Автоматизация. Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

4

2016

Главный редактор
Микрин Е.А. — д.т.н., проф., академик РАН, ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Белоусов В.Л. — д.э.н., проф., МГУПИ
Ван Сяофэн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т науки и технологии (КНР)
Дегтярёв Ю.И. — д.т.н., проф., МАИ
Елисеев В.А. — д.т.н., проф., Ин-т инновац.-технологич. менеджмента
Иванов А.П. — д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)
Криони Н.К. — д.т.н., проф., УГАТУ (г. Уфа)
Мальцева С.В. — д.т.н., проф., НИУ ВШЭ
Микаева С.А. — д.т.н., проф., МГУПИ
Неусыпин К.А. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Нефёдов Е.И. — д.ф.-м.н., ИРЭ РАН
Никифоров В.М. — д.т.н., проф., ФГУП «НПЦАП им. Н.А. Пилюгина»
Осипова В.Г. — ООО «Изд-во Инновационное машиностроение» (заместитель главного редактора)
Пролетарский А.В. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Румянцева О.Н. — генеральный директор ООО «Изд-во Инновационное машиностроение»
Фёдоров И.Б. — д.т.н., проф., академик РАН, президент МГТУ им. Н.Э. Баумана
Хэ Юн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т науки и технологии (КНР)
Шахнов В.А. — д.т.н., проф., член-кор. РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Шибанов Г.П. — д.т.н., проф., Гос. лётно-испытат. центр им. В.П. Чкалова
Янович Е.А. — д.э.н., проф., Кошалинский политехнич. ин-т (Польша)

Редактор — **Лутовинина О.Н.**
Редактор — **Селихова Е.А.**
Компьютерная вёрстка — **Конова Е.В.**

Адрес редакции:
107076, Москва,
Колодезный пер., д. 2А, стр. 2.
Тел.: (499) 268-41-77.
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;
http://www.mashin.ru

УЧРЕДИТЕЛИ:

ОБЩЕСТВО
С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"

Журнал зарегистрирован 29 мая 2014 г.
за № ФС77-58102 в Роскомнадзоре

Журнал входит в перечень утверждённых ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей учёных степеней, а также в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

ООО "Издательство
"Инновационное машиностроение"

Адрес издательства:
107076, Москва, Колодезный пер., д. 2А, стр. 2.
Тел.: (495) 661-03-36

© Издательство "Инновационное машиностроение",
"Автоматизация. Современные технологии", 2016

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Гусев Г.А., Локтионов Д.А. Автоматизация исследований топливных аккумуляторных систем ДВС с распределённым впрыском бензина . . . 3

Родионов Л.Ф., Назарова И.А., Уютов А.А. Автоматизация процесса проектирования механосборочных цехов средствами программного комплекса Microsoft Office . . . 9

Горшков Б.М., Самарцев И.А. Влияние межмодульного устройства базирования и крепления на безотказность автоматически сменного узла перекомпонуемой рабочей позиции технологического оборудования . . . 15

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Шибаков В.Г., Вильданов И.З. Интегрированное конструкторско-технологическое проектирование производства деталей в машиностроении . . . 19

Пименов И.В., Туркина Н.Р., Пименов В.И. Использование знаний в информационной системе расчёта среднетипичных размеров при серийном производстве . . . 23

Половников М.С., Ухов В.И. Приём оперативной информации по резервируемым каналам связи . . . 28

Курнасов Е.В. Оценка эффективности автоматизированного технологического процесса с учётом его декомпозиции и синтеза подпроцессов . . . 31

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Чан Нгок Хыонг. Оценка точности распознавания цели летательным аппаратом . . . 36

Ерёмин И.А. Передача атрибутов моделей NX в модели Solid Edge . . . 39

Чернядьев А.В. Новый способ преобразования бинарного кода Грея в двоичный код . . . 42

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов . . . 45

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION PROCESSES

Gusev G.A., Loktionov D.A. Research automation fuel battery systems ICE with distributed fuel injection . . . 3

Rodionov L.F., Nazarova I.A., Uyutov A.A. The projecting process automation of the machine assembly shops through the use of software package Microsoft Office . . 9

Gorshkov B.M., Samartsev I.A. Influence of inter-module device for location and fastening on the faultness of the is automatically changeable assembly for rearranged working position of technological equipment . . . 15

MODERN TECHNOLOGY

Shibakov V.G., Vildanov I.Z. Integrated structural-technological designing of the machine-building production . . . 19

Pimenov I.V., Turkina N.R., Pimenov V.I. Use of knowledge in the information system of calculating the typical medium sized in serial production . . . 23

Polovnikov M.S., Ukhov V.I. Receiving of the efficient information by means of reserved communication channels . 28

Kurnasov E.V. The effectiveness valuation of the automatic process, by taking into account its decomposition and subprocesses synthesis . . . 31

MODERN INFORMATION TECHNOLOGY

Neusypin K.A., Proletarskiy A.V., Chan Ngok Khyong. The valuation of the target recognition accuracy by aircraft . . . 36

Eremin I.A. Transfer attributes of the models NX in the model Solid Edge . . . 39

Chernyad'yev A.V. A new conversation method of the binary Gray code into binary code . . . 42

SURVEY OF PERIODICALS

On the journals pages . . . 45

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу "Роспечать" — 70537, по каталогу "Пресса России" — 27838, по каталогу российской прессы "Почта России — 60267) или непосредственно в издательстве по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок: (495) 785-60-69

Сдано в набор 01.02.2016.
Подписано в печать 23.03.2016.
Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Цена свободная.

Отпечатано в ООО "Канцлер"
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

Перепечатка материалов из журнала "Автоматизация. Современные технологии" возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Автоматизация. Современные технологии" обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель

© Издательство "Инновационное машиностроение", "Автоматизация. Современные технологии", 2016

УДК 629.113.006

Г.А. Гусев, канд. техн. наук, **Д.А. Локтионов**
(Калининградский государственный технический университет)
denlokt@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОПЛИВНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ДВС С РАСПРЕДЕЛЁННЫМ ВПРЫСКОМ БЕНЗИНА

Представлен способ автоматизации экспериментальных исследований по снятию диагностических параметров топливной аккумуляторной системы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием, установленных на транспортных средствах. Прибор позволил диагностировать работу топливной системы на различных режимах работы двигателя, подтвердил правильность теоретических расчётов и в дальнейшем дал возможность использовать разработанную систему автоматизации как встроенную дополнительную диагностику ДВС.

Ключевые слова: параметры диагностирования; автоматизированная система; исследования топливной системы ДВС; информационно-измерительный уровень; программное обеспечение; учёт полученных параметров.

The way of the experimental researches automation on the diagnostic parameters read of the fuel battery system for internal combustion engines (ICE) with spark ignition, mounted on the moving vehicle is represented. The instrument permited to diagnose the fuel system work for different modes of the engine operation, confirmed the correctness of theoretical calculations and further given the possibility to use the developed automation system as a built-in ICE auxiliary diagnostics.

Key words: diagnostics parameters; automatic system; study of the ICE fuel system; information-measuring level; software; received parameters accounting.

После проведённых теоретических расчётов по определению возможных параметров диагностирования топливоподачи распределённой системы впрыска двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием возникла необходимость разработки и изготовления автоматизированной системы для проведения трудоёмких экспериментальных исследований в целях практического подтверждения результатов расчётов [1].

Были выполнены основные требования, предъявляемые к разрабатываемой системе:

автоматизация процесса измерений параметров форсунок без их демонтажа. При этом параметры предлагается снимать при помощи легко монтирующихся на топливные форсунки и в топливную систему специально изготовленных датчиков;

учёт проведённых измерений параметров топливной системы и её элементов с использованием компьютерных технологий.

Структура разработанной автоматизированной системы (АС) "ТЕСТФОРС" состоит из уровней информационно-измерительного, накопления и обработки данных.

Уровень накопления и обработки данных реализован в виде комплекса программ, установленных на персональный компьютер. Включает в себя функции интерфейса связи с изготовленным переносным прибором для снятия параметров состояния топливной системы, системы управления базами данных, основанной на *SQL Server Compact Edition версии 3.5* [2], корпорации Microsoft и комплекта подпрограмм.

Информационно-измерительный уровень АС выполнен в виде отдельного переносного блока. Этот вариант исполнения имеет следующие преимущества: возможность проведения исследований не только в непосредственной близости от персонального компьютера, но и от гальванической развязки персонального компьютера от электрических цепей оборудования транспортного средства. Структурная схема этой части состоит из модулей, показанных на рис. 1.

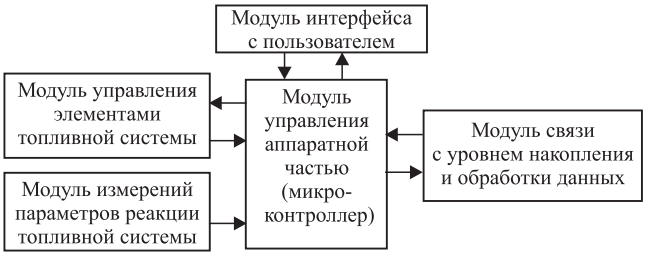


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительного уровня

Модуль управления элементами топливной системы состоит из цепей управления топливными форсунками и топливным насосом.

Так как этот модуль имеет обратную связь по схеме измерения токов, протекающих через цепи управления форсунками при их открытии, происходит обмен данными между микроконтроллером и этим модулем.

Принципиальная схема узла управления топливной форсункой показана на рис. 2.

В этой схеме управление открытием и закрытием топливной форсунки осуществляется транзистором *Q10*. При подаче напряжения на его затвор транзистор открывается и замыкает на массу контакт *2* разъёма *J3* топливной форсунки.

Резистор *R12* удерживает транзистор в закрытом состоянии в случае отсутствия управляющего сигнала *R13*. Так как форсунка подключена к питанию через токоизмерительный резистор *R5*, то через резистор начинает протекать ток, равный току, проходящему через форсунку. При помощи дифференциальной схемы на операционном усилителе *U8B* ток преобразуется в напряжение и подаётся на вход аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера [3]. Резисторами *R9/R10* регулируется коэффициент усиления схемы, *R8* предназначен для ограничения тока и симметрирования подаваемого сигнала на входы операционного усилителя. Конденсатор *C12* в цепи обратной связи усилителя эффективно подавляет высокочастотные помехи при усилении сигнала. Резистор *R11* защищает выход усилителя и входную цепь микроконтроллера от возможных всплесков напряжения. Цифрами *1—9* показаны контакты разъёмов форсунки и усилителя.

Модуль измерений параметров реакции топливной системы имеет узлы измерения тока через форсунку, рассмотренный выше, снятия акустического параметра (рис. 3) и измерения давления в топливной рампе.

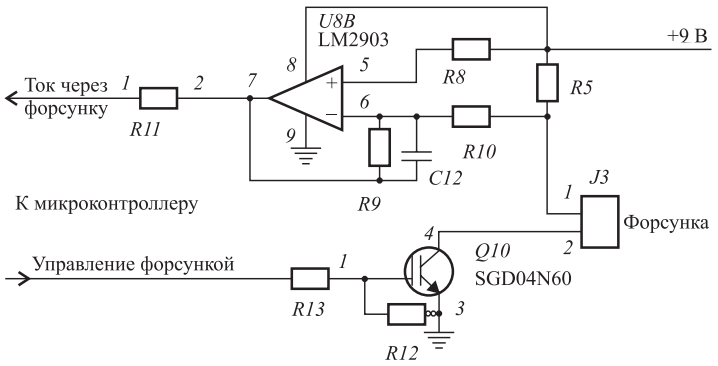


Рис. 2. Принципиальная схема узла управления форсункой

Для снятия акустического параметра движения клапана форсунки используем датчик *MK1* [4], который представляет собой специально доработанный микрофон с подачей питания через резистор *R16*.

Резисторами *R14/R17* регулируется коэффициент усиления схемы на операционном усилителе *U9A* с отрицательной обратной связью. Резистор *R15* и конденсатор *C16* обеспечивают уровни напряжения на положительном входе усилителя. Сигнал напряжения, пропорциональный амплитуде акустического сигнала движения клапана форсунки, с выхода операционного усилителя через токоограничивающий резистор *R3* подаётся на вход АЦП микроконтроллера для дальнейшей обработки. Цифрами *1—5* показаны контакты разъёмов микрофона и усилителя.

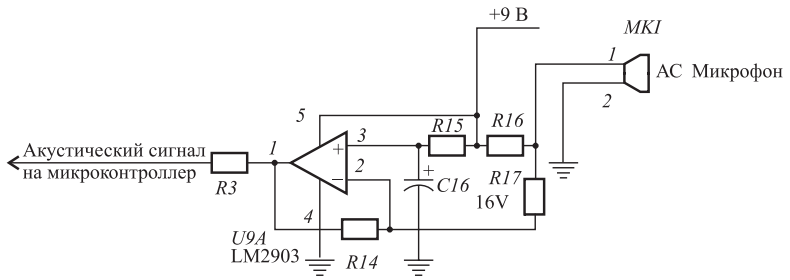


Рис. 3. Принципиальная схема узла акустического датчика

Узел измерения давления в топливной системе состоит из датчика давления в топливной рампе и схемы преобразования токового сигнала датчика в пропорциональный ему сигнал напряжения, который подаётся на вход АЦП микроконтроллера (рис. 4).

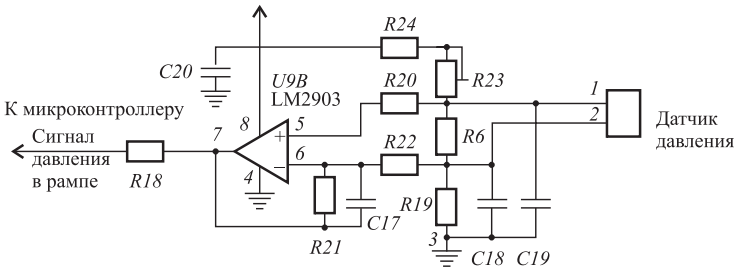


Рис. 4. Принципиальная схема узла датчика давления

Двухпроводной датчик давления подключается по схеме "токовая петля", получая питание прямо на клеммы датчика, ток через датчик изменяется пропорционально давлению. На схеме (см. рис. 4) цепочка резисторов *R24/R23/R19* питает и выводит датчики в рабочий диапазон

токов, а также формирует уровни напряжений на входах операционного усилителя *U9B*.

Резистор *R6* ограничивает перепад напряжений на входах усилителя в случае потери контакта с датчиком давления, что позволяет детектировать обрыв датчика с выводом соответствующего сообщения на дисплей прибора.

Конденсаторы *C18*, *C19* установлены для защиты от высокочастотных импульсных помех по входам усилителя. Конденсатор *C17* подавляет высокочастотные помехи при усилении сигнала.

Цепочка резисторов *R21/R22* устанавливает коэффициент усиления схемы усилителя по обратной связи, резистор *R20* ограничивает ток и симметрирует сигнал на входах усилителя. Конденсатор *C20* блокирует помехи по питанию усилителя. Резистор *R18* ограничивает ток с выхода усилителя на вход микроконтроллера. Цифрами *1—8* показаны контакты разъёмов датчика давления и усилителя.

Модуль связи с частью вторичной обработки информации представляет собой готовый к использованию преобразователь протокола универсального последовательного порта (*USB*) в протокол интерфейса последовательной передачи данных (*UART*), микросхемы *FT232R* фирмы FTDI, Великобритания.

На рис. 5 показана схема связи прибора с топливной системой. Программное обеспечение информационно-измерительного уровня состоит из основной программы и нескольких программных модулей:

самодиагностики и пользовательского интерфейса;

проведения измерений;

работы с данными, накопленными в памяти прибора;

связи с уровнем накопления и обработки данных.

Подпрограммы инициализации подсистем микроконтроллера и интерфейса пользователя объединены с основной программой части первичной обработки информации.

Часть первичной обработки данных построена на базе микроконтроллера *LPC2129FBD64* фирмы NXP, Нидерланды. Его ядро выполнено на основе 16/32-разрядного центрального процессорного устройства (ЦПУ) *ARM7TDMI-STM* со встроенной поддержкой реально-временной эмуляции и трассировки.

Для хранения программного кода микроконтроллер имеет 256 Кбайт высокоскоростной встроенной флэш-памяти [5], а его ядро — несколько высокопроизводительных шин связи с внутренними подсистемами. В состав микроконтроллера входит интерфейс *JTAG* для

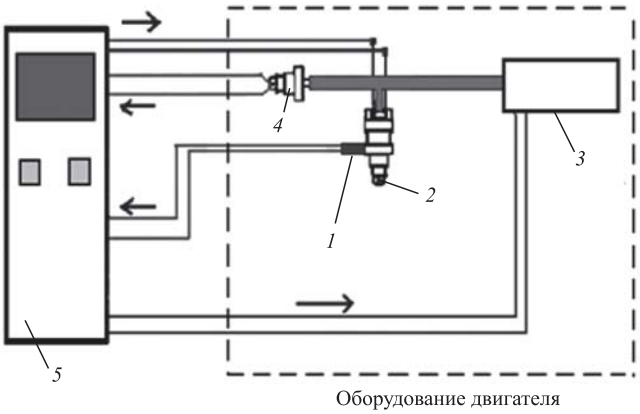


Рис. 5. Схема связи между топливной системой и переносным прибором:

1 — виброакустический датчик; *2* — электромагнитная форсунка; *3* — топливный насос; *4* — датчик давления топлива; *5* — прибор сбора данных

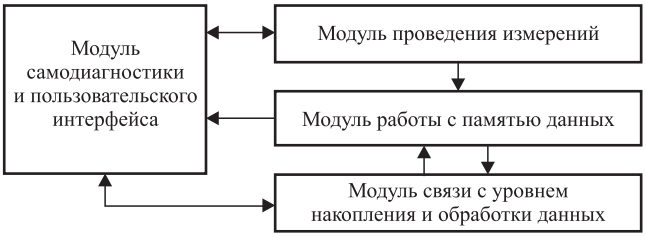


Рис. 6. Взаимосвязи между компонентами программного обеспечения прибора

отладки работы программного обеспечения в реальном времени. Данная автоматизированная система включает в себя обеспечивающие подсистемы, посредством которых реализуется работа функциональных подсистем.

Техническое обеспечение системы состоит из двух частей — информационно-измерительного уровня и уровня накопления и обработки данных. Так как каждая из этих частей содержит в своём составе микропроцессор, то для их функционирования разработано специальное программное обеспечение.

Программное обеспечение информационно-измерительного уровня состоит из основной программы и нескольких программных модулей. Подпрограммы инициализации подсистем микроконтроллера и интерфейса пользователя объединены с основной программой части первичной обработки информации (рис. 6).

Программа самодиагностики и пользовательского интерфейса является основной программой. Алгоритм работы модуля самодиагностики прибора представлен на рис. 7.

Перед передачей управления подпрограмме проведения измерений из пользовательского интерфейса передаются данные о работнике, проводящем исследования, а полу-

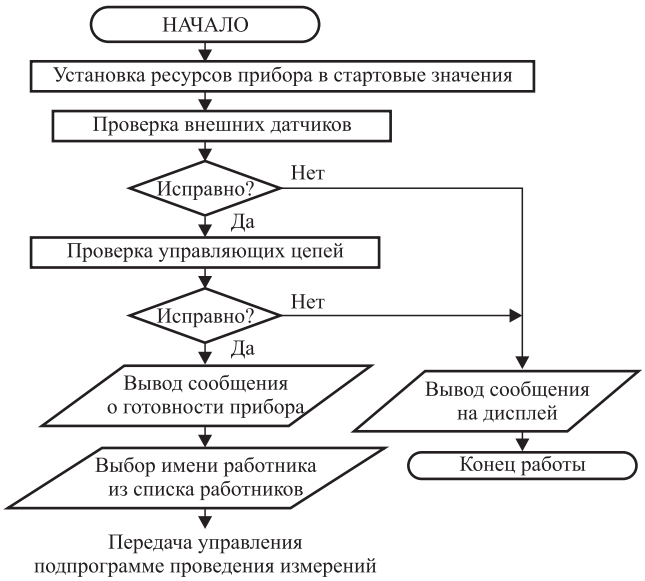


Рис. 7. Алгоритм работы модуля самодиагностики прибора

чаемые в результате проведения измерений данные выводятся на дисплей прибора.

Модуль работы с частью вторичной обработки информации также имеет связь с пользовательским интерфейсом. Во время установления успешного канала связи с частью вторичной обработки информации через эту связь пользовательскому интерфейсу передаётся уведомление о подключении, а также другая сопутствующая информация.

