядом.

Согласно [2] наиболее рационально решать поставленную задачу при помощи моделирования на треугольной сетке.

В качестве исходных данных используем линейную последовательность [3], в которой станки, обрабатывающие максимально схожую номенклатуру заготовок, расположены предельно близко друг к другу.

В отличие от [3] при формировании решения на треугольной сетке предполагается учитывать последовательность выполнения технологических процессов, точки подачи/выдачи заготовок и готовой продукции. Учет этих данных позволит формировать окончательное решение без дополнительного этапа с использованием прямоугольной сетки, что в конечном итоге должно повысить точность методики [3].

Существует два принципиально различных подхода к формированию такого рода решений. Первый – одномоментный синтез решения с его дальнейшей модификацией, осуществляемой, например, перестановками. Второй – пошаговое формирование. В данной работе для дальнейшего сравнительного анализа был разработан эвристический метод на основе второго подхода.

Для того чтобы определить последовательность формирования решения (в том числе порядок следования участков), необходимо предварительно переработать линейное размещение оборудования (а также позиций сборки и мест межоперационного складирования при них – далее все это будем подразумевать под оборудованием) и провести укрупненный учет расположения точек подачи заготовок и выдачи готовых изделий. Данные действия выполняются исходя из предположения, что последовательность укладывается на треугольную сетку послойно, а значит, начало, середина и конец линии располагаются соответственно в начале, середине и конце треугольной сетки.

Следует отметить, что для простоты расчета целевых функций все сборочные единицы учитываются подетально. При этом время на сборку учитывается в технологическом процессе лишь одной детали, входящей в сборочную единицу. Все остальные детали включают в свой технологический процесс позицию сборки с временем, равным нулю.

Все возможные случаи расположения точек подачи/выдачи заготовок и готовых деталей (их координаты x_0 и x_1 соответственно) относительно линейного размещения оборудования (длиной $|L|$) приводятся к трем рассматриваемым ниже:

• точки подачи и выдачи совпадают:

$$x_0 = x_1;$$

• точка подачи противоположна точке выдачи:

$$|x_0 - x_1| = |L|;$$

• точка подачи (выдачи) находится на расстоянии половины последовательности от точки выдачи (подачи), располагающейся на краю:

$$|x_0 - x_1| = 0{,}5|L|,$$

где $x_0 = 0$ или $x_1 = |L|$.

Оптимизацию линейного размещения оборудования проводят при перемене взаимного расположения множеств, соответствующих участкам, а также при использовании как прямой, так и обратной последовательностей единиц оборудования во множествах. Критерием оптимизации служит минимум условной мощности грузопотока, рассчитываемый при усредненных массах заготовок по формуле:

$$M_{y\Sigma} = \sum_{k=1}^{D}(m_k((S^k_{i\max} - S^k_{i\min}) + |x_0 - S^k_{i\max}| + |x_1 - S^k_{i\min}|)), \quad (1)$$

где k – номер изделия;

D – количество изготавливаемых деталей по наименованиям;

m_k – средняя масса k-й заготовки в объеме годового выпуска;

$S^k_{i\min}$, $S^k_{i\max}$ – номера локаций в линии, занимаемые первой и последней единицей технологического оборудования, применяемого для получения детали k-го наименования;

i – номер локации в линии ($1 \le i \le |L|$).

Далее определяют рядность размещения оборудования, исходя из:

– заданных габаритов участка: длины $L_{уч}$ и ширины $B_{уч}$;

– усредненных габаритов инверсных темплетов оборудования (с половиной нормированного расстояния между оборудованием по контуру): длины $l^{ср}_{ит}$, ширины $b^{ср}_{ит}$;

– предпочтительного вида размещения технологического оборудования (вдоль проезда или поперек).

При этом очевидно ограничение, накладываемое на значения используемых величин:

$$|L| l^{ср}_{ит} b^{ср}_{ит} \le L_{уч} B_{уч}.$$

Предлагаемый метод должен обуславливать появление кольцевых пространственных структур расположения оборудования, в которых технологическое оборудование сориентировано рабочими зонами друг к другу. Поэтому расчет рядности рационально проводить исходя из предпосылки размещения технологического оборудования под углом α к магистральному проезду:

$$n'_L = \frac{\cos\alpha}{b^{ср}_{ит}}(B_{уч} - l^{ср}_{ит}\sin\alpha - b^{ср}_{ит}\cos\alpha);$$

$$n_L = \lfloor n'_L \rfloor, \text{если } \alpha > 45°;$$

$$n_L = \lceil n'_L \rceil, \text{если } \alpha \le 45°;$$

$$n_B = \left\lceil \frac{|L|}{n_L} \right\rceil,$$

где $\lceil\ \rceil$ – операция округления до большего целого;

n_L – количество рядов технологического оборудования;

n_B – количество локаций в каждом ряду.

Соответственно, размеры шагов сетки рассчитывают следующим образом:

$$l_y = \frac{L_{уч}}{n_L};\ l_x = \frac{B_{уч}}{n_B};$$

$$l_{xy} = \sqrt{l_x^2 + 0{,}25 l_y^2}.$$

Угол α рекомендуется принять равным 45°.

В данной работе в качестве примера рассмотрим случай трехрядного размещения – относительно сложный и наиболее часто применяемый на практике.

Для упрощения процесса формирования решения выполним укрупнение групп технологического оборудования путем их объединения. Такое укрупнение проводим для групп, количество единиц оборудования в которых менее семи. Объединение выполняем с группами, для которых максимально значение меры близости, рассчитываемое по формуле

$$R = \frac{M_{yd}}{M_{yd} + M_{yb} + M_{yc}}, \quad (2)$$

где d – множество наименований деталей, изготавливаемых на оборудовании обеих групп;

$M_{уd}$ – условная мощность грузопотока, соответствующая этим деталям и рассчитанная на линейной последовательности;

b – множество наименований деталей, изготавливаемых на оборудовании i-й группы и не изготавливаемых на j-й;

c – множество наименований деталей, изготавливаемых на оборудовании j-й группы и не изготавливаемых на i-й;

$M_{уb}$ и $M_{уc}$ – аналогично $M_{уd}$.

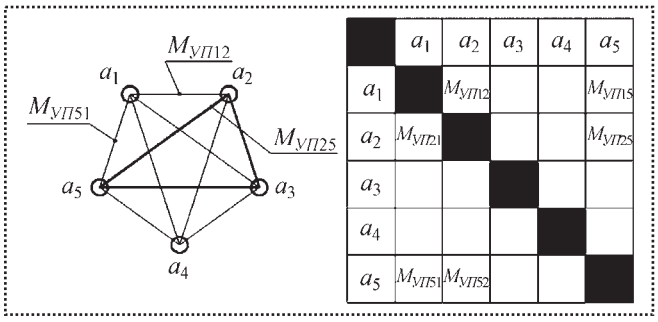
Для начала построения выбираем группу технологического оборудования с максимальной условной мощностью грузопотока. Для нее составляем многоугольник (рис. 1), вершины которого соответствуют единицам технологического оборудования. Все диагонали многоугольника соответствуют связям между единицами оборудования. Вес каждой связи равен условной мощности грузопотока для рассматриваемой пары оборудования и рассчитывается по формуле (3):

$$M_{упij} = \sum_{k=1}^{d} (m_k z_k), \qquad (3)$$

где m_k – годовой грузопоток, создаваемый заготовками деталей k-го наименования;

z_k – количество перемещений соответствующих заготовок (деталей) между i-й и j-й единицами оборудования.

Значения $M_{упij}$ заносят в таблицу (см. рис. 1). Из всего множества треугольников, построенных на вершинах многоугольника, методом перебора определяют треугольник с максимальной суммой значений связей. Формирование пространственной структуры рассматриваемого участка осуществляется от выбранного базового треугольника путем добавления единиц оборудования в соседние узлы треугольной решетки. Оборудование помещается в узел в том случае, если значение меры близости R для получаемого и базового треугольника максимально.