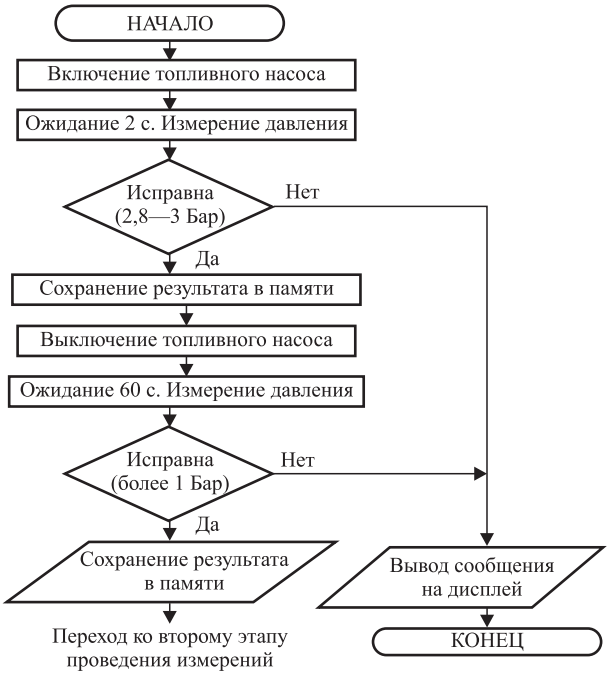


Рис. 8. Алгоритм работы подпрограммы на первом этапе проведения измерений

Программное обеспечение уровня накопления и обработки данных состоит из основной программы и нескольких программных модулей (подпрограмм):

связи с первичной частью обработки данных;

систематизации и визуализации данных о проведённых измерениях, сохранённых в базе данных;

для работы с данными в таблицах клиентов, их транспортных средств, работников;

составления отчётов по проведённым измерениям.

Подпрограмма связи с информационно-измерительным уровнем предназначена для установления связи, приёма новых данных по проведённым исследованиям их преобразования и добавления к уже существующим в базе данных.

Подпрограмма визуализации и систематизации данных связана с подпрограммами работы с данными клиентов в таблицах.

Программное обеспечение информационно-измерительного уровня состоит из нескольких модулей. Модуль самодиагностики предназначен для настройки и проверки внутренних ресурсов микроконтроллера после подачи питания на прибор, проведения тестов на исправность датчиков и цепей подключения к исследуемой топливной системе. Модуль проведения измерений измеряет параметры элементов топливной системы. Этот процесс состоит из двух этапов — измерений давления в рампе и измерения параметров топливных форсунок. Алгоритм работы подпрограммы на первом этапе проведения измерений показан на рис. 8.

На этом этапе замеряется давление в топливной системе и герметичность в случае падения давления за нормированное время. Алгоритм работы подпрограммы на втором этапе проведения измерений представлен на рис. 9.

После успешного окончания первого этапа проведения измерений необходимо подсоединить соответствующий разъём прибора к первой топливной форсунке и на очищенной от грязи металлической части её корпуса поместить акустический датчик. При этом на дисплее прибора будет индицироваться запрос о готовности к проведению измерений параметров работы топливной форсунки № 1. После того как всё будет готово к проведению измерений, следует нажать кнопку "OK" на приборе. Прибор включит топливный насос на одну секунду, выключит его, и через одну секунду после выключения произведёт замер давления в топливной системе.

Затем одновременно с подачей серии импульсов тока на электромагнит клапана топливной форсунки подпрограмма измеряет следующие величины:

бросок тока через форсунку при подаче напряжения на её электромагнитный клапан для выяснения исправности электрической части топливной форсунки по параметрам:

электрический обрыв цепи катушки электромагнита клапана;

межвитковое замыкание катушки электромагнита клапана;

параметр акустической амплитуды удара при остановке клапана для выяснения качества работы движущихся механических частей топливной форсунки, а именно:

степень загрязнения седла и иглы клапана топливной форсунки;

наличие "зависаний" в открытом или закрытом состоянии клапана топливной форсунки.

Рис. 9. Алгоритм работы подпрограммы на втором этапе проведения измерений

После проведения измерений токов и акустических величин усреднённое за серию измерений значение акустического параметра заносится в память, и там же сохраняется усреднённая величина броска тока через катушку форсунки.

Через одну секунду после окончания подачи импульсов управления через форсунку подпрограмма повторно измеряет давление в топливной рампе и заносит разность величин давления до открытия клапана форсунки и давления после её открытия в память. Затем подпрограмма осуществляет необходимые вычисления, связанные с определением степени исправности и загрязнения топливной форсунки и также сохраняет полученные результаты в оперативной памяти микроконтроллера.

Модуль связи вторичной обработки информации отвечает за поддержку связи с программой, установленной на персональный компьютер. Алгоритм работы модуля показан на рис. 10.

При входе в режим синхронизации списка и времени подпрограмма ожидает от персонального компьютера (ПК) следующие данные:

количество загружаемых имён работников, максимум 8;

Рис. 10. Алгоритм работы модуля связи с ПК

имя работника длиной максимум 14 байтов и 2 байта его идентификатора (ИД);

значения текущей даты и времени, 8 байтов.

Если был принят байт, отличный от байта идентификатора команды стирания, то подпрограмма возвращается в режим ожидания нового кодового слова. В случае принятия по шине связи команды стирания, подпрограмма связи передаёт управление подпрограмме работы с памятью данных, с параметром "стереть данные", затем посылает в ПК байт подтверждения "ОК" и возвращается в режим ожидания кодового слова от ПК.

В режиме выгрузки данных подпрограмма передаёт в ПК следующие данные: количество имеющихся в памяти прибора блоков данных и все данные, разделённые по блокам. Каждый блок оканчивается байтом контрольной суммы.

Так как микроконтроллер *LPC2129FBD64* имеет функцию поблочного стирания и записи в область электрически стираемой перезаписываемой памяти (*FLASH*), то при разработке прибора имеет смысл не использовать отдельную микросхему энергонезависимой электрически стираемой и перезаписываемой памяти данных (*EEPROM*) для хранения данных, а организовать эту память в области, не использующейся для хранения программы микроконтроллера. При этом функции стирания и записи в память данных организуются в отдельный модуль.

Модуль работы с памятью данных функционирует следующим образом.

Перед передачей управления этому модулю формируются два параметра, которые передаются ему в качестве аргумента. Первый параметр содержит идентификатор команды, второй — является указателем на данные, с которыми модуль будет работать.

Так как в область FLASH данного микроконтроллера без предварительного стирания возможна запись данных только в стёртые ячейки, содержащие логические единицы, и количество операций записи и стирания данных в область FLASH небесконечно, то для максимального использования ресурса памяти организовали так называемое флаговое хранение данных. При этом каждый хранимый блок данных имеет бит флага "Верно" (*true*), равный состоянию незаписанной ячейки памяти. В данном случае состояние незаписанной ячейки равно логической единице.

При такой организации хранения данных при поступлении команды стирания блока данных подпрограмма модуля работы с данными стирает не весь блок, а устанавливает флаг блока данных в состояние "Неверен" (*false*).

При поступлении команды записи блока происходит дозаписывание нового блока данных на ближайшее свободное место, незанятое какими-либо старыми данными, внутри области FLASH, отведённой для их хранения. Только в случае заполнения отведённой области данными до конца происходит полное стирание области FLASH, выделенной для хранения данных, и повторная запись в уже чистую область.

Функция стирания данных о проведённых исследованиях заключается в установке флага "Неверно" для каждого сохранённого блока данных. Функция записи блока данных о работнике заключается в поиске среди уже сохранённых "Верных" блоков данных содержимого с идентификатором и именем работника, и если его не нашлось, то осуществляется дозапись нового блока.

Для правильного функционирования в памяти FLASH микроконтроллера выделены две области хранения данных. Длина блока данных о работниках составляет 16 байтов. Длина блока данных о проведённых исследованиях — 45 байтов.

Для разработки программного обеспечения части первичной обработки данных использовалась среда разработки программ *Keil u Vision v4,* фирмы Keil, Германия.

Так как часть вторичной обработки данных базируется на персональном компьютере под управлением операционной системы (ОС) *Windows XP*, то она была выполнена в виде приложения, написанного в среде разработки программ и приложений *Visual Studio 2008* от компании Microsoft с помощью языка программирования *Visual C# 2008.* Перед пуском программы на ПК нет необходимости заранее формировать необходимые файлы баз данных. Если программа не найдёт ни одного файла баз данных за прошлые года, то она предложит сформировать новые файлы с пустыми базами, которые следует заполнить вручную при пользовании программой [6].

Все подпрограммы работы с данными выполнены в виде отдельных форм, содержащих таблицы типа *Data Grid View* компании Microsoft, и кнопки управления.

Подпрограмма работы с таблицей проведённых измерений несколько сложнее. Она состоит из таблицы, содержащей общие данные о проведённых измерениях, причём при двойном щелчке левой кнопкой мыши на полях столбцов с номером транспортного средства и списком работников ("проводил исследование") открываются формы соответственно с таблицами клиентов и работников. Последний столбец таблицы является вычис-

ляемым, содержит суммарные данные об исследовании. Ниже этой таблицы находится таблица с подробными данными об исследовании, выбранном в верхней таблице.

В качестве среды выполнения программы "ТЕСТФОРС" была выбрана относительно нересурсоёмкая ОС Windows XP.

Для работы приложения "ТЕСТФОРС" требуются специальные программные средства. Это предустановленный пакет *Net Framework* версии 2.0 компании Microsoft или новее, а также драйвер порта *USB* для микросхемы *FT232* фирмы FTDI, Великобритания.

Система функционирует следующим образом. Переносным прибором с исследуемой системы снимаются данные о работе топливной системы и её элементов, и в нём же проводится первичная обработка данных для получения результатов измерений. Результаты исследований выводятся на дисплей прибора. Если требуется перенести полученные результаты исследования на бумагу, прибор подсоединяется посредством интерфейса универсального последовательного порта *USB* к персональному компьютеру.

При помощи системы управления базами данных (СУБД) формируются и выводятся несколько видов отчётных документов.

В качестве модуля интерфейса с пользователем были взяты матричный жидкокристаллический дисплей ввода-вывода информации и клавиатура в виде четырёх кнопок выбора режимов, подключенные к микроконтроллеру прибора.

Таким образом, разработанная и изготовленная автоматическая система получения параметров состояния топливной системы позволила экспериментально подтвердить научные расчёты и использовать прибор в дальнейшем как диагностический для контроля технического состояния распределённой системы впрыска бензина двигателей внутреннего сгорания.

Библиографические ссылки

1. **Гусев Г.А., Ковальчук Л.И.** Теоретическая оценка параметров переходных процессов в аккумуляторных системах распределённого впрыскивания топлива ДВС с искровым зажиганием // Автомобильная промышленность. 2014. № 5. С. 10—13.

2. **Кириллов В.В**. Структурированный язык запросов (*SQL*). СПб.: ИТМО, 1994. 80 с.

3. **Джексон Г**. Проектирование реляционных баз данных для использования с микроЭВМ. М.: Мир, 1991. 252 с.

4. **Гусев Г.А., Локтионов Д.А.** Диагностирование электромагнитных форсунок бензиновых двигателей с распределёнными системами впрыска // Контроль. Диагностика. 2009. № 11. С. 58—61.

5. **http:**//www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Philips/micros/arm/LPC2119-29 (Дата обращения: 10.11.2014 г.).

6. **Ларс Пауэрс, Майк Снелл.** Microsoft Visual Studio 2008 в подлиннике. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 1200 с.

УДК 658.512.22

Л.Ф. Родионов, канд. техн. наук, доц., **И.А. Назарова, А.А. Уютов,** канд. техн. наук, доц.
(Филиал ФГБОУ ВПО "Самарский государственный технический университет" г. Сызрань)

irichka2006@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MICROSOFT OFFICE

Рассмотрена методика автоматизированного расчёта и проектирования механосборочных цехов поточного и непоточного производства в программной среде Microsoft Office.

Ключевые слова: механосборочный цех; автоматизация проектирования; технологический процесс; Microsoft Office; расчётные данные; макросы; компоновка; площадь; элементы управления; набор шаблонов; форма организации производства; исходные данные.

The automatic calculation and projecting methodology of machine assembly shops for line and not line production in the programm medium Microsoft Office is considered.

Key words: machine assembly shop; projecting automation; technological process; Microsoft Office; calculating data; macros; layout; area; control elements; set of templates; production organization form; initial data.

Большое многообразие производственных процессов различных предприятий машиностроительного профиля, в результате которых создаётся промышленная продукция, необходимо соответствующим образом организовать, обеспечив тем самым эффективное функционирование всех этапов производства.

Организовать производство, значит создать научно-обоснованную систему взаимодействия всех элементов производства для получения наилучших результатов.

Весь процесс проектирования состоит из трёх этапов. Первый, "подготовительный" — предварительная разработка технологического процесса изготовления детали. Второй — "расчётный", в ходе которого рассчитываются количество оборудования, рабочих и площади цеха. Выполняется данный этап в программе Microsoft Excel. Для автоматизации расчётов в Excel используется язык программирования VBA (Visual Basic for Applications), макросы с последовательным набором команд и элементы управления панели "Форма". Завершает работу третий, "графический", этап, где выполняется чертёж цеха с помощью программы Microsoft Visio, в которую пользователь добавляет недостающие наборы шаблонов, разработанные в соответствии с ГОСТ.

Таким образом, Microsoft Office становится более универсальным программным средством, расширяя область своего применения и в машиностроительном производстве.

Применение данной методики в учебном процессе позволяет существенно экономить время за счёт доступности применяемого программного комплекса, а также избежать множества ошибок при проектировании, так как алгоритм работы задаётся самим пользователем.

Проектирование является основным этапом капитального строительства, обеспечивающим создание новых и реконструкцию действующих механосборочных и вспомогательных цехов и малых предприятий машиностроительного профиля [1—3]. Это сложный и трудоёмкий процесс, где решаются технические, экономические и организационные задачи, основная цель которых разработка наиболее экономичных проектов цехов и малых предприятий, обеспечивающих выпуск высококачественной продукции при наиболее благоприятных условиях труда.

На проектирование цеха или малого предприятия, строительство, монтаж и полное освоение проектной мощности уходит несколько лет. Сокращению сроков и трудоёмкости проектирования способствует перевод расчётных и графических работ на ЭВМ с помощью разнообразных пакетов программ.

Актуальность этой задачи обусловлена тем, что многие предприятия переходят на выпуск новой номенклатуры продукции, существенно её расширяя. Взамен крупных возникает много малых предприятий механосборочного профиля, которые по организационной структуре мало отличаются от средних механосборочных цехов. В связи с этим проектирование новых малых предприятий и расчёт реконструируемых цехов и участков всё чаще встречаются в повседневной работе инженеров-технологов.

Технологическое проектирование механосборочного производства прошло путь от систематизации практического опыта в области проектирования до создания научной дисциплины, которая в условиях интенсивного развития технических и программных средств вызвала необходимость совершенствования методики проектирования.

Проектирование производства, как учебная дисциплина, изучается студентами технических вузов на заключительном этапе и является основой дипломного проекта [1].

Под планировкой помещений предприятия понимают расположение (размещение) производственных участков в пределах общей площади предприятия, определение необходимого количества оборудования и его расстановка внутри участков, количества рабочих, занятых в производстве, что обеспечивает эффективное выполнение производственного процесса.

Чаще всего для автоматизации процесса проектирования механосборочных цехов используют специальные технологические программы [2].

Ниже к рассмотрению предлагается применение программных продуктов Microsoft Office [4]. Чтобы понять, каким образом осуществляется взаимосвязь этих программ при проектировании представим этот процесс в виде алгоритма (рис. 1).

В алгоритме имеются блоки разных цветов. Синим цветом показаны входные и выходные данные, которые пользователь заносит в программу или получает после работы в ней. Зелёным обозначены "компьютерные" блоки — процессы, осуществляемые в программе. И наконец, фиолетовый блок показывает этап проектирования для более наглядного понимания процесса.

Из сказанного выше видно, что в процессе проектирования были использованы программы САПР ТП Вертикаль v4 SP2, Microsoft Office Excel и Microsoft Office Visio.

Рассмотрим более подробно их применение.

САПР ТП Вертикаль v4 SP2 — это новая универсальная инженерная система автоматизации проектирования самых различных объектов в машиностроении. Данная программа имеет технологический справочник, который содержит значительную базу данных оборудования, оснастки, инструментов, перечня операций и переходов, а также справочник материалов и сортаментов, приложения для расчёта заготовки и режимов резания. Она имеет отличные функциональные возможности и позволяет на начальном этапе проектирования на основе конструкторских данных разработать технологический процесс детали. В результате формируется комплект технологических документов, данные которых будут затем использоваться для расчёта поточного и непоточного производства в программе Microsoft Office Excel.

Программа Microsoft Office Excel на сегодняшний день занимает лидирующие позиции среди табличных редакторов и обладает большим функционалом и широкими возможностями. Её популярность обусловлена не только тем, что она используется в известных операционных системах Microsoft и Mac OS, но и тем, что в среде Excel имеется язык макропрограммирования VBA (Visual Basic for Applications), позволяющий расширить возможности программы в несколько раз и создавать универсальные макросы (последовательности команд), настроив тем самым программу под индивидуальные требования пользователя — это даёт возможность сделать любой технологический процесс более понятным и наглядным [5].

Таким образом, на основании технологических данных, полученных при проектировании технологического процесса детали, сформированного комплекта технологических документов, выбранного оборудования, исходного чертежа детали и годовой программы выпуска необходимо перейти непосредственно к проектированию механосборочного цеха.

На рис. 1 данный этап — это блок 5, который в свою очередь, разделён на расчётную и графическую части. В ходе процесса необходимо рассчитать количество оборудования, рабочих, площадь помещений (см. рис. 1, блок 9), а затем перейти к компоновочному решению цеха различного производства.

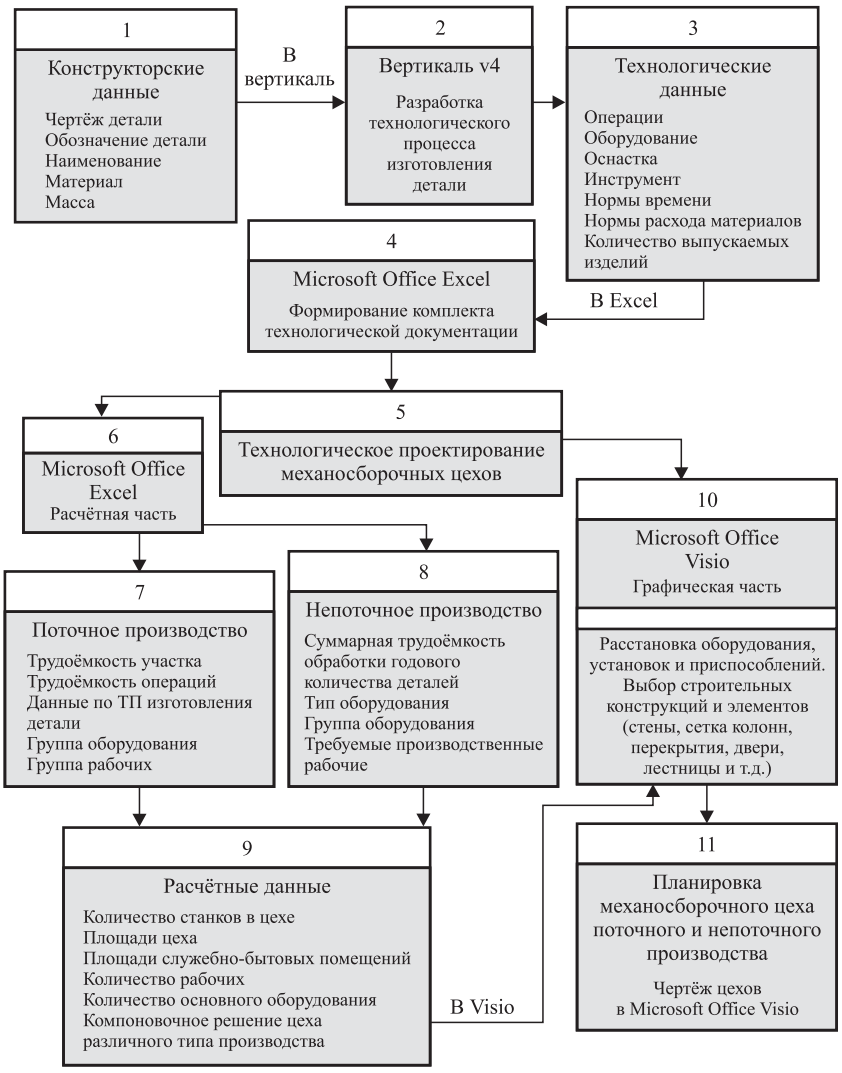


Рис. 1. Алгоритм проектирования механосборочных цехов

Существует две формы организации производства: поточное и непоточное.