	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1		$M_{УП12}$			$M_{УП15}$
a_2	$M_{УП21}$				$M_{УП25}$
a_3					
a_4					
a_5	$M_{УП51}$	$M_{УП52}$			

Рис. 1. Многоугольник группы технологического оборудования и матрица его связей

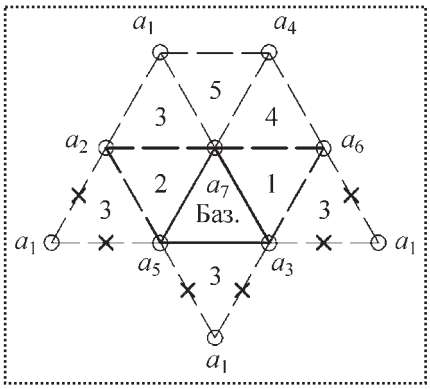


Рис. 2. Ограничения при формировании шестиугольника, состоящего из семи единиц оборудования

При добавлении шестой и последующих единиц оборудования вступают в силу два ограничения:

– при добавлении шестой и седьмой единиц должен сформироваться правильный шестиугольник (рис. 2);

– при добавлении восьмой единицы накладываются ограничения на добавление девятой, развитие пространственной структуры становится возможным только в двух направлениях (рис. 3).

Девятая добавляемая единица должна входить в треугольник, одна из вершин которого

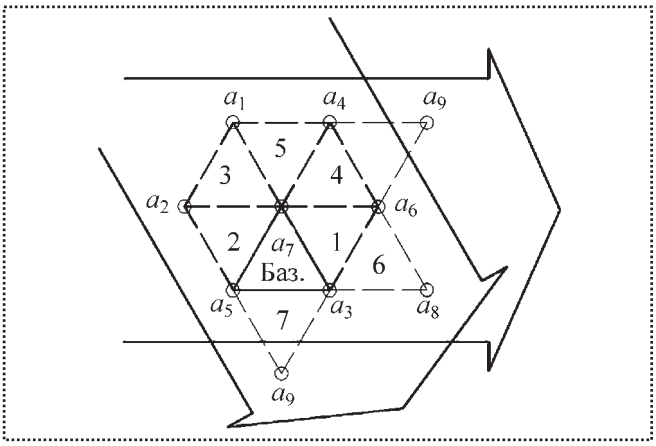


Рис. 3. Ограничение на рост структуры базового участка при добавлении восьмой и девятой единиц оборудования

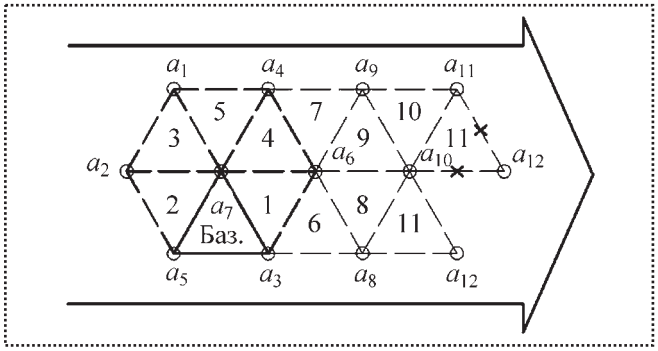


Рис. 4. Порядок присоединения новых узлов к существующей структуре

входит в треугольник с восьмой. При добавлении девятой единицы оборудования однозначно определяется направление роста структуры участка. При добавлении десятой единицы рассчитывают меру близости для четырех треугольников (двух ближних в существующей структуре и двух вновь образуемых при добавлении в узел единицы оборудования) по формуле (2).

Добавление позиций *11* и *12* осуществляется с расчетом меры близости по формуле (2). Причем добавление 12-й единицы сопровождается образованием треугольника, не имеющего общих сторон с треугольником, в который входит 11-я единица (рис. 4). Последующие ряды заполняются аналогично.

Таким образом, конечная структура будет иметь три возможных вида окончания (рис. 5). Если в базовом участке семь единиц оборудования, то его структурная схема будет иметь окончание, показанное на рис. 5, *а*, если восемь – рис. 5, *в*, девять – рис. 5, *б*.

К базовому участку возможно присоединение с двух сторон. Допустим, базовый участок состоит из девяти единиц (рис. 6).

Вариант I. В крайние узлы добавляют оборудование с расчетом меры близости по формуле (3). Далее в добавляемом участке определяют самый "тяжелый" треугольник. Если в

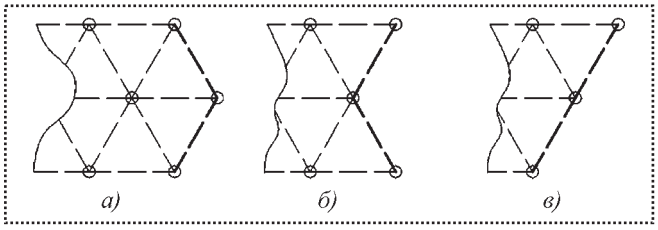


Рис. 5. Виды окончаний получаемых структур

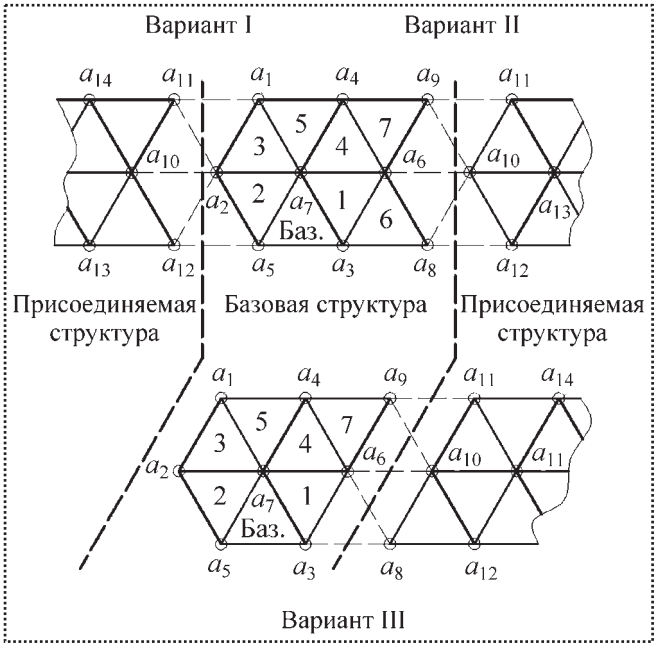


Рис. 6. Варианты присоединения структуры нового участка к существующей структуре

него не входит ни одна из добавленных единиц оборудования, то проводят дальнейшее добавление по одной единице, если входит – треугольник размещают целиком с расчетом меры близости по формуле (2).

Вариант II. В данном случае в первую очередь заполняют средний свободный узел. Далее – аналогично варианту I.

Вариант III. В первую очередь заполняют крайний свободный узел. Далее – аналогично варианту II.

Построенная таким образом схема обеспечивает расположение на участках технологического и складского оборудования с минимальным использованием межоперационного транспорта. Вместе с тем предложенный метод далек от совершенства и авторы были бы признательны за конструктивную критику.

Библиографический список

1. **Мельников Г.Н., Вороненко В.П.** Проектирование механосборочных цехов; учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.

2. **Rockstroh W.** Die technologische Bettriebsprojektierung. Band 2 Projektierung von Fertigungswerkstatten. Берлин: VEB Verlag Technik, 1978. 180 с.

3. **Лобуз В.В.** Формирование технологически ориентированных структур оборудования в пространстве цеха: дис. ... канд. техн. наук. М., 2008. 169 с.

Высокие технологии XXI века

Окончание статьи, см. начало № 10, 2010 г.

Измерительный комплекс "Форсаж" (рис. 2, см. 3-ю стр. обложки), позволяющий выявить разницу между видимой поверхностью реальной детали и ее математической моделью или другой аналогичной деталью, принятой за образец для сравнения. Полученная в цифровом виде информация может быть использована для доводки наружного профиля детали по результатам измерений в производственных условиях, контроля геометрических параметров детали (например, профиля пера лопаток компрессора, турбины по всей видимой поверхности, а не только в некоторых сечениях), выдачи заключений о годности детали или оснастки, накопления статистических данных по обмерам партий деталей для принятия решений по оптимизации технологических процессов, измерения площадей поверхностей любых объектов, например, при нанесении гальванических покрытий и покраске.