Поточное производство — форма организации производственного процесса, при которой все операции согласованы во времени, повторяются через строго установленные интервалы.

Непоточная форма производства применяется в основном в единичном, мелкосерийном и серийном производствах, и часто понимается как преимущественно неупорядоченное движение предметов труда в пространстве, сочетаемое с прогнозируемым движением во времени.

Расчёты в зависимости от вида производства совершаются не одинаково. Например, чтобы рассчитать количество станков в цехе поточного производства, нужно знать штучное

время на данной операции и такт выпуска деталей, а при непоточном производстве необходимы нормировочное время и действительный годовой фонд времени работы оборудования.

Поэтому для получения расчётных данных (см. рис. 1, блок 9) в зависимости от вида производства в программу необходимо вносить соответствующую исходную информацию (см. рис. 1, блоки 7, 8). Чтобы эти процессы в Excel проводились автоматизировано, работа была организована следующим образом.

Каждому виду производства назначено две страницы. На первую заносятся исходные данные, на второй проводится расчёт цеха. Для дальнейшего оформления отчёта имеется страница с титульным листом. Чтобы экономить время в процессе поиска данных и вести мгновенный расчёт, организована страница со справочными материалами, на которую настроены ссылки из расчётных формул (например, коэффициенты загрузки и использования оборудования, эффективный годовой фонд времени работы оборудования). И наконец, страница хранения временной информации, на которой некоторое время в определённых ячейках отображаются данные, участвующие в расчётах. Это позволяет видеть процесс наглядно, и в случае ошибки быстро разобраться в причине.

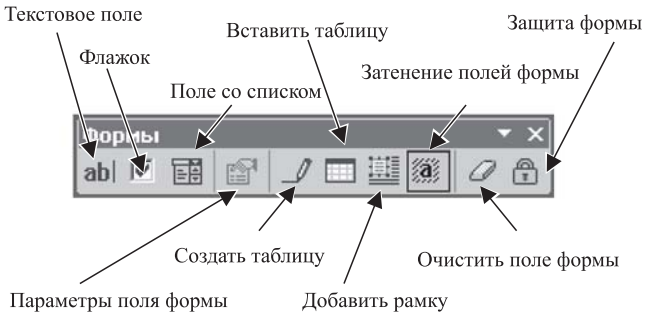


Рис. 2. Панель инструментов "Форма"

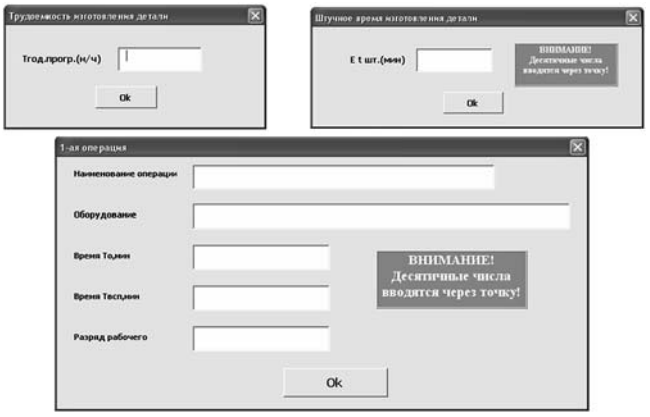


Рис. 3. Настраиваемые диалоговые окна

Страница ввода данных должна быть универсальной для любого пользователя и содержать большое количество материала, из которого можно выбрать нужный вариант, применимый к конкретному технологическому процессу. Лучше всего для организации этого процесса подойдут некоторые элементы управления панели инструментов "Форма" (рис. 2) и редактор Visual Basic.

Рассмотрим, используемы элементы более детально.

Настраиваемые диалоговые окна (рис 3). С их помощью вносятся данные трудоёмкости, времени изготовления деталей, а также технологические операции и оборудование для них, а при непоточном производстве — тип оборудования.

Нестандартные диалоговые окна создаются в окне редактора Visual Basic (рис. 4), где пользователем по своему усмотрению с помощью панели Toolbox добавляются в форму или в документ специальные поля, кнопки и другие элементы необходимые для ввода данных [4, 6]. Боковая панель редактора представлена как проводник и отображает структуру всего документа. В ней окно Project — VBA Project содержит некоторые папки. В папке Microsoft Excel Object содержится список листов документа и их названия, каждый из которых считается отдельным объектом. Папка "Form" включает в себя формы, созданные пользователем в документе. При выборе любого объекта открывается форма, а в нижнем окне боковой панели "Properties" прописаны все его свойства (цвет, шрифт, наименование и многое другое), что позволяет осуществлять редактирование. Чтобы изменить каждый элемент формы в отдельности необходимо вызвать окно с программным кодом, где возможно отредактировать не только свойства, но и назначенные команды. Папка Module — это рабочие модули документа содержащихся форм [4, 6]. Такие окна позволяют программе взаимодействовать с пользователем, обеспечивая разнообразную форму ввода и вывода данных.

Поле со списком (рис. 5) позволяет пользователю выбрать нужный элемент из выпадающего списка, минуя процесс ручного ввода однотипных данных в документ, содержание которого указывается диапазоном ячеек таблицы, созданной на странице с временной информацией. Если поменять наименование элементов списка в источнике, то поменяется и его набор в самом списке. Такая связь позволяет быстро редактировать все всплывающие списки документа, имеющие связь с источником за гораздо меньшее время. Таким

образом, вносятся группы оборудования, требуемые производственные рабочие, выбираются значения различных коэффициентов.

Весь набор элементов располагается на листе в нужной последовательности, а между ними осуществляется манипуляция данными с помощью макросов.

Макрос — это небольшая программа, встроенная в Excel, которая макрорекодером переводит любое действие пользователя на язык программирования VBA и записывает команду в программный модуль, тем самым позволяя заменить большое количество действий одним (запуском нужного макроса).

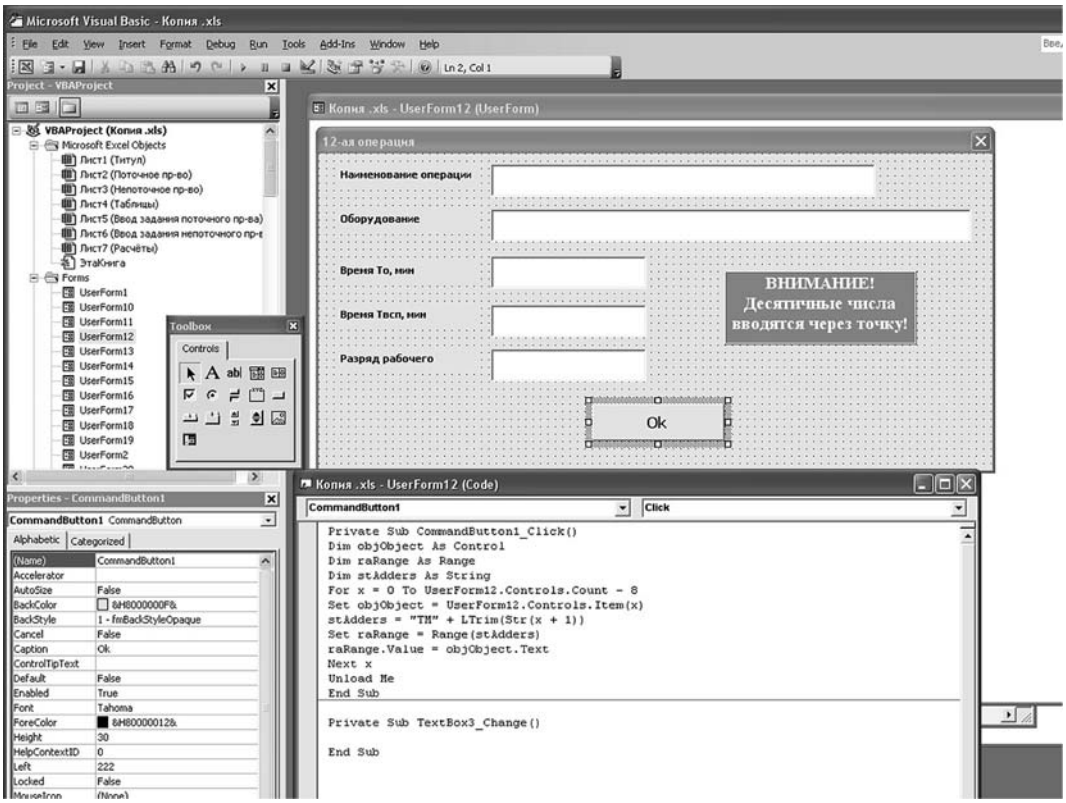


Рис. 4. Нестандартные диалоговые окна

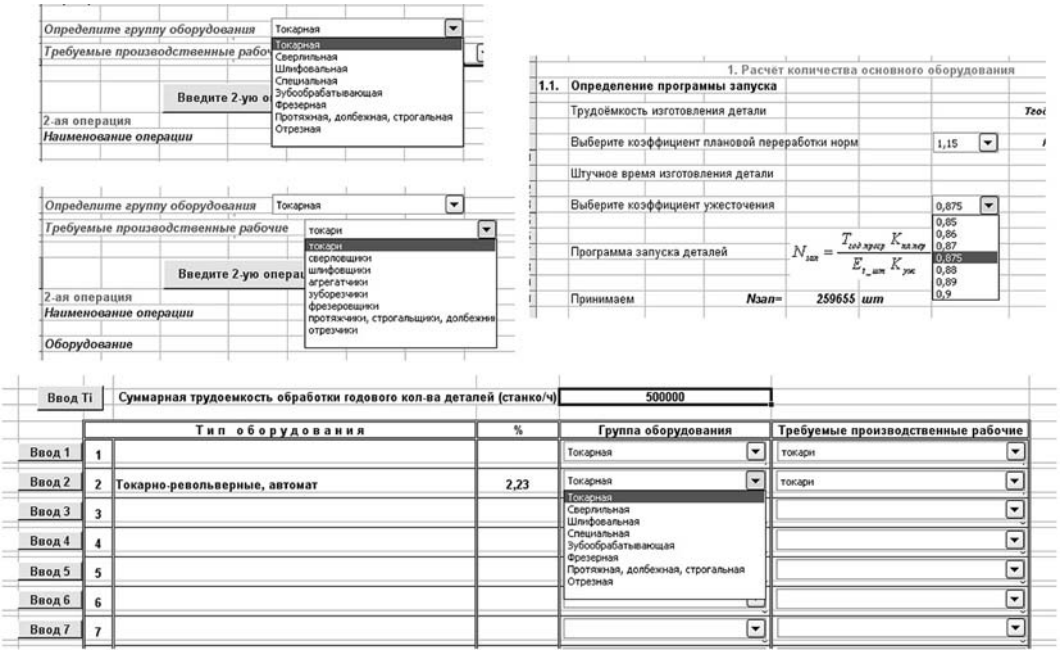


Рис. 5. Поле со списком

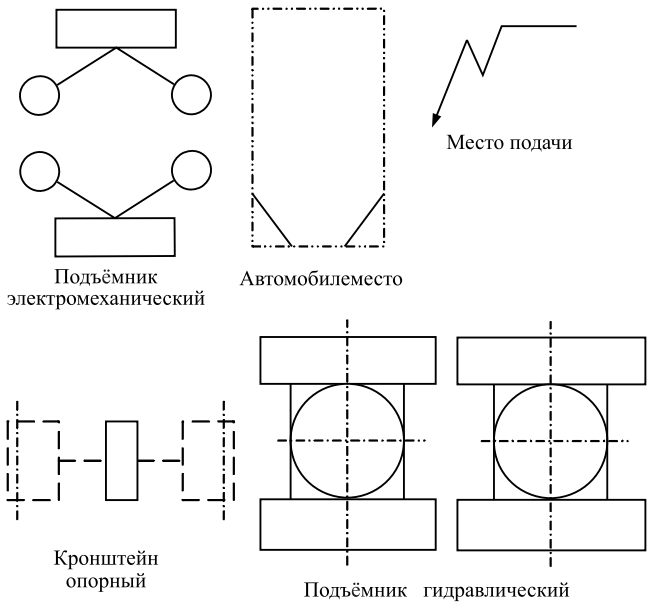


Рис. 6. Пользовательский набор шаблонов

При запуске созданного макроса можно, конечно, назначить сочетания клавиш, выбрать нужный макрос из общего списка, но это не всегда удобно, так как их большое количество и каждый раз требуются большие затраты времени на поиск нужного макроса. В Excel есть управляющий элемент "кнопка", располагающийся в любой части листа, при нажатии на который можно вызвать макрос.

После того как все данные внесены, проведены расчёты цеха поточного и непоточного производства согласно работе [8] необходимо перейти к заключительному этапу проектирования представив цех в графическом виде (см. рис. 1, блок 10, 11).

Для создания чертежа цеха воспользуемся программой Microsoft Office Visio [7]. Она имеет простой и знакомый интерфейс, поддерживает обширный набор шаблонов и трафаретов, которые можно использовать для составления схем, организационных структур, карт сетей и планов зданий, а также позволяет сохранять результаты работы в разных форматах (например web страница, точечный рисунок), что значительно облегчает работу, и позволяет обмениваться данными без установки специального программного обеспечения.

Однако данную программу необходимо модернизировать из-за специфических особенностей условных обозначений и изображения элементов генеральных планов и сооружений в соответствии с ГОСТ 21.204—93.

Набор структурных элементов, имеющихся в программе, не достаточен. Поэтому был создан пользовательский набор элементов через главное меню *Файл → фигуры → создать набор элементов*. Добавим в него трафареты, начерченные пользователем в Visio или импортированные из другой векторной графической программе (рис. 6).

Конструкторский документ не может существовать без рамки и штампа, который в Visio не предусмотрен. Для этого с помощью инструмента "линия" создадим сетку нужного размера в соответствии со штампом и ячейками, заполнив их нужным содержанием. Добавим поля, позволяющие в дальнейшем вносить необходимый текст, сгруппируем все элементы в один. Образец штампа представлен на рис. 7.

Для автоматического расположения на листе в нужном месте штампа и рамки, зададим им свойство автопозиционирования. В главном меню "Окно" выбираем пункт "Показать таблицу свойств фигуры". Откроется окно, где перейдём в пункт "Share Transform". Здесь в соответствующих строках запишем следующее:

*Width "= GUARD(183 mm/ThePage!PageScale *ThePage!DrawingScale)"*

Height "= GUARD(55 mm/ThePage!PageScale ThePage!DrawingScale)"*

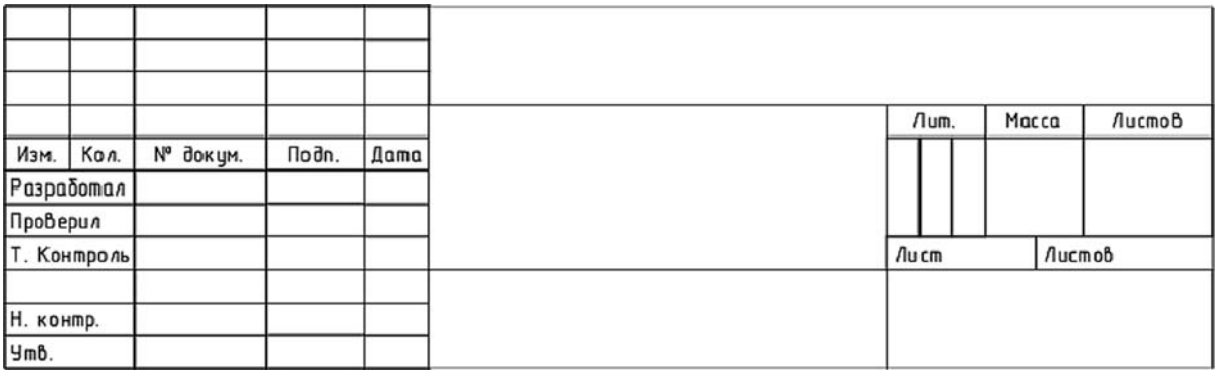


Рис. 7. Штамп

*PinX "= GUARD(ThePage!PageWidth-(3 mm/ ThePage!PageScale*ThePage!DrawingScale))"*

*PinY"=GUARD(7mm/ThePage!PageScale*ThePage!DrawingScale)"*

*LocPinX "= GUARD(200 mm/ThePage!PageScale*ThePage!DrawingScale)"*

LocPinY "= GUARD(0)"

В результате всех изменений программа Microsoft Office Visio позволит без особых затруднений спроектировать цех.

Таким образом, все разработки позволили достигнуть поставленной задачи, автоматизации процесса проектирования механосборочных цехов, что позволит эффективно применять эту схему работы как в учебном процессе, так и в дипломном проектировании.

Библиографические ссылки

1. **Вороненко В.П., Егоров В.А.** Проектирование автоматизированных участков и цехов; [под ред. Ю.М. Соломенцева]. М.: Машиностроение, 1992. 272 с.

2. **Мельников Г.Н., Вороненко В.П.** Проектирование механосборочных цехов: учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов; [под редакцией А.М. Дальского]. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.

3. **Проектирование** машиностроительных заводов Справочник. Т. 4; [под ред. З.И. Соловья]. М.: Машиностроение, 1975. 226 с.

4. **Джуди Лемке** и "Resourses Online" Шаг за шагом — Microsoft Office Visio 2007. М.: ЭКОН, 2008. 368 с.

5. **Элизабет Бунин.** Excel Visual Basic для приложений (серия "Без проблем") Пер. с англ. М.: Восточная книжная компания 1996. 352с. ISBN: 0-7897-0325-4; ISBN: 5-89350-020-2.

6. **Черников Б.В.** Офисные информационные технологии: практикум, учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2007. 400с. ISBN: 978-5-279-03230-3.

7. **Назарова И.А., Родионов Л.Ф., Уютов А.А.** Применение Microsoft Office Visio 2007 в САПР // Программные продукты и системы научно-практическое издание. 2011. № 1. С. 83—85.

8. **Технологическое** проектирование механосборочных цехов: Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию. Самара: СамГТУ, 2008. 76 с.

9. **Организация** и методика проектирования; [под ред. Б.М. Айзенберга]; М.: Машиностроение, 1974. 296 с.

10. **Металлорежущие** станки: учеб. для машиностроительных втузов; [под ред. В.Э. Пуша]; М.: Машиностроение, 1985. 256 с.

11. **Трушкин В.М., Шишков С.Е., Старков Ф.А., Харламов А.Г.** Проектные расчёты участка машиностроительного производства. Курск: Курск ГТУ, 2000. 194 с.

УДК 65.011.56:658.51.061.5

Б.М. Горшков, д-р техн. наук, доц., **И.А. Самарцев**
(Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти)

kaf_ekis@tolgas.ru

ВЛИЯНИЕ МЕЖМОДУЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БАЗИРОВАНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКИ СМЕННОГО УЗЛА ПЕРЕКОМПОНУЕМОЙ РАБОЧЕЙ ПОЗИЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрены вопросы влияния на надёжность перекомпонуемой рабочей позиции наличия межмодульных устройств базирования и крепления технологического оборудования, продолжительности перекомпонования, наличия резервных узлов, алгоритмов функционирования в многономенклатурном производстве.

Ключевые слова: надёжность; технологическое оборудование; перекомпонуемые производственные системы; автоматически сменные узлы.

The influence problems on the rearranged working position safety of inter-module device for location and fastening, and mounting of technological equipment, the rearrangment duration, the availability of reserve units, the functioning algorithms multiproduct in the multiproductm manufacturing are considered.

Key words: safety; technological equipment; rearranged production systems; automatically changeable assembly.