Преимущества комплекса: высокая производительность (цикл обмера поверхности детали с одной позиции не более 20 с); большое число точек измерения, фактически сплошь покрывающих измеряемую часть поверхности объекта; быстрая перенастройка комплекса на другие детали и типы деталей; возможность встраивания в технологический процесс благодаря программному обеспечению. Оператором комплекса может быть рабочий без опыта общения с ПК. Габаритные размеры объекта измерения от 60 мм до 1 м. Точность измерения 0,02...0,1 мм.

Разработчики считают, что применение комплекса приведет к удешевлению и унификации измерительной оснастки при повышении качества, скорости, информативности и наглядности измерений.

Государственный рязанский приборный завод (г. Рязань) показал на выставке свою новую продукцию.

Сварочный аппарат "Форсаж-200" (рис. 3) – самый маленький аппарат в модельном ряде сварочного оборудования инверторного типа. Несмотря на миниатюрность аппарат обладает широким набором функциональных возможностей и не заменим в условиях, где требуется высокая мобильность сварочного оборудования или проведение сварочных работ в стесненных условиях.

Аппарат может работать с электродами диаметром до 5 мм при максимальном сварочном токе 200 А и снижении напряжения до 140 В (питающее напряжение 220 В). Стабильно работает при длине питающего кабеля до 100 м. Оснащен системой автоматического отключения при перепадах напряжения и перегреве. Автоматическое управление работой вентилятора обеспечивает снижение потребляемой мощности и уменьшение попадания пыли внутрь аппарата. Аппарат обеспечивает устойчивое горение дуги, обладает большим экс-

Рис. 3. Сварочный аппарат "Форсаж-200"

плуатационным ресурсом, оснащен ударопрочным корпусом.

При сварочном токе 140 А нагрузка составляет 100 %, при номинальном токе 160 А – 80 %, при максимальном токе 200 А – 40 %. Потребляемая мощность аппарата при номинальном токе 8 кВт, при максимальном – 11 кВт. Рабочий диапазон температуры окружающей среды от –20 до +40 °С. Схематическое решение, реализованное на самой современной элементной базе, гарантирует высокую надежность и отличные сварочные свойства аппарата. Его габаритные размеры 295×145×182 мм, масса 5,8 кг. Аппарат прост в управлении и полностью удовлетворяет потребностям в профессиональной ручной дуговой сварке штучными электродами.

Промышленный трехфазный сварочный аппарат постоянного тока мод. "Форсаж-315PRO" для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и ручной сварки штучными электродами. Высокая производительность достигается за счет установки требуемых параметров сварки под конкретный материал или деталь с возможностью сохранения их в памяти аппарата. Интерфейс позволяет оперативно создавать программы сварки. Установка и контроль сварочного тока и напряжения осуществляются по цифровым индикаторам. Питание аппарата может осуществляться от передвижных электростанций. Возможно переключение режима сварки TIG–MMA в автоматическом режиме, а также хранение в памяти тридцати пользовательских программ в режиме TIG и тридцати программ в режиме MMA. До и после работы сварочный аппарат продувается газом.

Промышленный трехфазный сварочный аппарат постоянного тока мод. "Форсаж-301" для ручной сварки штучными электродами. Мощный инвертор аппарата, выполненный в малогабаритном корпусе, позволяет осуществлять качественную сварку в любых пространственных положениях. Для обеспечения большей мобильности возможно увеличение длины сварочных кабелей до 30 м с сохранением стабильных параметров сварки.

Установка и контроль сварочного тока и напряжения происходят по цифровым индикаторам. При перепадах напряжения в сети аппарат отключается автоматически. Возможно его питание от передвижных электростанций. Управление сварочным током может быть дистанционным. Аппарат оснащен узлом защиты от перегрева, перегрузки или аварии. Может быть использован для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с контактным зажиганием дуги специальной горелкой (TIG).