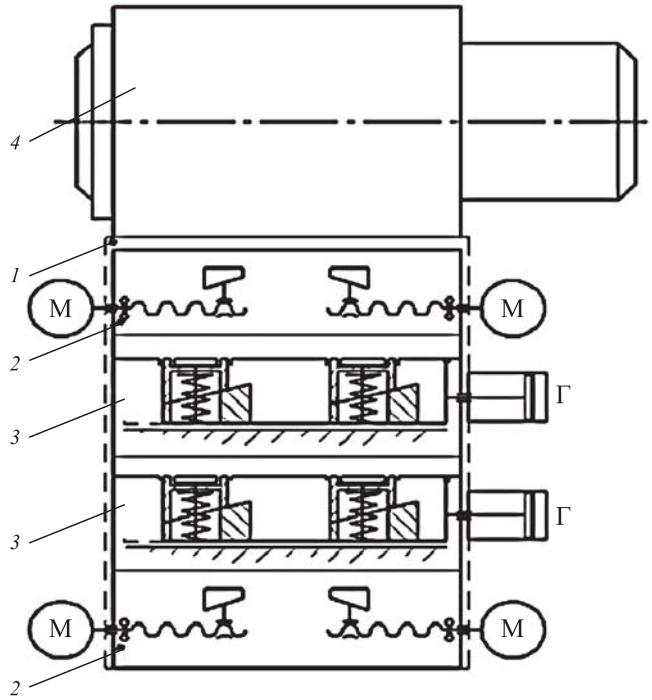
В настоящее время в машиностроении большое внимание уделяется разработке перекомпонуемых производственных систем (ППС) [1, 2], систем, способных выпускать продукцию с производительностью массового производства и гибкостью ГПС.

Одной из наиболее важных и мало исследованных областей теории создания ППС в России и за рубежом является обеспечение и определение показателей надёжности ППС.

Основным отличием перекомпонуемой станочной системы от традиционной является наличие межмодульного устройства базирования и крепления (МУБК), находящегося на нижней гране агрегатного узла, что формирует автоматически сменный узел (см. рисунок).

Основной особенностью сменного узла по сравнению с агрегатным узлом является МУБК. Таким образом, для определения безотказности работы автоматически сменного узла были определены безотказность МУБК и его влияние на безотказность всего сменного узла.

Функции автоматически сменного узла перекомпонуемой рабочей позиции (ПРП) делятся на выполняемые агрегатным узлом и выполняемые МУБК. Функции агрегатного узла зависят от его типа (шпиндельный узел, силовой стол, станина, механизм крепления). МУБК выполняет пять функций: базирование сменного узла на ПРП (задействованы механизмы базирования МУБК); закрепление сменного узла на ПРП в процессе перекомпонования между двумя сменными узлами (задействованы механизмы крепления МУБК); обеспечение жёсткой межагрегатной связи между двумя сменными узлами (данная функция выполняется устройством пассивно, так как не требует функционирования подузлов МУБК); раскрепление автоматически сменного узла в процессе перекомпонования (задействованы механизмы крепления МУБК); разбазирование автоматически сменного узла в процессе перекомпонования (задействованы механизмы базирования МУБК).



Автоматически сменный узел перекомпонуемой рабочей позиции (ПРП):
1 — МУБК; *2* — устройство крепления МУБК; *3* — устройства базирования МУБК; *4* — агрегатный узел

Функции МУБК используются в ПРП для автоматической замены сменного узла при его отказе, техническом обслуживании (ТО) или при переходе на новую номенклатуру обрабатываемых изделий. Раскрепление узла может понадобиться как при его замене, так и для получения доступа к заменяемым узлам, работающим на нижних ярусах. При замене узла в случае его отказа восстановление работоспособности происходит вне ПРП [2], после чего восстановленный узел при повторном применении возвращается на рабочую позицию.

Из описания конструкции и функций сменного узла ясно, что невыполнение любой из перечисленных функций приводит к отказу всего автоматически сменного узла. Следовательно, структурная схема надёжности (ССН) автоматически сменного узла ПРП имеет вид двух последовательно соединённых блоков. Следовательно, вероятность безотказной работы автоматически сменного узла $P(t)_{\text{су}i}$ находится как произведение вероятностей безотказной работы агрегатного узла и МУБК:

$$P(t)_{\text{су}i} = P(t)_{\text{у}i} P(t)_{\text{МУБК}}, \qquad (1)$$

где $P(t)_{\text{у}i}$ — вероятность безотказной работы агрегатного узла; $P(t)_{\text{МУБК}}$ — вероятность безотказной работы МУБК.

Последствия отказа МУБК могут проявиться только при креплении или раскреплении сменного узла ПРП, так как во время выполнения этих функций исполнительные механизмы подузлов МУБК перемещаются. При выполнении функции поддержания межагрегатной связи не требуются перемещения

исполнительных механизмов МУБК, так как функция выполняется пассивно, соответственно, износ подузлов отсутствует.

Таким образом, вероятность безотказной работы МУБК находится для наработки, равной суммарной продолжительности креплений и раскреплений узла за один цикл его функционирования на ПРП.

Следовательно, наработка МУБК определяется по формуле:

$$t_{\text{МУБК}} = (k + 1)(t_{\text{уст}} + t_{\text{сн}}), \qquad (2)$$

где k — количество перекомпонований нижних ярусов комплекта; $t_{\text{уст}}$ — суммарная продолжительность работы механизмов МУБК при установке сменного узла на ПРП; $t_{\text{сн}}$ — суммарная продолжительность работы механизмов МУБК при снятии сменного узла на ПРП.

Значения $t_{\text{уст}}$ и $t_{\text{сн}}$, необходимые для определения $t_{\text{МУБК}}$, рассчитываются в соответствии с порядком срабатывания механизмов МУБК. В процессе крепления узла сначала срабатывают механизмы базирования, а затем крепления при раскреплении в обратном порядке. Следовательно, формула расчёта $t_{\text{уст}}$ и $t_{\text{сн}}$ запишется в виде $t_{\text{уст}} = t_{\text{сн}} = t_{\text{б}} + t_{\text{к}}$, где $t_{\text{б}}$ — продолжительность срабатывания механизмов базирования при креплении или раскреплении сменного узла; $t_{\text{к}}$ — продолжительность срабатывания механизмов базирования при креплении или раскреплении сменного узла.

Продолжительности $t_{\text{б}}$, $t_{\text{к}}$ зависят от расстояния, которое необходимо преодолеть механизму, и скорости $t = \dfrac{S}{v}$. Значения v принимаем в соответствии с техническими характеристиками современных механизмов, S берётся с разработанных чертежей МУБК. В результате получаем: $S_{\text{б}} = 5$ мм, $S_{\text{к}} = 60$ мм, $v_{\text{б}} = 5$ мм/с, $v_{\text{к}} = 35$ мм/с.

При $t_{\text{б}} = 1$ с, $t_{\text{к}} = 1{,}71$ с, $t_{\text{кр}} = t_{\text{скр}} = t_{\text{б}} + t_{\text{к}} = 2{,}71$ с.

Следовательно, наработка МУБК ($t_{\text{МУБК}}$) для сменного узла, который не снимался с ПРП (для проведения перекомпонования нижних ярусов) будет равна:

$$t_{\text{МУБК}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{сн}} = 2t_{\text{уст}} = 2t_{\text{сн}} = 2{,}71 \cdot 2 = 5{,}42 \text{ с}. \qquad (3)$$

Если во время функционирования узла ПРП проводилась перекомпоновка нижних ярусов 1, 2, 3, ..., n раз, то $t_{\text{МУБК}}$ будет равняться соответственно 10, 84, 16, 26, 21, 68, ..., n с. Отказ любого из узлов МУБК за $t_{\text{МУБК}}$ приводит к отказу МУБК. Следовательно, вероятность безотказной работы МУКБ находится как произведение вероятностей безотказной работы механизмов базирования и механизмов крепления за $t_{\text{МУБК}}$:

$$(t_{\text{МУБК}})_{\text{МУБК}} = P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}} \times P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}} P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}} P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}} \times P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}} P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}} = (P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}})^2 (P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мкр}})^4, \qquad (4)$$

где $P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}}$ — вероятность безотказной работы механизма базирования МУБК; $P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мкр}}$ — вероятность безотказной работы механизма крепления МУБК.

$P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мб}}$ и $P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мкр}}$ находим, используя данные вероятности безотказной работы устройств аналогичной конструкции. Из рисунка видно, что механизму крепления МУБК, состоящему из электродвигателя, передачи винт-гайка, подшипниковых опор и фиксирующего элемента, соответствует механизм крепления заготовок на РПАЛ, имеющий схожую конструкцию и функцию; механизму базирования МУБК, состоящему из гидроцилиндра и клиновой передачи, соответствует силовой стол РПАЛ.

Следовательно, для расчёта $P(t_{\text{МУБК}})_{\text{МУБК}}$ подставляем в (3) значения вероятностей безотказной работы силового стола ($P(t)_{\text{сс}}$) и узла крепления спутника ($P(t)_{\text{мк}}$):

$$P(t_{\text{МУБК}})_{\text{МУБК}} = (P(t_{\text{МУБК}})_{\text{сс}})^2 (P(t_{\text{МУБК}})_{\text{мк}})^4. \qquad (5)$$

Для определения влияния $P(t_{\text{МУБК}})_{\text{МУБК}}$ на $P(t)_{\text{су}i}$ рассчитаем вероятность безотказной работы автоматически сменных шпиндельного узла, силового стола и узла крепления спутника для наработки равной средней продолжительности непрерывной работы рабочей позиции с жёсткой межагрегатной связью ($T_{\text{срРПАЛ}} = 34{,}5$ ч) при различных значениях $t_{\text{МУБК}}$. Полученные значения вероятности безотказной работы сменных узлов сравниваем с вероятностью безотказной работы агрегатных узлов без МУБК, т. е. узлов с жёсткой межагрегатной связью.

Вероятность безотказной работы МУБК и автоматически сменных узлов рассчитываем

Влияние $P(t_{МУБ})_{МУБ}$ на $P(t)_{сy\,i}$

№	$t_{МУБ}$, с	$t_{МУБК}$, ч	$P_{МУБК}$	$P_{сг}$АЛ	$P_{сг}$ПРП	$P_{сс}$АЛ	$P_{сг}$ПРП	$P_{мк}$АЛ	$P_{сг}$ПРП
1	5,42	0,001505	0,99989	0,87638	0,87628	0,61909	0,61902	0,67334	0,67327
2	10,84	0,003011	0,99978	0,87638	0,87619	0,61909	0,61895	0,67334	0,67319
3	16,26	0,004516	0,99967	0,87638	0,87609	0,61909	0,61889	0,67334	0,67312
4	21,68	0,006022	0,99956	0,87638	0,87600	0,61909	0,61882	0,67334	0,67304
5	27,1	0,007527	0,99945	0,87638	0,87590	0,61909	0,61875	0,67334	0,67297
6	32,52	0,009033	0,99934	0,87638	0,87581	0,61909	0,61868	0,67334	0,67290
7	37,94	0,010538	0,99923	0,87638	0,87571	0,61909	0,61861	0,67334	0,67282
8	43,36	0,012044	0,99912	0,87638	0,87561	0,61909	0,61855	0,67334	0,67275
9	48,78	0,01355	0,99901	0,87638	0,87552	0,61909	0,61848	0,67334	0,67268
10	54,2	0,015055	0,99890	0,87638	0,87542	0,61909	0,61841	0,67334	0,67260
...									
20	108,4	0,030111	0,99781	0,87638	0,87447	0,61909	0,61774	0,67334	0,67187
...									
30	162,6	0,045166	0,99672	0,87638	0,87356	0,61909	0,61706	0,67334	0,67113

по выражению (4), которое после всех преобразований принимает вид:

$$P(t)_{сy\,i} = P(t)_{y\,i}P((k + 1)(t_{кр} + t_{рск}))_{МУБК}, \quad (6)$$

где $t_{кр}$ — суммарная продолжительность работы механизмов МУБК при креплении сменного узла на ПРП; $t_{рск}$ — суммарная продолжительность работы механизмов МУБ при раскреплении сменного узла на ПРП: $P(t_{МУБК})$ — вероятность безотказной работы МУБК.

Была рассчитана вероятность безотказной работы автоматически сменных узлов ($P_{сг}$ПРП — сменная силовая головка; $P_{сс}$ПРП — сменный силовой стол; $P_{мк}$ПРП — сменный механизм крепления) при 30 перекомпонованиях и сопоставлена с вероятностью безотказной работы узлов с жёсткой межагрегатной связью ($P_{сг}$АЛ — сменная силовая головка; $P_{сс}$АЛ — сменный силовой стол; $P_{мк}$АЛ — сменный механизм крепления) при 30 отказах (см. таблицу).

Вероятность безотказной работы узлов ПРП практически равна вероятности безотказной работы узла рабочей позиции жёсткой компоновки (даже при 30 перекомпонованиях за один цикл функционирования $P(t)_{сy\,i}$ отличается от $P(t)_{y\,i}$ на проценты).

Таким образом, влияние вероятности безотказной работы $P(t_{МУБК})_{МУБК}$ на вероятность безотказной работы автоматически сменного узла ($P(t)_{сy\,i}$) минимально и его можно не учитывать. Это достигается за счёт расположения МУБК на нижней грани агрегатного узла и особенностями его функционирования.

Библиографические ссылки

1. **Мельников П.А., Бобровский Н.М.** Оптимизация параметров процесса выглаживания в производственных условиях с целью получения поверхности, пригодной для работы в условиях гидродинамического трения // Вектор науки Тольяттинского гос. ун-та. 2011. № 2. С. 65—67.

2. **Царев А.М.** Перекомпонуемые производственные системы — перспективное направление развития машиностроения. Тольятти: ТГУ, 2007. 156 с.

УДК 65.001.56

В.Г. Шибаков, д-р техн. наук, проф., **И.З. Вильданов**
(Набережночелнинский институт "Казанский (Приволжский) федеральный университет", г. Набережные Челны)

svoix@yandex.ru

ИНТЕГРИРОВАННОЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Комплекс работ при выпуске нового изделия следует рассматривать в совокупности всех стадий, которые требуются для изготовления готового продукта. Качество получаемого изделия зависит от уровня взаимодействия специалистов разного профиля и в первую очередь конструктора и технолога. Сам уровень зависит от полноты информации, передаваемой между стадиями, специалистами.

Ключевые слова: подготовка производства; технологическое проектирование; традиционный подход; информационная среда.

The complex work at the new product output should be considered in the totality of the all phases required for the finished produc manufacturing. The received product quality depends from the interaction level of various type specialists and, in the first intance, from designers and technologists. Level proper depends from the information completeness transmitted between the phases and specialists.

Key words: production preparation; technological designing; traditional approach; information environment.

Подготовка производства к выпуску нового изделия носит комплексный характер. При этом полный комплекс работ следует рассматривать в совокупности всех стадий, которые требуются для реализации конечной цели — передачи в эксплуатацию изделия нового вида. Процесс подготовки производства выпуска нового изделия включает следующие стадии (рис. 1): научно-исследовательские работы (НИР); опытно-конструкторские работы (ОКР); конструкторская подготовка производства (КПП); технологическая подготовка производства (ТПП); организационная подготовка производства (ОПП); отработка в опытном производстве (ООП); промышленное освоение (ПОС).

Информационная подготовка — это обеспечение и своевременное доведение до сведения ответственных исполнителей актуальных для каждой стадии подготовки производства информационных источников. Объём и содержание информационных источников различны для разных стадий.

По данным зарубежной и отечественной технической литературы [1] 50...70 % общих причин дефектов приборов и машин связаны с недостатками в конструкторских решениях, 20...30 % — с технологией производства, недостаточным качеством сырья и материалов и только 5...15 % произошли по вине производственного персонала. Отсюда видно, какие стадии жизненного цикла наиболее ответственны за качество изделия.

Стандарты и рекомендации ЕСТПП, а также работы учёных [2—4] устанавливают основные этапы традиционного подхода к технологическому проектированию на машиностроительных предприятиях (рис. 2)

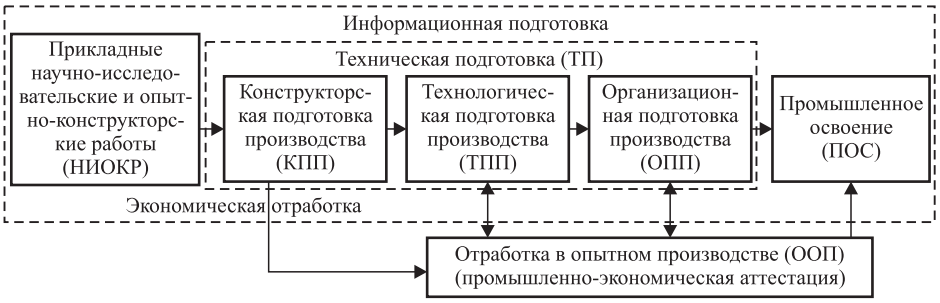


Рис. 1. Подготовка производства нового изделия

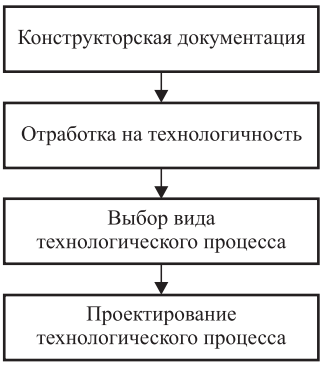


Рис. 2. Традиционный подход к технологическому проектированию

Таким образом, при традиционном подходе конструкторскую документацию составляют без согласования с технологом. Конструктор при разработке конструкции новых деталей не передаёт технологу сведения о том, каким образом эта деталь потеряет работоспособность при эксплуатации и в каком месте. А это чрезвычайно важная информация, так как технолог, проектируя технологию изготовления, может существенно улучшить эксплуатационные характеристики детали [5].

В сложных технических системах, какими являются современные машины, отказ даже одного элемента может привести к серьёзным последствиям. В связи с чем основной задачей конструктора и технолога является выбор наилучших конструктивных и механических параметров системы с учётом таких факторов, как стоимость, массовые характеристики деталей и их надёжность. Достижение этих целей возможно только при проведении моделирования на этапе проектирования.

Технологический процесс обработки металла давлением (ОМД) обладает уникальной возможностью не только получения малоотходной заданной формы, но и при научно-обоснованных параметрах режимов термомеханической обработки (ТМО) в процессе штамповки обеспечивать контролируемое структурообразование, а следовательно, целенаправленно влиять на эксплуатационные свойства детали. Эта особенность технологических процессов ОМД может быть успешно использована, если конструктор, кроме общепринятых, предоставит технологу сведения о виде потери работоспособности детали при эксплуатации и месте (сечении, поверхности), где она происходит.

Современные программные продукты позволяют проводить имитационное моделирование нагрузок на деталь и, соответственно, определять момент, вид и место потери работоспособности.

В качестве примера выбран процесс автоматизированного расчёта и проектирования конструкции вала.

Валы служат опорой вращающихся деталей и передают вращающие моменты. Они относятся к числу наиболее ответственных деталей машин, поэтому к ним предъявляют высокие требования по точности изготовления, прочности, жёсткости, устойчивости и характеру колебаний.

В процессе работы валы испытывают значительные нагрузки, поэтому при определении оптимальных геометрических размеров валов необходимо выполнить комплекс расчётов, включающий в себя определение:

статической прочности;

усталостной прочности;

жёсткости при изгибе и кручении.

Модуль APM WinShaft позволяет выполнить весь цикл проектирования валов и осей, начиная от разработки конструкции и заканчивая полным статическим и динамическим расчётом. Модуль APM WinShaft имеет специализированный графический редактор для задания геометрии валов и осей (рис. 3). Также геометрическую модель можно импортиро-

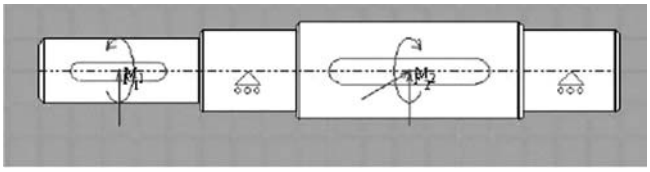


Рис. 3. Интерфейс вала с приложенными силами и крутящими моментами

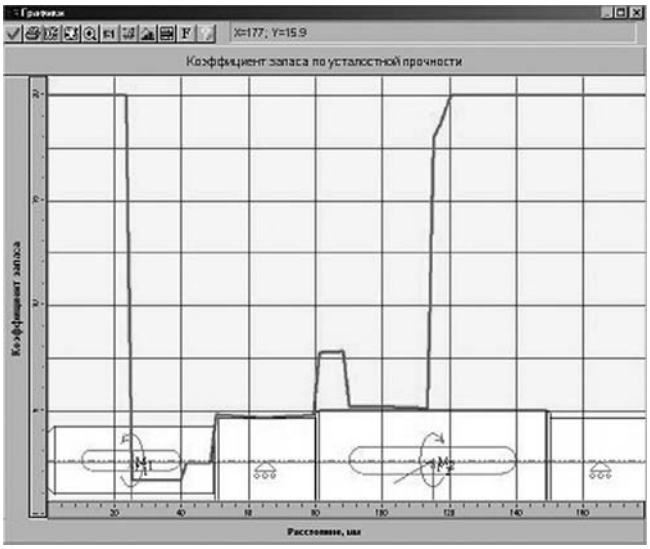


Рис. 4. Интерфейс распределения коэффициента запаса усталостной прочности по длине вала

вать из сторонних графических редакторов с использованием форматов STEP, SAT и DXF.