Механизм подачи проволоки "Форсаж-МП5", выполненный на основе четырехроликового привода подачи Cooptim (Венгрия), обеспечивает высокую стабильность подачи проволоки различных видов (сплошной, порошковой, самозащитной и т.п.). Механизм быстро налаживается под различные диаметры проволоки за счет смены роликов. Скорость подачи плавно регулируется. Питающее напряжение 22...36 В постоянного тока. Диаметр стальной сплошной сварочной проволоки 0,8...1,6 мм, порошковой – 1...2,2 мм. Скорость подачи 60...915 м/ч. Габаритные размеры механизма подачи 460×180×260 мм, масса 9 кг.

ОАО "Сибирский химический комбинат" (г. Северск Томской обл.) демонстрировал на выставке новые разработки.

Запорный вакуумный клапан мод. Р100У с ручным приводом для эксплуатации в системах коммуникации, агрессивных газовых средах (в том числе гексафторида урана) при рабочих температурах 10...70 °С и давлении $1{,}3\cdot10^{-3}$... 1013,2 ГПа. Диаметр условного прохода клапана 100 мм. Уплотнение затвора клапана – фторопласт по металлу. Способ присоединения клапана – фланцевый. Ресурс его работы не менее 300 циклов "открыто–закрыто".

РП-Гайковерт (усилитель крутящего момента) для усиления момента при сборке-разборке резьбовых соединений. Может также применяться в ручных приводах задвижек и станочных тисков. Значительные крутящие моменты

Рис. 4. Установка плазменной резки металла СПР-10-3000 (1500)

и передаточные числа способствуют достижению высоких усилий в ограниченном пространстве без применения дополнительных источников энергии. Компактность, простота и надежность конструкции позволяют эксплуатировать РП-гайковерт в любых климатических условиях.

Компания "Мир намоточных станков" (г. Москва) (рис. 4) предложила потребителям *установку плазменной резки металла мод. СПР-10-3000 (1500)*, представляющую собой четырехкоординатный станок плазменной резки. На всех его координатах использованы супергрузоподъемные профильные рельсовые направляющие. Станок оборудован оригинальной системой поддержания зазора между соплом плазматрона и разрезаемым листом с точностью ± 0,05 мм. Станок и программное обеспечение оптимизированы для производства деталей из различных металлов толщиной до 20 мм. В состав установки входят источник плазмы и программное обеспечение. Она оснащена стойкой ЧПУ с компьютером и ЖК-монитором, блоком управления шаговыми двигателями и плазматроном, столом раскроя размером 3000×1500 мм и компрессором.

Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов (г. Троицк Московской области) демонстрировал оригинальную разработку – *сканирующий нанотвердомер мод. "НаноСкан-3D"* (рис. 5, см. 3-ю стр. обложки) для исследования рельефа и структуры поверхностей и измерения механических свойств (в том числе твердости и модуля упругости) объемных материалов и тонких пленок в субмикронном и нанометровом масштабе.

На специальной раме смонтированы основные узлы: моторизованный столик *Z*-перемещений, зондовый датчик, пьезостолик для сканирования по осям *XY*, держатель зондового датчика, столик перемещения по осям *XY* с ручной подачей. Работа нанотвердомера основана на принципах сканирующей зондовой микроскопии. Главное отличие прибора – применение пьезорезонансного кантилевера камертонной конструкции с высокой изгибной жесткостью консоли. Использование режима резонансных колебаний позволяет контролировать контакт острия зонда с поверхностью по изменению амплитуды и частоты колебаний зонда, разделить вязкую и упругую компоненту взаимодействия острия с поверхностью и различить упругую поверхность и вязкое загрязнение на ней, неизбежно возникающее на открытом воздухе, а также измерить механические свойства поверхностей.

Конструкция зонда нанотвердомера допускает использование алмазных наконечников разных типов. Например, измерение твердости методом склерометрии заключается в нанесении царапин на поверхности материала с последующим сканированием изображения полученных отпечатков. Предварительно форма наконечника нанотвердомера калибруется на эталонном материале нанесением серии царапин при различной нагрузке. Значение твердости материала рассчитывается относительно твердости эталона по соотношению нагрузок и ширины полученных царапин на исследуемом и эталонном материалах. Сканирование и модификация поверхности осуществляются одним и тем же наконечником в одном цикле измерений. Это позволяет избежать трудностей с поиском нанесенных ца-

рапин и отпечатков и значительно сокращает время проведения измерений.

При измерении твердости и модуля упругости реализован метод, основанный на измерении и анализе зависимости нагрузки при вдавливании индентора в поверхность материала от глубины внедрения индикатора. Твердость образца определяется по формуле

$$H = \frac{P_{\max}}{A_c},$$

где A_c – площадь проекции отпечатка при максимальном значении приложенной нагрузки $P_{\max}$.

На базе нанотвердомера разработана технология измерения абсолютного значения модуля упругости материалов. Она заключается в том, что зондовый датчик, колеблющийся в направлении нормали к поверхности образца с амплитудой 10 нм и частотой ~10 кГц, вводится в контакт с поверхностью. В результате взаимодействия частота колебаний зонда возрастает по мере прижима к поверхности. Этот неразрушающий метод позволяет проводить измерения модуля упругости до 1000 ГПа в поверхностном слое толщиной менее 100 нм. В частности, возможно измерение модуля упругости тонких пленок без применения подложки. Сравнительные измерения, проведенные на различных материалах, подтверждают возможность применения описанной технологии в широком диапазоне значений модуля упругости.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва) демонстрировал *виртуальный измеритель-анализатор параметров электрических цепей*. Прибор представляет собой малогабаритный преобразователь с программным управлением, позволяющий с помощью ПК в автоматическом режиме измерять комплексное сопротивление, проводимость, а также коэффициент передачи четырехполюсника, фазовый угол, индуктивность и т.п.

Прибор выполнен в виде отдельного блока, подключенного к последовательному порту (интерфейс RS-232) компьютера и к порту USB через стандартный адаптер. Может быть реализовано также измерение неэлектрических параметров, характеризующих условия эксперимента (например, температуры). Программное обеспечение прибора позволяет работать в режимах измерения параметров импенданса на заданной частоте при заданном напряжении (токе) смещения, сканирования параметров импенданса в заданном диапазоне частоты при фиксированном напряжении (токе) смещения, мониторинга параметров импенданса на заданной частоте при заданном напряжении (токе) смещения в зависимости от времени или температуры. Основная погрешность измерения прибора 0,1...0,2 %, потребляемая мощность 8 Вт. Его габаритные размеры 120×180×35 мм.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (г. Москва) представил *машины трения* для прецизионных испытаний на трение радиальных и аксиальных (упорных) подшипников качения и скольжения, конструкционных и смазочных материалов, покрытий, восстановленных поверхностей, дизельных и реактивных топлив. С помощью машин трения доказано, что, например, при гидродинамическом режиме сила сопротивления вращению прямо пропорциональна частоте вращающегося кольца подшипника качения и может увеличиться почти в 10 раз, особенно при использовании высоковязких жидких смазочных материалов.

В машинах трения использованы аэростатические устройства, позволяющие измерять силу трения без паразитных потерь, т.е. чистый сигнал. Высокая чувствительность (дискретность измерения коэффициента трения достигает $1 \cdot 10^{-5}$) и низкая относительная погрешность измерения (не более 2 %) позволяют эффективно совершенствовать подшипники, материалы, в том числе смазочные, а также дизельные и реактивные топлива.

ФГУП Государственный завод "Пульсар" (г. Москва) разработал и предложил машиностроительным предприятиям *стержневой ультразвуковой преобразователь* для применения в таких технологиях, как высокоамплитудная очистка, обезжиривание поверхностей, очистка проволоки и профилей, обработка воды или сточных вод, диспергирование, при-

готовление стойких эмульсий и т.п., где необходима очень большая энергия. Преобразователь и генератор расположены отдельно и соединены кабелем. Конструкция преобразователя позволяет эксплуатировать его в экстремальных условиях (пыль, грязь, высокая температура и влажность).