Выполняют проверочный расчёт валов на усталостную прочность как общий расчёт вала, при котором определяют ресурс работы при определённой частоте вращения, так и расчёт динамических характеристик, после которого можно посмотреть эпюры нагружений, деформаций, напряжений и выявить опасные сечения вала.

Выдаются также реакции в опорах, которые необходимы для расчёта подшипников качения.

Напряжённое и деформированное состояния вала рассчитывают методами сопротивления материалов.

Расчёт усталостной прочности сводится к нахождению коэффициента запаса в текущем сечении по длине вала (рис. 4), причём как при постоянной внешней нагрузке, так и в случае, когда известен закон её изменения во времени.

При получении значений ниже нормативного [s] = 2,5—3 необходимо изменить материал вала или увеличить диаметр опасного сечения.

После проведения конечно-элементного анализа в APM WinShaft, позволяющего определить, какие технические изменения необходимо внести в конструкцию для полного удовлетворения требований к ней, данные передаются на этап ТПП.

Реализация такого подхода требует создания интегрированной информационной среды (рис. 5) для обеспечения итерационного процесса конструкторско-технологического проектирования.

На этап ТПП технологу с этапа КПП должна приходить конструкторско-технологическая модель детали, содержащая в себе как геометрическую информацию, так и все необходимые технологические требования, включая те, которые были выявлены при отработке на технологичность и проведении имитационного моделирования эксплуатационных нагрузок.

Применение этой информации позволяет существенно оптимизировать технологию производства штампованных заготовок, а именно: вносить необходимые корректировки в схему технологического процесса и его режимы на стадии проектирования.

Проведённое моделирование напряжённого состояния на стадии КПП показало, что валы работают в условиях изгиба, кручения и кручения с изгибом. Для таких напряжённых состояний характерны максимальные значения напряжений на периферии сечения и значения, близкие к нулю, на нейтральной оси, что позволяет использовать осевые облегчающие полости без заметного снижения прочности и жёсткости.

Так, если облегчающая цилиндрическая полость в изделии формируется безотходным

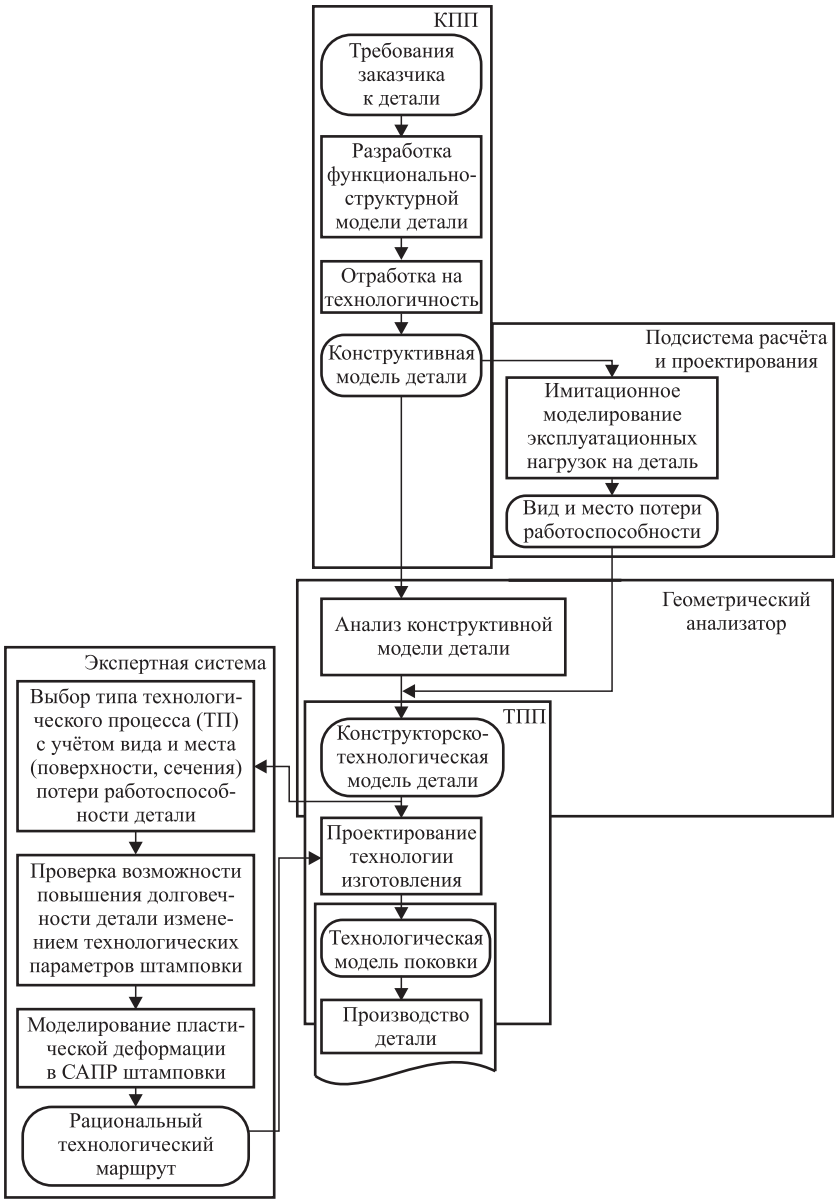


Рис. 5. Функциональная схема интегрированного конструкторско-технологического проектирования

способом, то вследствие менее интенсивного уменьшения жёсткости и прочности сечения по отношению к более интенсивному уменьшению массы профиля может быть сэкономлено до 40 % массы металла ($K_о$ = 0,6), необходимого для изготовлении детали со сплошным сечением [6].

В литературных источниках в качестве количественного эквивалента уровня конструкторско-технологической рациональности использования металла применяется комплексный показатель $K_р$, сформированный на основе коэффициентов использования металла $(K_{i,\ j})_n$, технологического упрочнения металла $(K_{i,\ j})_у$ и безотходного облегчения детали $K_о$. Результаты исследования возможностей экономии металла при производстве деталей типа вала показали, что затраты материала могут быть снижены в 6 раз [6].

Таким образом, на стадии ТПП для безотходного облегчения деталей предложено использование трубных заготовок. Однако анализ рыночных цен на прутковый и трубный прокат показывает, что использование трубных заготовок приводит не только к усложнению процесса разрезки проката на заготовки, но и к увеличению расходов на закупку металла (приблизительно на 40 %). Применение открытой прошивки или комбинированной прошивки (прошивка с частично закрытой частью) позволило бы заменить трубные заготовки сплошными с сохранением преимуществ трубных заготовок.

Рассмотренный способ прошивки может быть применён для получения осесимметричных заготовок различных типов для изготовления из них деталей. При этом при изготовлении деталей типа вала (рис. 6) в зависимости от положения опасного сечения можно изменять положение центральной части смещением её в необходимую сторону. Исходя из разработанных на этапах КПП и ТПП технических решений была предложена технология поперечно-клиновой прокатки полых ступенчатых валов.

Данная оптимизация позволяет минимизировать норму расхода металла, уменьшить массу детали, добиться необходимого уровня

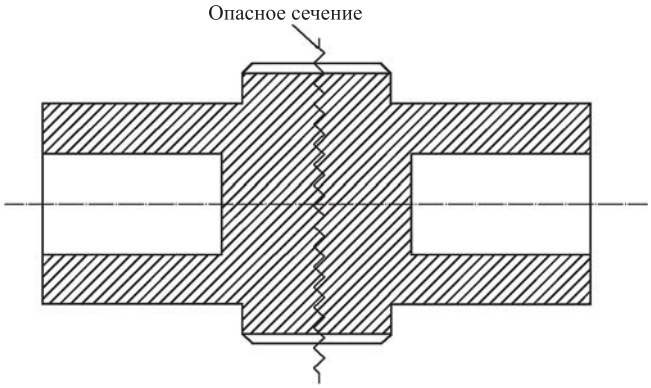


Рис. 6. Заготовка для вала

свойств готовых изделий. Выявление на стадии разработки конструкции детали моделированием требований к эксплуатационным свойствам исходя из вида и места (сечение, поверхности) потери её работоспособности, фиксирование этой информации на чертеже детали, представляемой технологу, позволяет на этапе ТПП целенаправленно назначать маршрут и режимы технологического процесса, которые обеспечат при пластическом формообразовании в зонах потери работоспособности формирование микроструктуры, а соответственно, и свойств детали, повышающих её эксплуатационную долговечность.

Библиографические ссылки

1. **Петрович Н.Т., Цуриков В.М.** Путь к изобретению. М.: Молодая гвардия, 1986. 222 с.

2. **Базров Б.М.** Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.

3. **Митрофанов С.П.** Научная организация машиностроительного производства. 2-е изд. Л.: Машиностроение, 1976. 712 с.

4. **Яблочников Е.И., Маслов Ю.В.** Автоматизация ТПП в машиностроении: учеб. пособ. СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003. 104 с.

5. **Панкратов Д.М., ЗиганшинР.Ф., Шибаков Р.В., Шибаков В.Г.** Производство облегченных деталей из полых заготовок, получаемых прошивкой // КШП. ОМД. 2013. № 8. С. 24—27.

6. **Шибакова И.А., Шибаков В.Г.** Управление технологической металлоемкостью производства машиностроительных заготовок. М.: Academia, 2005. 129 с.

УДК 004.89

И.В. Пименов, Н.Р. Туркина, канд. техн. наук, доц., **В.И. Пименов,** д-р техн. наук, проф.
(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

i-pim@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗНАНИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ РАСЧЁТА СРЕДНЕТИПИЧНЫХ РАЗМЕРОВ ПРИ СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Разработан метод проектирования серии одежды различных размеров, позволяющий наложить результаты кластерного анализа — представленную в распознающей базе знаний структуру предметной области — на традиционную размерную типологию. Метод обеспечивает хорошие прогностические свойства найденных моделей регрессии для всего диапазона размеров.

Ключевые слова: интеллектуальная система; размерная типология; морфологическая типология; кластерный анализ; дискриминантный анализ; модель регрессии; распознающая база знаний.

A series designing method of the various sizes clothing is developed. The method permits to impose the results of cluster analysis - the object area structure presented in the recognizing knowledge base — on the traditional dimensional typology. The method provides good prognostic properties of the founded regression models for the entire range of sizes.

Key words: intellectual system; dimensional typology; morphological typology; cluster analysis; discriminant analysis; regression model; recognizing knowledge base.

Введение. При проектировании изделий в условиях серийного производства расчёт размерного ассортимента выполняется после установления соответствующей размерной типологии. Существующие методики типологизации основаны на равномерной дискретизации пространства нескольких основных признаков.

Для каждого типоразмера все подчинённые размерные признаки рассчитывают по уравнениям регрессии. Прогностические возможности найденных по всей выборке зависимостей зачастую оказываются недостаточными.

Вместе с тем в настоящее время накоплены значительные объёмы данных с результатами обмеров многочисленных показателей. Выявление хранящихся основных закономерностей позволяет повысить степень морфологического соответствия формы для ассортиментного ряда изделий. Индивидуальные особенности пользователей при проектировании изделий могут учитываться на основе методологии инженерии знаний. Классификация понятий отражается в декларативной части интеллектуальной системы. Процедурная часть содержит сжатое описание расчётных признаков для установленных морфологических классов на языке основных ведущих признаков.

Проблема соответствия морфологической структуры данных и размерной типологии. Рассмотрим особенности проектирования изделий, предназначенных для прямого, непосредственного контакта с человеком, которые производит кожевенно-обувная промышленность. Одним из показателей качества изделия является его удобство, определяемое соответствием размеров и формы стопы или кисти руки размерам и внутренней форме обуви или перчаток.

Все характеристики кисти — длиннотные, широтные и обхватные показатели для трёх состояний кисти (выпрямленного, полусогнутого, в кулаке), а также длиннотные и обхватные замеры для предплечья и плеча — можно свести к множеству из 77 признаков [1]. Используем полученные в период 2008 г. данные по обмеру кистей мужских рук. Объём выборки $n = 503$.

Существующее в данных число кластеров в пространстве показателей, характеризующих все состояния кисти, определим с помощью графика, приведённого на рис. 1. Показана зависимость между номером этапа, на котором в новый кластер добавляется новый объект, и минимальным расстоянием, на котором происходит объединение кластеров. Расстояние приведено в безразмерных единицах, поскольку является нормированной величиной в пространстве стандартизированных признаков.

График демонстрирует наличие 7 основных типов кистей. Еще 4 новых кластера с близкими расстояниями прослеживаются после небольшого скачка по шкале дистанций. Таким образом, всего можно выделить 11 подтипов кистей.

Рис. 1. График минимальных расстояний, на которых происходит объединение кластеров для всех состояний кисти

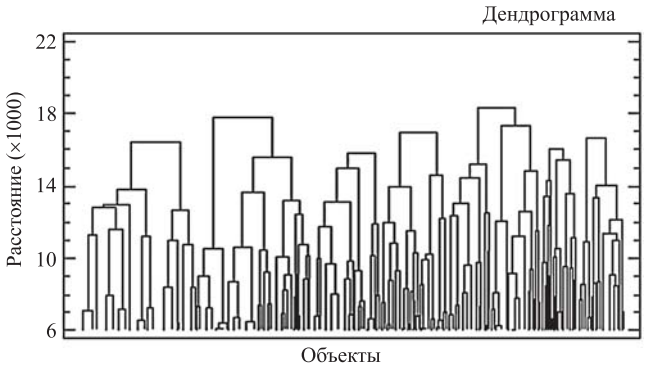


Рис. 2. Дендрограмма кластерного анализа в исходном признаковом пространстве (число заданных кластеров 7)

При визуальном анализе дендрограммы контрастность и незначительный разброс размеров кластеров также достигаются при числе кластеров, равном 7 (рис. 2).

Номера семи выделенных кластеров сохранены в классификационной переменной *Claster_7*.

Традиционная типология кистей рук предоставляет интервальную информацию об их габаритах в пространстве двух основных размерных признаков — обхвата кисти *O_kist_kost* и флексорной длины третьего пальца *l*3. При проектировании серии перчаток различных размеров используют среднетипичные размеры кистей. Необходимые размеры среднетипичных кистей и соответствующие размеры деталей перчаток для каждого типоразмера устанавливают по одномерным уравнениям регрессии между подчинёнными и ведущим размерными признаками. Подобные уравнения, построенные на основе облака из всех наблюдений, могут иметь смещённые оценки коэффициентов регрессии, поскольку их значения чувствительны к расположению "периферийных" наблюдений для редких типов кистей.

Ввиду того, что при серийном производстве используются среднетипичные размеры, требуется разработать метод, позволяющий наложить результаты кластерного анализа, представляющие структуру данных в распознающей базе знаний (БЗ), на размерную типологию [2].

При проектировании перчаток основным признаком, по которому выполняется размерная типологизация, является обхват кисти *O_kist_kost*, подтипы определяются по длине третьего пальца *l*3 (табл. 1).

Результаты вычисления кластерных центроидов для 11 заданных классов и их сопоставление с возможными типоразмерами показывают, что при использовании многомерного признакового пространства половина кластеров выделяется в области средних размеров, что свидетельствует о наличии таксонов с конфигурационными различиями кистей, пропущенных при выполнении традиционной размерной типологизации на основе двух ведущих признаков.

При помощи дискриминантного анализа оценим связь между структурной переменной *Claster_7* и признаком *O_kist_kost*. Найденный в статистическом пакете набор соответствующих линейных дискриминантных функций позволяет правильно распознать 34 % наблюдений. При использовании двух независимых переменных *O_kist_kost* и *l*3 доля безошибочных решений также остаётся недостаточной — 44 %.

Диаграмма, представленная на рис. 3, показывает, что между переменной, характеризующей номер кластера, и признаком *O_kist_kost* существует нелинейная неоднозначная

Таблица 1

Размеры типичных кистей мужских рук

Типоразмер	I	II		III			IV		V	VI	VII
Подтип	Один	Длинный	Короткий	Длинный	Средний	Короткий	Длинный	Короткий	Один	Один	Один
$\overline{O}$_kist_kost, мм	183	193		213			223		228	233	238
$\overline{l3}$, мм	77,17	80,85	75,85	87,29	82,29	77,29	86,99	81,99	85,39	80,78	90,00

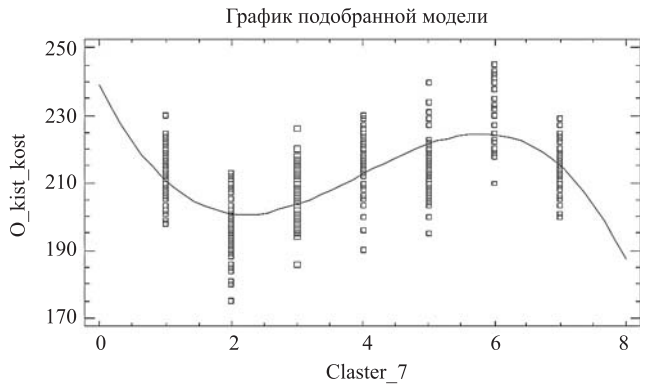


Рис. 3. График подобранной модели регрессии между переменными *O_kist_kost* и *Claster_7*

зависимость, которая может быть описана полиномом третьего порядка

$$O_kist_kost = 239 - 39{,}7\ Claster_7 + 12{,}4\ Claster_7^2 - 1{,}03\ Claster_7^3.$$

Таким образом, при одном значении обхвата кисть может иметь несколько морфологических типов.

Одним из способов устранения неоднозначности при распознавании типа кисти является расширение пространства классифицирующих признаков $X_j^{кл}$. Подгруппа признаков, характеризующих наиболее значимые связи между их значениями и номером кластера, определяется по наибольшим значениям стандартизированных коэффициентов отобранных линейных дискриминантных функций. Выявленными на этапе дискриминантного анализа дополнительными информативными признаками являются: ширина третьего пальца *w*3 и ширина кисти с тыльной стороны в полусогнутом состоянии *W_kist_polusog*.

В существующих методиках низким является качество используемых линейных одномерных моделей регрессии. Например, уравнение для длины кисти с ладонной стороны

$$D_lad = 0{,}44 O_kist_kost + 99{,}25$$

имеет коэффициент детерминации $R^2 = 27$ %.

После добавления информативных признаков качество модели для ряда показателей существенно повышается, в частности, уравнение

$$D_lad = 47{,}2 + 0{,}07 O_kist_kost - 0{,}012 w3 + 0{,}28 W_kist_polusog + 1{,}3 l3$$

имеет $R^2 = 64$ %.

Для ряда показателей, необходимых для построения деталей перчаток, не удаётся найти приемлемых зависимостей. Например, после добавления дополнительных признаков в одномерное уравнение

$$d1 = 33{,}2 + 0{,}16 O_kist_kost,\ R^2 = 9\ \%$$

имеем уравнение

$$d1 = 11{,}9 + 0{,}05 O_kist_kost + 0{,}07 w3 - 0{,}01 W_kist_polusog + 0{,}5 l3$$

со значением коэффициента детерминации $R^2 = 27$ %. Не удаётся найти приемлемых зависимостей даже среди нелинейных моделей.

Для таких признаков, имеющих круговое рассеяние значений в многомерном пространстве, необходим другой способ расчёта.

Интеллектуальная система расчёта среднетипичных размеров. Для учёта индивидуальных особенностей потребителей основное внимание следует уделить построению распознающей БЗ (рис. 4), позволяющей перейти от размерной к морфологической типологии, основанной на внутренних соотношениях между частями проектируемого изделия.

Помимо установления кластерной структуры произведённых обмеров, при обучении распознающей БЗ также формируются правила, по которым пользователь будет отнесён к соответствующей категории [3]. Совокупность решающих правил, хранящихся в БЗ, даёт возможность указывать диапазоны значений $(d_{(i-1)j}, d_{ij})_m$ признаков X_j, $j = \overline{1, N_p}$ морфологических типов изделий Ω_m, $m = \overline{1, M}$, тем самым обеспечивая эмпирическую интерпретацию понятий верхнего уровня. Иными словами, при построении целесообразной размерной типологии представление знаний, извлеченных из данных обмера, приводит к установлению внутригабаритных соотношений деталей изделия.

Поиск необходимых зависимостей осуществляется по координатам центроидов выявленных кластеров. Способ позволяет при сохранении числа типоразмеров учесть результат кластеризации и повысить качество моделей регрессии.

Найденные значения *O_kist_kost* и необходимых размеров для центроидов семи выделенных классов сведены в табл. 2. Для типоразмеров, в которых кластеры не были сформированы, значение каждого признака

устанавливается равным среднему значению наблюдений, находящихся внутри габаритного гиперпараллелепипеда, который охватывает данные заданного подтипа. Подтип определяется указанием интервалов для двух признаков — *O_kist_kost* и *l*3.

Среди расчётных показателей — длина 1-го пальца с тыльной стороны *d*1, флексорные длины 2-го и 5-го пальцев *l*2 и *l*5, длины 4-го пальца от 3-й и 4-й межпальцевых точек *l*43 и *l*44, расстояние между 1-й и 2-й межпальцевыми точками *L*_1_2, обхват 1-го пальца через середину ногтя *O*1_*n*, расстояние от вспомогательной линии до оси 2-го пальца *C*, ширина кисти с тыльной стороны *Wk_tyl*.

Как видно из табл. 2, кластеры в основном сформированы в третьем типоразмере (при проверке распределения выборки в интервалах признаков *O_kist_kost* и *l*3, указанных для типоразмеров I, II, IV, VI, VII, наблюдается малое число наблюдений).

По табл. 2 с учётом центроидов вычисляются уравнения регрессии для расчётных показателей X_j^P, используемых при проектировании перчаток. Для половины признаков (их значения показаны жирным шрифтом), используемых при проектировании перчаток, по таблице центроидов удалось построить модели регрессии по одной переменной *O_kist_kost*, обладающие высокой информационной способностью. Например,

$$D_lad = 92{,}48 + 0{,}47O_kist_kost,\quad R^2 = 80\ \%,$$

$$Wk_tyl = -9{,}5 + 0{,}48O_kist_kost,\quad R^2 = 93\ \%.$$

Модели для признаков, имеющих круговое рассеяние значений в многомерном пространстве, построенные по двум переменным *O_kist_kost* и *l*3, также становятся информативными, например,

$$d1 = 1{,}74 + 0{,}01O_kist_kost + 0{,}77l3,\quad R^2 = 73\ \%,$$

$$L_1_2 = -7{,}2651 + 0{,}24O_kist_kost + 0{,}08l3,\quad R^2 = 82\ \%.$$

При проектировании единичного изделия по измерениям нескольких входных показателей *w*3, *W_kist_polusog*, *l*3, *d_t_kost*, после распознавания морфологического типа, табл. 2 может напрямую использоваться для определения индивидуальных значений размерных показателей.

Заключение. Традиционная типология кистей рук предоставляет интервальную информацию о габаритных контейнерах в пространстве двух основных размерных признаков. Необходимые размеры деталей перчаток рассчитываются по одномерным уравнениям

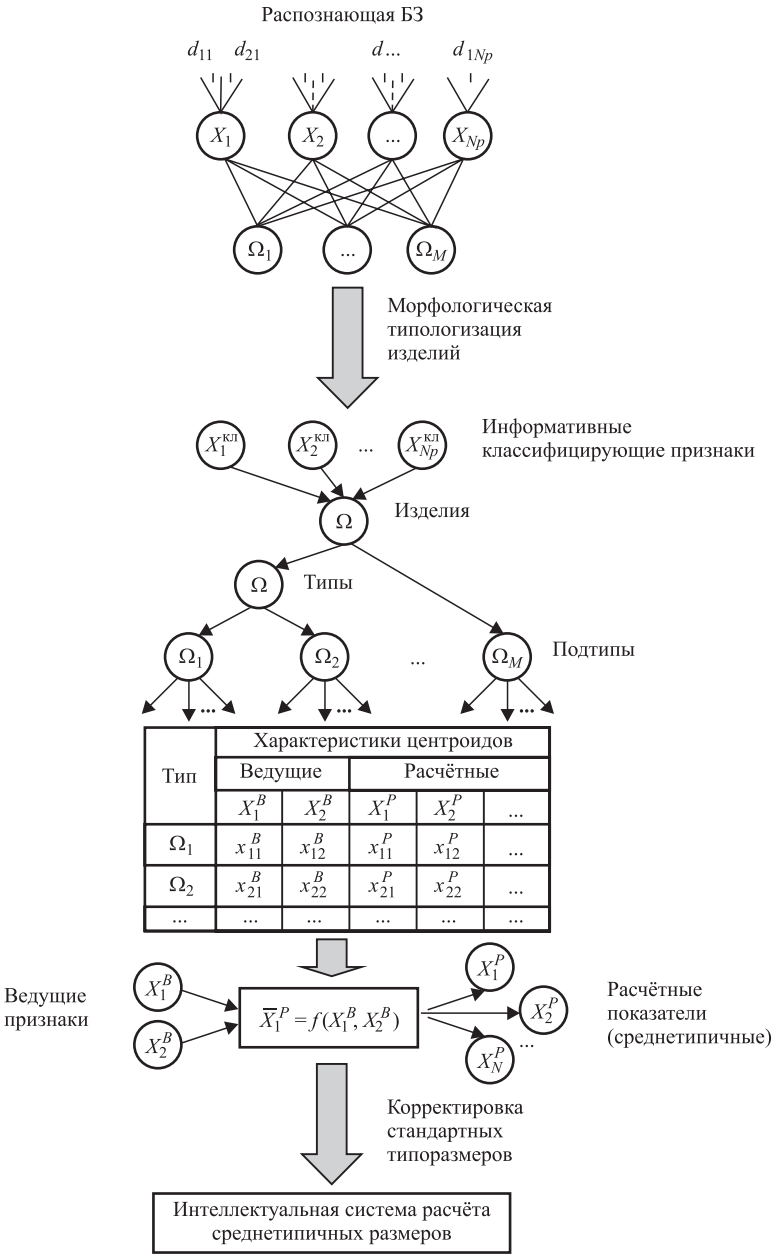


Рис. 4. Использование знаний в ИС расчёта среднетипичных размеров при серийном производстве

Таблица 2

Соответствие типоразмеров и значений признаков для семи кластерных центроидов

Типо-размеры	Подтипы	Кластер	*O_kist_kost*	*l*3	*D_lad*	*d*1	*l*2	*l*43	*l*44	*l*5	*L*_1_2	*O*1_*n*	*C*	*Wk_tyl*
I	Один	—	183	77	**180**	60	**67**	**70**	**78**	57	43	59	10	**81**
II	Длинный	—	193	81	**188**	63	**69**	**70**	**77**	57	45	57	11	**85**
	Короткий	—	193	76	**182**	66	**69**	**68**	**75**	56	48	56	11	**84**
III	Длинный	2	213	86	**199**	72	**76**	**77**	**85**	62	51	60	11,4	**92**
	Средний	1	207	81	**190**	65	**72**	**72**	**80**	58	47	58	10,9	**88**
		7	213	84	**194**	67	**74**	**75**	**84**	59	47	58	11,1	**91**
		4	214	83	**197**	68	**73**	**73**	**79**	59	51	60	12	**97**
	Короткий	3	198	77	**181**	62	**67**	**68**	**76**	55	45	57	10,7	**85**
		5	211	79	**188**	65	**70**	**72**	**78**	57	50	62	11,1	**93**
IV	Длинный	—	223	87	**200**	70	**77**	**77**	**85**	61	51	61	12	**96**
	Короткий	—	223	82	**194**	68	**72**	**75**	**82**	59	50	64	12	**95**
V	Один	6	226	87	**203**	72	**78**	**78**	**84**	64	54	66	13,1	**101**
VI	Один	—	233	81	**197**	63	**74**	**77**	**81**	70	55	67	13	**106**
VII	Один	—	238	90	**208**	72	**81**	**83**	**89**	77	60	66	14	**107**

регрессии на основе облака из всех наблюдений. Подобные уравнения могут иметь смещённые оценки коэффициентов регрессии, поскольку их значения чувствительны к расположению "периферийных" наблюдений для редких типов кистей.

Предложенная методика расчёта, основанная на кластеризации и вычислении координат кластерных центроидов, позволяет использовать их как центры притяжения регрессии к нескольким морфологическим типам внутри самого массового типоразмера, что обеспечивает устойчивость найденных моделей к изменениям входных данных. Использование средних значений внутри габаритных гиперпараллелепипедов, заданных традиционной размерной типологией, обеспечивает хорошие прогностические свойства найденных моделей для всего диапазона размеров.

Библиографические ссылки

1. **Михеева А.В., Семёнова В.В.** Закономерности изменчивости и распределения антропометрических признаков кистей мужских рук // Кожевенно-обувная промышленность. 2010. № 4. С. 41—42.

2. **Пименов В.И., Семёнова В.В., Пименов И.В., Михеева А.В.** Совершенствование методики проектирования перчаток на основе интеллектуального анализа данных // Дизайн. Материалы. Технология. 2012. № 4 (24). С. 101—106.

3. **Пименов И.В.** Построение распознающих баз знаний для поиска дизайн-решений // Системы управления и информационные технологии. 2014. № 1.1 (55). С. 183—186.

УДК 004.021

М.С. Половников, В.И. Ухов, канд. физ.-мат. наук
(ООО "СИСТЕЛ", г. Протвино)

polovnikovm@gmail.com

ПРИЁМ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО РЕЗЕРВИРУЕМЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

Предложены алгоритмы синхронизации при приёме оперативной информации по резервируемым каналам связи. Рассмотрены поканальный и поэлементный алгоритмы, описаны их особенности и условия применения в современных системах сбора и передачи информации.

Ключевые слова: оперативная информация; резервирование каналов; достоверность данных; алгоритм синхронизации; приём данных.

The synchronization algorithm when receiving of the efficient information by means of reserved communication channels are proposed. Channel and elemental algorithms are considered, their features and application conditions in modern systems of the information collection and transmission are described.

Key words: operational information; channels reservation; data trustworthiness; synchronization algorithm; data receiving.

Важными необходимыми свойствами оперативной информации в электроэнергетике являются её своевременность и достоверность. Для того, чтобы уменьшить вероятность ухудшения или пропадания необходимых свойств информации, в современных системах сбора и передачи применяется резервирование. Резервируются оборудование, программное обеспечение, каналы связи [1]. Резервирование программно-аппаратной части повышает доступность оперативной информации узла системы сбора. Увеличению надёжности передачи информации от узла к узлу способствует применение резервных каналов, которые вводятся дополнительно к существующим, в основном медленным, при совершенствовании существующих систем сбора, а также построении новых систем. Вновь вводимые каналы, как правило, являются цифровыми и обладают высокой пропускной способностью и помехозащищённостью.

Резервные каналы позволяют передавать информацию с одного узла системы сбора на другой по различным независимым физическим линиям. В простом случае передаваемый набор оперативных данных одинаков, в ином случае наборы данных могут быть как полностью различны, так и частично различаться и дополнять друг друга. Скорость передачи, надёжность и стоимость каждого из каналов связи, в общем случае, неодинаковы, что позволяет определить для каждого канала значение приоритета, характеризующего предпочтительность выбора того или иного канала в качестве источника основных данных. Принимающий узел, получая данные с резервируемых каналов с учётом их приоритета, должен обеспечить достоверный набор оперативных данных, соответствующий актуальному состоянию энергообъекта [2]. Для решения этой задачи в системах сбора и передачи информации, выпускаемых ООО "СИСТЕЛ", были разработаны и применены поканальный и поэлементный алгоритмы синхронизации данных. Поканальный алгоритм позволяет формировать результирующий набор данных, основываясь на приоритетах и работоспособности резервируемых каналов, поэлементный — анализировать достоверность и приоритеты данных, принимаемых по каналам.

Поканальный алгоритм (рис. 1) в основном применяется при приёме одинакового набора телемеханических данных по резервируемым каналам с использованием однотипных

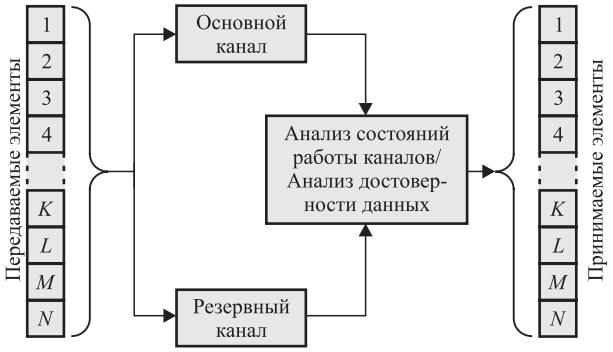


Рис. 1. Поканальная синхронизация данных

протоколов передачи. Набор принимаемых данных задаётся один раз для одного, наиболее приоритетного, канала. Точно такие же наборы формируются и для резервных каналов. Приоритеты каналов настраиваются конфигурацией управляющего ПО приёмного узла исходя из их предпочтительности, надёжности, стоимости и скорости передачи. Управляющее ПО непрерывно контролирует протокольный обмен по всем каналам и определяет среди них работающий канал с максимальным приоритетом. Считается, что такой канал является основным и содержит все актуальные значения оперативных данных, характеризующих состояние энергообъекта. Данные с основного канала помещаются в результирующий набор принимаемых данных, при этом принимаемые по другим каналам данные игнорируются. При изменении состояний каналов приёма оперативно выбирается новый работающий основной канал, что позволяет поддерживать актуальные данные на приёмной стороне. В случае пропадания протокольного обмена по всем резервируемым каналам принимаемые данные станут недостоверными.

При использовании каналов с высокой стоимостью организации или аренды (спутниковые каналы) возможно применение поканального алгоритма для приёма различного набора данных. Дорогостоящие каналы определяются как низкоприоритетные, а наборы, передаваемых по ним данных, формируются неполными и содержат только высокоприоритетную информацию. Это позволяет осуществлять приём полного набора данных по основному и высокоприоритетным каналам. В случае пропадания данных по дорогостоящему каналу возможно получать сокращённый набор существенно важных данных, что уменьшает трафик, затраты на передачу и обеспечивает контроль за определёнными параметрами энергообъекта.

В случае контроля только состояний резервируемых каналов возможна ситуация, когда основной канал в работе, но данные частично или все недостоверны, вследствие, например, неправильной работы протокола или ошибок при конфигурировании на передающей стороне. Для определения такого случая и корректной обработки поступающих значений можно задействовать дополнительную функцию поканального алгоритма — контроль достоверности данных. Данная функция позволяет анализировать состояние каждого принятого элемента данных по основному каналу и, если оно недостоверно, анализировать состояние этого же элемента, принятого по следующему менее приоритетному каналу. При обнаружении элемента с достоверным значением, его размещают в результирующий набор данных. Если достоверного значения обнаружить не удалось, то и результат будет недостоверен. Такая функциональность позволяет обнаруживать и дополнять недостоверные значения данных достоверными, что повышает наблюдаемость и управляемость энергообъекта.

Частое применение при приёме-передаче оперативной информации отраслевых протоколов МЭК 60870-5-104 и МЭК 60870-5-101 в качестве основных и резервных позволило адаптировать алгоритм поканальной синхронизации к одновременному их использованию. Идентичное конфигурирование параметров протоколов позволяет сформировать результирующий набор принимаемых данных, который однозначно определяет каждый принимаемый элемент как для МЭК 60870-5-104, так и для МЭК 60870-5-101.

Для исключения возможной недостоверности данных при переключениях с одного основного канала на другой в алгоритм введено условие для принимающих протоколов — время пропадания контролируемого пункта (КП) должно быть больше времени пропадания канала минимум в 1,5 раза. Это позволяет обеспечить "плавность" переключений каналов без проявления мнимой недостоверности данных. При пропадании канала достоверность данных будет сохранена до времени пропадания КП и следующий по приоритету работающий протокол успеет вступить в работу и обновить результирующие данные. Проверка на корректность настроек резервируемых каналов проводится в момент запуска системы сбора и, в случае установки несоответствующих значений, время пропадания КП автоматически увеличивается до величины в 1,5 раза превышающей время пропадания канала.

Когда данные принимаются по резервируемым каналам в различных протоколах, или наборы принимаемых данных различны, или необходимо контролировать приоритет каждого элемента применяется **поэлементный алгоритм** синхронизации данных, основным критерием которого для получения значения результирующего элемента являются достоверность и приоритеты исходных элементов. Исходные элементы принимаются по резер-

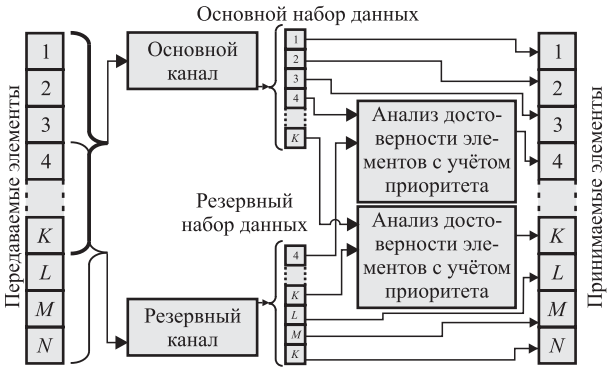


Рис. 2. Поэлементная синхронизация данных

вируемым каналам наборами, которые на передающей стороне могут быть сформированы как одинаковыми, так и различными, в зависимости от особенностей протокола передачи, качества линии связи, её пропускной способности, стоимости и т.д. Различие в наборах данных может быть полным или иметь общие данные, которые должны обладать различными приоритетами в зависимости от канала приёма. Результирующий набор включает в себя все исходные наборы и формируется алгоритмом поэлементной синхронизации.

Использование двух каналов для передачи оперативных данных набора элементов (от 1 до *N*) и их приём с применением алгоритма синхронизации данных представлен на рис. 2. По первому (основному) каналу передаётся одна часть элементов от 1 до *K*, по второму (резервному) — другая часть от 4 до *N*. Часть от 4 до *K* общая и передаётся по обоим каналам. Значения данных, элементы которых содержатся только в одном передаваемом (и, соответственно, принимаемом) наборе основного или резервного каналов, напрямую попадают в результирующий набор со своими актуальными значениями.

Для определения очередности поиска значений результирующих элементов, исходные значения которых содержатся в обоих каналах, вводится приоритет элемента, обычно задающийся приоритетом канала, по которому он принят, однако приоритет может и не соответствовать ему. Так, для одной пары элементов более значимым может быть элемент, принятый по основному каналу, а для другой — наоборот. Значением элемента, который будет размещён в результирующий набор принимаемых данных, будет значение достоверного наиболее приоритетного исходного элемента. Если достоверного значения среди исходных элементов найти не удалось, то результирующее значение становится недостоверно. Непрерывный контроль состояний исходных элементов позволяет с помощью алгоритма поэлементной синхронизации формировать результирующий набор с актуальной информацией, учитывающий приоритеты каждого элемента.

Применение алгоритмов синхронизации данных актуально при наличии резервируемых каналов, связывающих передающий и принимающий узлы системы сбора. При приёме идентичного набора данных по каналам рекомендуется применять поканальный алгоритм с определением наиболее приоритетного канала с набором актуальных значений принимаемых данных. При необходимости гибко формировать результирующий набор, используя данные из наборов принимаемых по различным каналам с учётом их достоверности и приоритета, применяется поэлементный алгоритм.

Таким образом, разработанные алгоритмы синхронизации при приёме данных по резервным каналам были реализованы и показали свою эффективность в программно-аппаратных средствах, таких как центральная приёмопередающая станция и устройства сбора и передачи информации, производимые ООО "СИСТЕЛ" и широко применяемые в распределённых системах сбора и передачи данных.

Библиографические ссылки

1. **Черкесов Г.Н.** Надёжность аппаратно-программных комплексов: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2005. 479 с.

2. **Федоров Ю.Н.** Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка. М.: Инфра-Инженерия, 2008. 928 с.

Уважаемые читатели!

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении, а также непосредственно на сайте издательства "Инновационное машиностроение".

УДК 621.9:658.511.3:519.1

Е.В. Курнасов, канд. техн. наук, доц.
(Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики)
mra2013@yandex.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С УЧЁТОМ ЕГО ДЕКОМПОЗИЦИИ И СИНТЕЗА ПОДПРОЦЕССОВ

Рассмотрена вербальная постановка задачи комплексной оценки эффективности с учётом оценки эффективности отдельных подпроцессов при декомпозиции технологического процесса. Предложена оценка эффективности на основе расчёта и анализа частных и комплексного показателей автоматизированных технологических процессов в машиностроении (производство заготовок, изготовление деталей и сборка).