Компания "Высокие технологии" (г. Москва) демонстрировала оригинальное устройство – *портативный стан и сварочный аппарат мод. Xenta X1100 в одном кейсе*. Таким аппаратом можно осуществлять сварку при помощи электрода диаметром 2,5 мм. К прибору прилагаются сварочные кабели, защитная маска, щетка с молоточком, наплечный ремень и прокатный стан.

Питающее напряжение сварочного аппарата 230 В, его габаритные размеры 120×270×200 мм, масса 2,7 кг. Диаметр перемещения подвижного валка стана 3,5 мм, ширина прокатываемых материалов до 50 мм, диаметр валков 40 мм, шероховатость их поверхности 0,025 мкм, высота паза для крепления устройством за край стола 40 мм, число делений на лимбе винта микрометрической подачи валков 100, шаг винта 1 мкм. Питающее напряжение при подаче тока на валки 36 В. Для реализации электропластического эффекта предусмотрена возможность подведения тока к подвижному валку и к корпусу устройства. Электропластический эффект позволяет прокатывать полосы из различных материалов и получать фольгу толщиной до 100 мкм.

Институт проблем управления РАН (г. Москва) предложил устройство для офисов "автосекретарь" на основе компьютерных речевых технологий. Оно осуществляет маршрутизацию звонков, предоставляя звонящему возможность называть имя сотрудника, отдел или внутренний номер, а также может сообщать справочную информацию о деятельности компании, распознавая запрос и анализируя его смысл. В выходные дни и нерабочее время "автосекретарь" может предоставлять информацию, выясняя в ходе диалога, что именно интересует клиента. Обслуживание звонков осуществляется на разных языках.

ЗАО "Научное и технологическое оборудование" (г. С.-Петербург) демонстрировало на выставке новые разработки.

Установка мод. STE RTA70H (рис. 6) для высокотемпературной обработки образцов в управляемой газовой среде, вакууме, кислороде или другой нетоксичной атмосфере. Алюминиевая камера позволяет проводить обработку при температуре до 1200 °С в сочетании с длительным отжигом (до 120 мин). Максимальный диаметр обрабатываемой пластины 100 мм.

Образец загружают в камеру через горизонтальный фланец быстрой загрузки, снабженный подъемником. Рабочая зона камеры представляет собой термостат, образованный двумя тепловыравнивающими дисками из пиролитического графита, между которыми располагается пластина. Такая конструкция позволяет проводить отжиг в вакууме, обеспечивая однородность нагрева образца, имеющего неоднородное поглощение инфракрасного облучения по поверхности. Равномерная продувка рабочей зоны инертным газом осуществляется через систему отверстий в дисках.

Рис. 6. Установка STE RTA70H

Отличительная особенность установки – разделение рабочих объемов нагревателя и отжигаемого образца. Нагреватель, представляющий собой систему из двенадцати линейных галогеновых ламп, находящихся вне рабочей камеры, нагревает графитовый столик через установленное в ней кварцевое окно. Максимальная мощность нагревателя 22,5 кВт. Управление мощностью нагрева осуществляется тиристорным регулятором. Встроенный ПИД-контроллер проводит "многостадийный" отжиг по заданной программе. Температуру рабочего столика контролируют две термопары. Весь технологический процесс в установке происходит в автоматическом режиме.

Установка мод. STE EB71, представляющая собой полностью автоматизированную станцию электронно-лучевого напыления высококачественных тонкопленочных композиций в сверхвысоком вакууме. В конструкцию установки заложена возможность встраивания в ее состав роботизированных вакуумно-технологических кластерных систем. Мощность катодного блока электронно-лучевого испарителя 6 кВт, ускоряющее напряжение 6 кВ.

Задача форума – содействие развитию инновационных процессов, расширение международного диалога, международного научно-технического и делового сотрудничества.

В рамках форума реализована многоплановая деловая программа: прошла научно-техническая конференция "Высокие технологии – стратегия XXI века" и пленарное заседание "Задачи объединения и консолидации усилий научного и экспертного сообществ". Были организованы конкурсы по тематике "Высокие технологии – основа модернизации экономики и развития промышленности", "Лидер в области высоких технологий", "Лучшее предприятие XXI века".

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 12.10.10 г. Подписано в печать 09.12.10 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,39. Заказ 938. 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.