Ключевые слова: технологический процесс; автоматизация; оценка эффективности; частные и комплексные показатели эффективности; декомпозиция; анализ эффективности; теория графов; автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП); машиностроение.

The question verbal statement of the effectiveness complex valuation by taking into account the separate subprocesses effectiveness valuation at the decomposition of the technological process is considered. An effectiveness valuation from the calculation and analysis of particular and integrated indicators for automatic technological processes in machine-building production (blanks production, details production and assembly) is proposed.

Key words: technological process; automation; efficiency valuation; particular and integrated efficiency indicators; decomposition; efficiency analysis; graph theory; automatic control system of the technological process (ACSTP); machine-building.

Технологический процесс представляет собой основу любого производственного процесса и состоит из технологических операций или подпроцессов, необходимых для выпуска определённого вида продукции. Развитие научно-технического прогресса в различных отраслях промышленности требует использования новых инструментов, материалов и технологий для создания сложных изделий и создаёт предпосылки для повышения качества управления технологическим процессом. Внедрение вычислительной техники, математических методов, теории управления и средств автоматизации в автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) в машиностроении обеспечивает заявленную точность при производстве заготовок, изготовлении деталей и сборки различных механизмов и машин.

Автоматизация технологического процесса производства заготовок, изготовления деталей и сборки на предприятиях машиностроения внедряется при помощи программных средств, выполняющих алгоритмическую декомпозицию — разложение общей алгоритмической схемы на алгоритмы, где каждый модуль или логический блок системы будет осуществлять один из этапов общего процесса автоматического сбора, обработки и хранения информации, принятия и реализации решений, предназначенных для управления (периодически или непрерывно) технологическим оборудованием; анализ и контроль используемых материалов; контроль параметров технологического процесса и производственной среды, а также контроль качества и сертификацию готовой продукции [1—3].

АСУТП, решая технические задачи по соблюдению технологических режимов с применением локальных систем стабилизации и регулирования параметров, использованием автоматики и некоторых элементов вычислительной техники, а также автоматической сигнализации, блокировки, регистрации и контроля соблюдения правил эксплуатации оборудования и техники безопасности, обеспечивает экономию энергоресурсов и материалов, увеличение надёжности и безопасности эксплуатации оборудования, улучшение технологичности выпускаемых изделий, сокращение численности персонала в результате оптимизации производства, улучшение

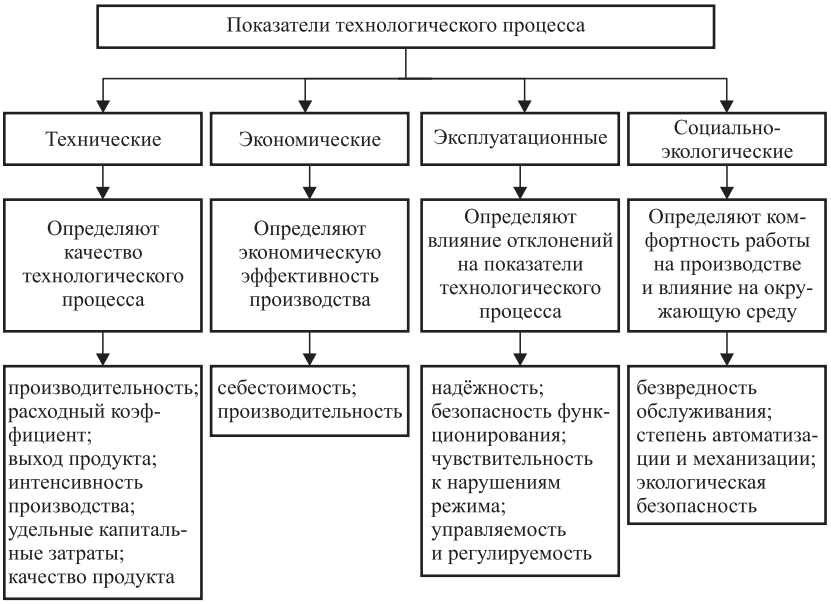


Рис. 1. Перечень основных показателей технологического процесса

экологических и качественных показателей технологического процесса [3].

Ниже рассматривается вербальная постановка задачи комплексной оценки эффективности автоматизированного технологического процесса на примере машиностроительного производства.

Оценка эффективности автоматизированного технологического процесса производства заготовок, изготовления деталей и сборки машин должна проводиться по показателям, которые можно объединить в четыре основные группы (рис. 1).

Перечень основных показателей машиностроительного производства свидетельствует о том, насколько высоки требования к качеству разработки технологического процесса, проектирования, создания и эксплуатации. Так как полученные наилучшие результаты по какому-то одному из показателей часто противоречат другими показателями, при разработке автоматизированного технологического процесса всесторонне должны анализироваться технико-экономические показатели (производительность, расходные коэффициенты, удельные капитальные затраты, срок службы, и пр.) для принятия компромиссного решения. Для того чтобы выбрать оптимальный вариант технологического процесса, необходимо исходить из важнейших показателей его эффективности: производительности, исходной стоимости и качества производимой продукции.

Для решения поставленной задачи целесообразно рассмотреть автоматизацию типичных технологических процессов, состоящих из подпроцессов, провести их декомпозицию на подпроцессы, осуществляющие производство отдельных конечных продуктов, и разработать методическую схему анализа и оценки эффективности отдельных подпроцессов технологического процесса. Данная декомпозиция предполагает, что каждому продукту соответствует определённый подпроцесс — производитель этого продукта. Синтез отдельных подпроцессов образует технологический процесс.

Наиболее точно этот анализ можно осуществить построением математической модели при помощи теории графов, которая предусматривает процесс формирования технологического процесса с применением необходимых операций и последовательности их выполнения, т.е. технологический процесс можно характеризовать как многорёберный граф (рис. 2), соответствующий числу получаемых продуктов [4]. Модель такого графа можно представить как "дуга-работа", где вершины графа будут отображать операции, а дуги графа — связи между этими операциями.

При оценке эффективности технологического процесса целесообразно оценивать рёбра графа, соответствующие конечным продуктам технологического процесса, по следующим параметрам и характеристикам: вероятность и время выполнения перехода между вершинами, технические, технологические и эколо-

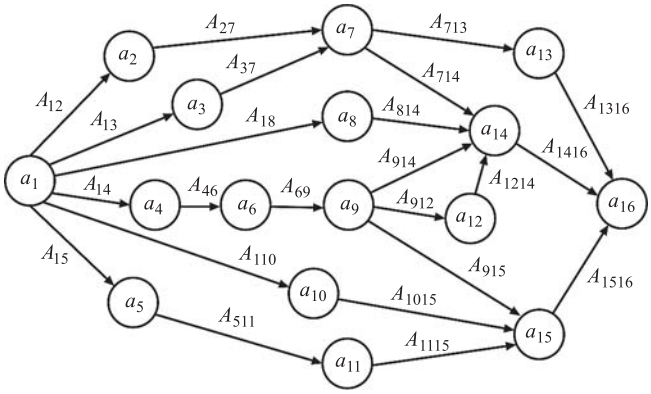


Рис. 2. Граф технологического процесса изготовления деталей и механизмов

гические результаты, и затраты, необходимые для реализации этого процесса.

Эффективность каждого подпроцесса должна быть оценена по основным и частным показателям эффективности, характеризующим техническую и технологическую сторону каждого подпроцесса. Частные показатели эффективности подпроцессов следует оценивать по техническим показателям, определяющим качество технологического подпроцесса и эксплуатационным показателям, характеризующим изменения, происходящие в технологическом подпроцессе во время эксплуатации оборудования при появлении отклонений от регламентированных условий и состояний. Эффективность автоматизации повысится при обеспечении доступа других систем к данным, генерируемым в одной из систем АСУ ТП [3].

В результате синтеза подпроцессов в единый технологический процесс и анализа эффективности каждого подпроцесса должна осуществляться оценка комплексного показателя эффективности технологического процесса производства заготовок, изготовления деталей и сборки машин по основным технико-экономическим показателям (производительность, себестоимость, затраты) и, в частности, энергоэффективности, надёжности технологического процесса и технологичности выпускаемых изделий. С этой целью необходимо разработать методику оценки эффективности автоматизированных технологических процессов, учитывающую наиболее важные технико-экономические составляющие.

Количественная оценка энергоэффективности технологического процесса должна быть проведена на основе анализа фактической экономии топливно-энергетических ресурсов; снижения потерь топливно-энергетических ресурсов в результате проведения мероприятий по оптимизации энергосберегающих и режимных параметров энергопотребления; внедрения приборов и систем учёта топливно-энергетических ресурсов (ТЭР); снижения энергоёмкости производства продукции благодаря внедрению современных энергоёмких схем энергообеспечения; использования вторичных энергоресурсов; создания программ и специальных проектов по энергосбережению и энергосберегающим технологиям [5]. В результате декомпозиции технологического процесса на подпроцессы следует провести оценку энергоэффективности каждого подпроцесса, а синтез этих подпроцессов в единый технологический процесс позволит оценить энергоэффективность всего технологического процесса по таким показателям, как энергоёмкость, удельная энергоёмкость, экономичность потребления ТЭР и др.

Количественную оценку надёжности технологического процесса следует проводить на всех стадиях жизненного цикла автоматизированного технологического процесса и соответствующих этим стадиям этапах видов работ по основным показателям: вероятность безотказного функционирования; вероятность потока отказов; плотность распределения отказов; интенсивность потока отказов; средняя наработка на отказ, комплексный показатель надёжности.

Оценка вероятности безотказного технологического процесса может быть осуществлена по формуле:

$$P(t) = \prod_{i=1}^{m} [1 - (1 - P_{vi})(1 - P_{ni})], \qquad (1)$$

где P_{vi} — вероятность (в пределах допуска) получения каждого из параметров качества детали; P_{ni} — надёжность контроля параметров; m — число параметров.

Надёжность всего процесса должна оцениваться как произведение надёжностей всех операций на всех подпроцессах.

Обеспечение технологичности выпускаемых изделий должна осуществляться на уровне деталей, сборочных единиц и изделия в целом. Оценка технологичности выпускаемых изделий должна осуществляться сравнением с образцом или аналогом, учитывая её себестоимость, трудоёмкость, материалоёмкость, унификацию отдельных деталей и сборочных узлов.

В соответствии с методикой оценки качества промышленной продукции [6], выпускаемые изделия должны соответствовать семи группам показателей качества, которые, в частности, определяют технологичность изделий.

Технологичность выпускаемого изделия (производственная технологичность) должна определяться следующими основными показателями: себестоимостью C, руб. и трудоёмкостью T, ч. В качестве дополнительных показателей можно использовать коэффициенты, оценивающие: уровень стандартизации ($K_{ст}$), наличие сборочных единиц ($K_{сб}$), уровень повторяемости ($K_{пов}$) изделий, уровень унификации ($K_{ун}$), и т.д.

Расчёт технологичности выпускаемых изделий предполагается проводить в несколько этапов:

1) расчёт технологичности изделия при декомпозиции процесса на подпроцессы;

2) расчёт технологичности изделия при синтезе подпроцессов в единый технологический процесс.

В качестве частных показателей технологичности, безусловно, должны быть использованы относительная трудоёмкость работ по изготовлению заготовок, процесса изготовления деталей по видам работ, ремонтов изделия, профилактического обслуживания функционирующего изделия, а также удельная технологическая себестоимость изделия и удельная трудоёмкость изготовления изделия на единицу мощности.

Комплексный показатель технологичности выпускаемого изделия следует определять как среднеарифметическую величину с учётом экономической эквивалентности $K_{ээi}$ ("весового" вклада) принятых показателей K_i:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i K_{ээi}}{\sum_{i=1}^{n} K_{ээi}}, \qquad (2)$$

где K — комплексный показатель технологичности; K_i — частный показатель технологичности; $K_{ээi}$ — коэффициент экономической эквивалентности i-го частного показателя.

Обобщёнными показателями автоматизированного технологического процесса являются производительность труда и коэффициент его роста.

Количественная оценка производительности должна проводиться по показателю, определяющему количество изготовленной продукции в единицу времени:

$$P = \frac{G}{T}, \qquad (3)$$

где P — производительность; G — количество полученного продукта или переработанного сырья за время T.

Определение показателей эффективности технологического процесса должно проводиться на каждом этапе свёртки графа по основным показателям [7]. По результатам сравнения рассчитанных показателей эффективности с заданными целевыми показателями формируют управляющее воздействие в виде корректировки технологических мероприятий. При этом в качестве критерия при выборе группы мероприятий и технологий необходимо использовать мероприятия, имеющие максимальную эффективность [4].

Предельное и комплексное повышение эффективности АСУТП возможно при создании такого механизма, который бы распространялся непосредственно на рабочие места, и был направлен в первую очередь на предотвращение и ликвидацию всех видов потерь, затрудняющих повышение эффективности использования технического и технологического оборудования, инструментов, энергии и сырья. Для оценки эффективности АСУТП в соответствии с таким подходом должен быть использован показатель общей эффективности, отображающий все виды потерь, а не отдельные локальные показатели. Перечень мероприятий по предотвращению и ликвидации всех видов потерь при автоматизированном технологическом процессе производства заготовок, изготовления деталей и сборки в машиностроении представлен в таблице.

Мероприятия по предотвращению и ликвидации потерь при автоматизированном технологическом процессе производства заготовок, изготовления деталей и сборки

Материальный эффект	Нематериальный эффект
Загруженность оборудования	Текущее обслуживание и плановый ремонт оборудования операторами приводит к эффективной загрузке оборудования и увеличению производительности труда
Количество отказов оборудования	
Количество случайных поломок оборудования	
Производительность труда	
Количество случаев выпуска бракованных изделий	Регулирование и контроль параметров технологического процесса уменьшает выход бракованных изделий
Количество рекламаций	
Себестоимость продукции	
Количество рационализаторских предложений	Рационализаторские предложения изменяют параметры технологического процесса и повышают эффективность АСУТП

При этом возникают следующие задачи, которые необходимо решить для оценки эффективности автоматизированного технологического процесса производства заготовок, изготовления деталей и сборки в машиностроении: разработать методику, содержащую формульную схему для анализа и контроля эффективности автоматизированных технологических процессов и методики оценки основных показателей, в частности, энергоэффективности, надёжности автоматизированных технологических процессов и технологичности выпускаемых изделий в результате декомпозиции технологического процесса на подпроцессы; осуществить синтез подпроцессов в единый технологический процесс и оценить комплексный показатель эффективности; разработать методику анализа и контроля эффективности технологического процесса, основанных на построении математической модели при помощи теории графов, предусматривающей процесс формирования технологического процесса с применением необходимых операций и последовательности их выполнения, и включающих составление набора расчётных формул, расчёт частных показателей технологического процесса в результате преобразования исходного графа процедурой свёртки; провести анализ результатов и оценку комплексного показателя эффективности для каждой дуги результирующего графа и комплексную оценку эффективности технологического процесса в целом.

В заключение следует отметить, что приведённая выше вербальная постановка задачи комплексной оценки эффективности автоматизированных технологических процессов позволит анализировать и выбирать оптимальные критические пути подпроцессов и линий производства с максимальными показателями эффективности.

Библиографические ссылки

1. **РД 50-680-88**. Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения / Утв. постановлением Госстандарта СССР 28.12.1988 г. Введ. 01.01.1990 г. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002.

2. **Курнасов Е.В.** Многопрофильное программное обеспечение — единая платформа для создания комплексных проектов систем автоматизации // Мехатроника. Робототехника. Автоматизация: сб. науч. тр. Выпуск № 5. М.: МГУПИ, 2011. С. 49—53.

3. **Курнасов Е.В.** Оценка степени межуровневого взаимодействия информационных потоков производственного предприятия с MES-системой // Сборка в машиностроении и приборостроении. 2012. № 3. С. 3—5.

4. **Курнасов Е.В., Тен В.Э.** Алгоритмы анализа и контроля эффективности автоматизированных технологических процессов // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 12. С. 21—25.

5. **ГОСТ Р 51541—99.** Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. М., 2000.

6. **Холодкова А.Г.** Методика оценки технологичности конструкции изделия для условий автоматической сборки // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2008. № 1. С. 3—9.

7. **Самарский А.А., Михайлов А.П.** Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2005. 320 с.

Уважаемые авторы и читатели!

Редакция и редакционная коллегия сообщают:
межотраслевой научно-технический журнал "Автоматизация. Современные технологии"
успешно прошёл аккредитацию в ВАК для публикации работ
соискателей учёных степеней по отрасли науки:
05.00.00 — технические науки
и четырём группам специальностей:
05.02.00 — машиностроение и машиноведение;
05.07.00 — авиационная и ракетно-космическая техника;
05.11.00 — приборостроение, метрология
и информационно-измерительные приборы и системы;
05.13.00 — информатика, вычислительная техника и управление.
Напоминаем: статьи следует подавать в редакцию заблаговременно!
С правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте mashin.ru

УДК 681.513

К.А. Неусыпин, д-р техн. наук, проф., **А.В. Пролетарский,** д-р техн. наук, проф., **Чан Нгок Хыонг**
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)
neysipin@mail.ru

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Рассмотрена задача распознавания цели из потенциальной точки вывода летательного аппарата. Точность перемещения летательного аппарата из исходной точки в точку потенциального вывода, а также точность распознавания цели определяются, в основном, погрешностями инерциальной навигационной системы. В исходной точке пространства осуществляются построение модели погрешностей автономной навигационной системы и прогноз на исследуемом интервале полёта. Сформированы измерительные сигналы для генетического алгоритма, позволяющие строить скалярные модели непосредственно неизмеряемых погрешностей навигационной системы.

Ключевые слова: летательный аппарат; распознавание цели; погрешности инерциальной навигационной системы; генетический алгоритм; прогноз; формирование измерений.

The problem of target recognition from the potential point of the aircraft output is considered. The aircraft movement accuracy from the initial point to a potential output point and the accuracy of the target recognition are determined mainly by errors of the inertial navigation system. The error model building of the autonomous navigation system and forecasts for researched flight interval are implemented in the initial space point. Formed Measuring signals for the genetic algorithm, allowing to build a scalar models of the directly immeasurable navigation system are generated.

Key words: aircraft; target recognition; inertial navigation system error; genetic algorithm; forecast; measurements formation.

В процессе функционирования летательного аппарата (ЛА) возникают разнообразные тактические задачи. Одной из таких является задача распознавания цели или определение промаха при поражении цели из потенциальной точки пространства, в которую целесообразно вывести ЛА для эффективного выполнения боевой задачи. В зависимости от оценки точности поражения цели выбирается наилучший сценарий полёта.

Управление современными ЛА осуществляется на основе информации с различных навигационных систем, имеющих погрешности, обусловленные внешними (по отношению к системе) и внутренними факторами. Наиболее распространённым типом навигационных систем, которые устанавливаются на ЛА, являются инерциальные навигационные системы (ИНС), а также внешние по отношению к ИНС системы: различные радиолокационные, спутниковые и др. [1, 2]. ИНС имеют погрешности, которые успешно компенсируются с помощью привлечения информации от внешних измерителей [1, 3], но при этом теряется такое ценное качество ИНС, как автономность.

В условиях активного противодействия использование внешних источников информации не представляется возможным из-за их слабой помехозащищённости [1].

При функционировании ЛА в условиях активных и пассивных помех используется автономная ИНС. Также на ЛА устанавливается дальномер. ИНС является первоисточником ошибок при выполнении ЛА поставленных задач.

В практических приложениях предсказание промаха ЛА при решении задачи поражения цели из потенциальной точки пространства применяется двухэтапный алгоритм вычислений оценок погрешностей ИНС [4]. Решение этой задачи осуществляется на основе анализа прогноза погрешностей ИНС с использованием априорных моделей. В условиях сложного движения ЛА (модели) погрешности ИНС имеют нелинейный характер, поэтому применение линейных моделей хотя и приводит к повышению точности, но это повышение незначительно. Для повышения точности навигационных определений автономных ИНС целесообразно использовать нелиней-

ные модели погрешностей ИНС, построенные на борту ЛА в процессе полёта. В связи с этим сформулирована постановка задачи исследования, которая состоит из предсказания промаха ЛА при перемещении в потенциальную точку вывода и расчёта ошибки при поражении цели из этой точки пространства на основе прогноза погрешностей ИНС. Для осуществления прогноза использован генетический алгоритм (ГА) построения нелинейной модели погрешностей ИНС в процессе полёта. Затем полученные модели используются для прогноза погрешностей ИНС и вычисления промаха ЛА при поражении цели.

Алгоритмы построения прогнозирующих моделей ошибок ИНС. В условиях автономной работы ИНС вычисление промаха при решении задачи поражения цели с помощью ЛА осуществляется на основе априорной модели погрешностей автономной ИНС. Однако в условиях сложного движения ЛА априорные модели становятся неадекватными реальному процессу изменения погрешностей ИНС. Поэтому целесообразно проводить построение моделей изменения погрешностей ИНС в процессе полёта.

Предсказание ошибки при поражении цели. Определяющими в гамме возмущающих факторов являются дрейфы гироскопов и начальное отклонение гироплатформы в азимуте [4]:

$$\begin{aligned}\delta x(t) &= \frac{gE_y^*}{(k_2+1)\nu^2}\left[\frac{(k_2+1)\nu^2 t - k_1}{(k_2+1)\nu^2}\right] + \\ &+ \frac{gk_2V_\xi E_z^*}{2R(k_2+1)^4\nu^6}[((k_2+1))^2\nu^4t^2 - 2(k_2+1)\nu^2 - \\ &-2k_1(k_2+1)\nu^2 t - 2k_1^2] - \frac{(\dot{V}_\xi + k_1V_\eta)\Phi_z(0)}{(k_2+1)\nu^2} + \\ &+ \frac{gk_2V_\xi\Phi_z(0)}{R(k_2+1)^2\nu^4}[((k_2+1)\nu^2 t - k_1)],\end{aligned} \quad (1)$$

где E_y^*, E_z^* — дрейфы гироскопов, которые предполагаются постоянными; $\Phi_z(0)$ — отклонение гироплатформы в азимуте; k_1, k_2 — коэффициенты в контуре демпфирования; ν — частота Шулера; g — гравитационное ускорение; R — радиус Земли.

Ввиду того, что направление дрейфа гироскопов неизвестно в дальнейшем для предсказания ошибок местоположения необходимо использовать дисперсию ошибки ИНС.

Используя эту информацию можно предсказать ошибку местоположения ЛА в точке потенциального вывода. Местоположение ЛА в текущий момент времени снимается непосредственно с ИНС.

Время функционирования ИНС в полёте из исходной точки в точку потенциального вывода запишется в виде [4]:

$$t = \frac{\varphi_3 - \varphi_0}{V_\xi} \text{ или } t = \frac{\lambda_3 - \lambda_0}{V_\eta}. \quad (2)$$

С учётом формул (2) определяются ошибки ИНС при перемещении ЛА в точку потенциального вывода.

Затем вычисляется вероятность ошибки распознавания или ошибка поражения цели из потенциальной точки вывода ЛА.

При известной дальности от точки потенциального вывода ЛА до цели и известной зависимости ошибки дальномера от расстояния до цели, можно предсказать ошибку распознавания цели из точки потенциального вывода ЛА.

Таким образом, предсказание ошибки распознавания или поражения цели включает предсказание ошибок ИНС при выведении ЛА в точку потенциального вывода и ошибок ИНС при поражении цели из точки вывода.

Задача прогнозирования. В условиях сложного движения ЛА априорные модели погрешностей ИНС использовать для прогнозирования не представляется возможным из-за низкой точности прогноза. Поэтому необходимо создавать модели в процессе функционирования ИНС, например, посредством генетических алгоритмов. Полученные модели используются для прогноза погрешностей ИНС, которые затем применяются для вычисления оценки точности распознавания и промаха ЛА при поражении цели.

Генетический алгоритм (ГА) — это процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования, в которых используется эволюционный принцип выживания наиболее приспособленных особей. ГА осуществляют поиск решения исходя не из единственной точки, а из их некоторой популяции, используют только целевую функцию, а не её производные, либо иную дополнительную информацию, также применяют вероятностные, а не детерминированные правила выбора.

Оценивание приспособленности хромосом в популяции включает расчёт функции приспособленности для каждой хромосомы популяции. Чем больше значение этой функции, тем выше качество хромосомы. Вид функции приспособленности зависит от специфики решаемой задачи.

Селекция хромосом заключается в выборе тех хромосом, которые будут участвовать в создании очередного поколения. В ГА применяется два основных вида генетических операторов: скрещивание и мутация.

Достоинства ГА: не требуют априорной информации; просты в реализации; обладают высокой точностью.

Недостатки: время решения задачи может быть значительным когда необходимо найти точный глобальный оптимум.

Разработка метода формирования измерений для ГА. Построение высокоточных прогнозирующих моделей с помощью ГА осуществляется при непосредственном измерении параметра, модель которого формируется на выходе алгоритма. В случае построения модели непосредственно неизмеряемого параметра точность существенно снижается, а время построения модели увеличивается. Поэтому эти недостатки целесообразно устранить формированием измерительного сигнала для ГА при построении моделей непосредственно неизмеряемых параметров модели погрешностей ИНС.

При формировании измерительных сигналов для ГА воспользуемся известным способом формирования приведённых измерений [5].

Пусть погрешности ИНС описываются уравнением вида:

$$x_k = \mathrm{F}x_{k-1} + w_{k-1}, \tag{3}$$

где x_{k-1} — вектор состояния; w_{k-1} — вектор входного шума, который является дискретным аналогом белого гауссового шума с нулевым математическим ожиданием; F — матрица системы.

Часть вектора состояния запишется в виде

$$z_k = \mathrm{H}x_k + v_k, \tag{4}$$

где z_k — m-вектор измерений; H — $(m \times n)$ — матрица измерений; v_k — m-вектор измерительного шума, который является дискретным аналогом белого гауссового шума с нулевым математическим ожиданием; причём w и v некоррелированы между собой, т.е. $M\left[\nu_j w_k^T\right] = 0$ при любых значениях j, k.

Выразим измерения через вектор состояния на первом подтакте измерений:

$$z^* = Sx_1 + v^*, \tag{5}$$

где

$$z^* = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ . \\ . \\ z_n \end{bmatrix}; S = \begin{bmatrix} \mathrm{H} \\ \mathrm{HF} \\ . \\ . \\ \mathrm{HF}^{n-1} \end{bmatrix}; \nu^* = \begin{bmatrix} \nu_1 \\ \mathrm{H}w_1 + \nu_2 \\ . \\ . \\ \mathrm{HF}^{n-2}w_1 + \ldots + \mathrm{H}w_{n-1} + \nu_n \end{bmatrix}.$$

Введём обозначение:

$$y = S^{-1}z^*. \tag{6}$$

Уравнение для i-й компоненты вектора y имеет следующий вид:

$$y^i = a_1z_1 + a_2z_2 + \ldots + a_nz_n, \tag{7}$$

где y^i — элемент вектора y; a_i — элементы i-й строки матрицы S^{-1}; $i = \overline{1,n}$.

Уравнения ошибок ИНС для одного из горизонтальных информационных каналов имеют вид (3):

$$x_k = \mathrm{F}x_{k-1} + w_{k-1},$$

где

$$x_k = \begin{bmatrix} \delta v_k \\ \Phi_k \\ \varepsilon_k \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} 1 & -gT & 0 \\ T/R & 1 & T \\ 0 & 0 & 1-\beta T \end{bmatrix}; w_{k-1} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ \omega_{k-1} \end{bmatrix}.$$

В уравнении измерений (4) матрица H = = [0 1 0]. Тогда матрица S^{-1} будет иметь вид:

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} \left[-\frac{R}{T} + \frac{R}{\beta T^2} + \frac{g}{\beta}\right] & \left[-\frac{R}{\beta T^2}(2-\beta T)\right] & \frac{R}{\beta T^2} \\ 1 & 0 & 0 \\ \left[-\frac{g}{\beta R} - \frac{1}{\beta T^2}\right] & \frac{2}{\beta T^2} & -\frac{1}{\beta T^2} \end{bmatrix}.$$

В соответствии с выражением (7) сигналы приведённых измерений автономной ИНС принимают вид:

$$\begin{cases} z(\delta v) = \left(-\frac{R}{T} + \frac{R}{\beta T^2} + \frac{g}{\beta}\right)z_k - \\ -\frac{R}{\beta T^2}(2-\beta T)z_{k+1} + \frac{R}{\beta T^2}z_{k+2}; \\ z(\Phi) = z_k; \\ z(\varepsilon) = \left(-\frac{g}{\beta R} - \frac{1}{\beta T^2}\right)z_k + \frac{2}{\beta T^2}z_{k+1} - \frac{1}{\beta T^2}z_{k+2}. \end{cases} \tag{8}$$

В выражении (7) скалярные измерения z_k, z_{k+1}, z_{k+2} являются функциями углов прецессии и формируются на основе информации с датчиков углов прецессии соответствующих

гироскопов [6, 7]. Сигналы с датчиков углов прецессии предварительно усредняются, и из сглаженных сигналов формируется вектор приведённых измерений.

Предложенный алгоритм формирования измерительных сигналов для ГА при решении задачи построения модели погрешностей автономной ИНС, может быть использован также для коррекции автономных ИНС в выходном сигнале [8].

Таким образом, разработанные формализованные зависимости (8) можно использовать в качестве входных измерительных сигналов для ГА, с помощью которого строятся модели динамических погрешностей ИНС, применяющиеся для оценки точности перемещения ЛА в потенциальную точку вывода и распознавания цели в полёте.

Библиографические ссылки

1. **Неусыпин К.А**. Современные системы и методы наведения, навигации и управления летательными аппаратами. М.: МГОУ, 2009. 500 с.

2. **Salychev O.S**. Inertial Systems in Navigation and Geophysics, Moscow: Bauman MSTU Press, 1998. 352 p.

3. **Неусыпин К.А.** Алгоритмические методы повышения точности автономных навигационных систем // Автоматизация и современные технологии. 2006. № 2. С. 16—19.

4. **Неусыпин К.А**. Способ прогнозирования промаха при поражении цели // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 1. С. 23—27.

5. **Салычев О.С.** Скалярное оценивание многомерных динамических систем. М.: Машиностроение, 1987. 235 с.

6. **Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Власов С.В**. Алгоритмические способы повышения точности автономных навигационных систем // Труды ФГУП "НПЦАП". Системы и приборы управления. 2010. № 3. С. 68—74.

7. **Неусыпин К.А., Чан Нгок Хыонг**. Формирование сигналов коррекции автономных инерциальных навигационных систем // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 4. С. 30—33.

8. **Пролетарский А.В., Неусыпин К.А**. Оценка точности построения моделей по данным лабораторного эксперимента с навигационными системами // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 6. С. 40—43.

УДК 004.4

И.А. Ерёмин
(Воронежский государственный технический университет)
eremin.ivan@mail.ru

ПЕРЕДАЧА АТРИБУТОВ МОДЕЛЕЙ NX В МОДЕЛИ SOLID EDGE

Подробно разбирается реализация и использование подпрограммы для систем NX и Solid Edge®, с помощью которой можно передавать атрибуты моделей NX в модели Solid Edge. Рассмотрены функции NX Open API для считывания атрибутов моделей NX и API функции системы Solid Edge, на их основе можно добавить считанные атрибуты в модели Solid Edge. Подпрограмма представляет собой построенную по определённым правилам динамическую библиотеку DLL, подгружаемую к процессу NX.

Ключевые слова: NX Open API; Solid Edge; атрибуты; ассоциативная связь; 3D-модель.

Subprogram realization and utilization for systems of NX and Solid Edge®, by means of which can transfer the attributes of NX models in the model Solid Edge, are examined in detail. The functions NX Open API for reading models NX attributes and API functions of system Solid Edge are considered. On their base can add the readed attributes in the model Solid Edg. Subprogram represents the created according to the rules dynamic library DLL, loaded to the process NX.

Key words: NX Open API; Solid Edge; attributes; associative relationship; 3D model.

Введение. Многие предприятия разрабатывают свои изделия с помощью нескольких CAD-систем в связи с недостаточностью имеющихся возможностей одной системы или потребностью команд, которые имеются в других системах. Зачастую немногие предприятия могут позволить купить всем конструкторам систему верхнего уровня вследствие её высокой стоимости.

Во многих случаях у конструкторов появляется необходимость работать с данными из других систем, т.е. с импортированной

геометрией. Такая работа не сводится лишь к трансляции объектов. Требуется внесение изменений. Иногда 3D-модель изделия создаётся в одной системе, а чертёж по этой модели разрабатывается в другой системе, но если требуется внести изменения в 3D-модель, то чертёж нельзя перестроить, так как между системами нет ассоциативной связи и возможна передача только геометрических объектов.

Работая в связке системы верхнего уровня NX и системы среднего уровня Solid Edge, конструкторы смогут с помощью уникальной синхронной технологии значительно ускорить процесс проектирования и упростить работу с импортированной геометрией, а технология NX Gateway обеспечит двустороннюю ассоциативность при использовании моделей Solid Edge и NX. Предлагаемые автоматизированные решения компании Siemens PLM Software обеспечивают сохранение ассоциативности между моделями, а также возможность автоматического обновления деталей и сборок в обоих направлениях. Можно создавать сложные изделия в NX, затем оформить чертёж по ЕСКД в Solid Edge без потери ассоциативной связи между 3D-моделью и чертежом. Также возможна и обратная ситуация, когда по 3D модели Solid Edge создаётся управляющая программа для станка с ЧПУ с помощью NX CAM. Изменения в модели Solid Edge приведут к автоматическому обновлению программы обработки. Двусторонняя ассоциативность позволяет предприятиям выбирать сбалансированное количество рабочих мест высокого и среднего уровня САПР, не заботясь об организации взаимодействия между ними [1].

Однако при прямой передаче файлов NX и Solid Edge атрибуты не переносятся. Атрибуты из моделей NX, включая PMI данные, могут быть переданы в модели Solid Edge через формат JT, но в этом случае теряется ассоциативная связь между системами.

Разработка подпрограммы для NX и Solid Edge. Для решения проблемы переноса атрибутов из моделей NX в модели Solid Edge необходимо разработать программу, с помощью которой можно передавать атрибуты между системами с сохранением ассоциативности.

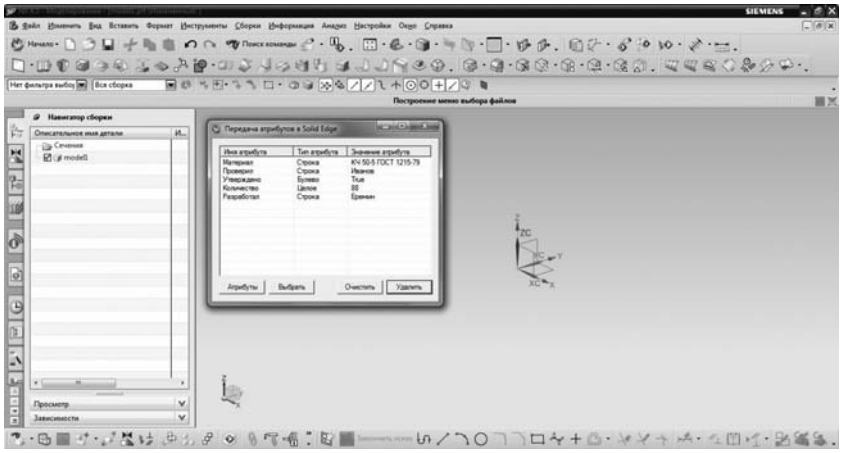


Рис. 1. Атрибуты модели NX

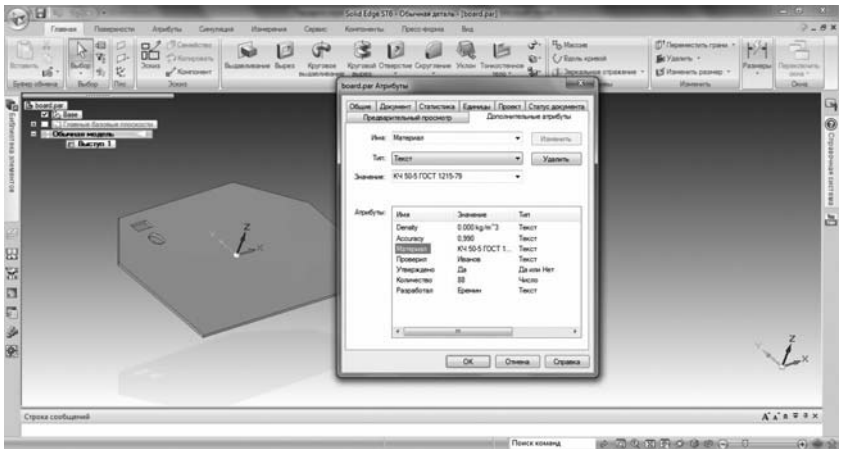


Рис. 2. Переданные атрибуты в Solid Edge

Сценарий работы подпрограммы. Для создания пользовательского приложения, в котором будут сочетаться API функции NX и Solid Edge, применяется среда разработки приложений Microsoft Visual Studio 2010. Для разработки приложений под NX и Solid Edge необходимо использовать программную платформу NET Framework 4.

Создадим прикладную библиотеку, которая решает задачу передачи атрибутов из NX в Solid Edge. Ниже приведён алгоритм работы программы.

Пользователь запускает NX, затем вызывает загрузку пользовательских подпрограмм с помощью сочетания клавиш Ctrl + U, в появившемся окне выбирает нужную библиотеку.

Запускается главное интерфейсное окно программы.

В окне пользователь должен нажать на кнопку "Атрибуты" для считывания атрибутов рабочей модели (рис. 1).

Если требуется передать в Solid Edge не все считанные атрибуты, имеется возможность удаления атрибута. Для этого необходимо в списке выделить атрибут и нажать на кнопку "Удалить".

Нажатием кнопки "Выбрать" открывается диалоговое окно выбора файлов Solid Edge. В этом окне необходимо выбрать модель, в которую хотим передать считанные атрибуты. Открыть Solid Edge и проверить добавленные атрибуты, выбрав команду "Атрибуты документа" (рис. 2).

Описание API функций NX и Solid Edge. Рассмотрим описание API функций NX и Solid Edge на языке C# в среде Visual Studio 2010, с помощью которых будут передаваться атрибуты между системами.

Атрибуты необходимо считывать из рабочей модели NX, для этого создадим переменную типа Part и присвоим ей значение рабочей детали NX, затем вызовем метод получения массива атрибутов данной модели:

```
Part workPart = theSession.Parts.Work;
NXObject.AttributeInformation[] att = workPart.GetUserAttributes();
```

Теперь из массива атрибутов att, можем получить имя атрибута, тип и значение:

```
att.ElementAt(i).Title // имя
att.ElementAt(i).Type // тип
att.ElementAt(i).StringValue // значение.
```

Метод ElementAt(*i*) возвращает элемент по указанному индексу, где *i*, соответственно, индекс атрибута.

После того как атрибуты считаны из модели NX, их необходимо добавить в модель Solid Edge. Есть возможность добавлять одни и те же атрибуты в разные модели Solid Edge, также присутствует проверка на одинаковые атрибуты.

```
SolidEdgeFileProperties.PropertySets propertySets = new SolidEdgeFileProperties.PropertySets();
propertySets.Open(name, false);
SolidEdgeFileProperties.Properties customPropertySet = null;
SolidEdgeFileProperties.Property property = null;
customPropertySet = (SolidEdgeFileProperties.Properties)propertySets["Custom"];
property = (SolidEdgeFileProperties.Property) customPropertySet.Add(ptyName, ptyValue);
propertySets.Save();
```

При помощи метода Open открываем окно атрибутов документа, в параметр name необходимо передать имя модели Solid Edge, в которую будут добавляться атрибуты с помощью метода Add, имеющего два параметра: ptyName — для задания имени атрибута и ptyValue — для задания значения атрибута, тип атрибута распознаётся по типу значения.

Сделаем ещё одно дополнение к приложению, добавим иконку NX в заголовок главного окна приложения с помощью следующей функции NX Open API:

```
NXOpenUI.FormUtilities.SetApplicationIcon(this);
```

В результате получаем приложение для систем NX и Solid Edge, которое позволяет решить актуальную задачу передачи атрибутов между 3D-моделями. Использование данного приложения избавит пользователей от необходимости выполнения двойной работы, связанной с созданием одинаковых атрибутов.

Заключение. Каждая отрасль промышленности сталкивается со специфическими задачами при проектировании своих изделий, поэтому важно, чтобы САПР содержала не только базовый набор инструментов для решения ограниченного числа задач пользователей. Использование API-функций систем NX и Solid Edge для создания собственных приложений позволит пользователям дополнить стандартный инструментарий систем, что значительно ускорит и упростит процесс проектирования деталей. Данное приложение может быть внедрено на предприятиях, которые применяют связку продуктов NX и Solid Edge для разработки изделий.

Библиографические ссылки

1. **CSoft** Воронеж — Программное обеспечение от компании Siemens. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.csoft.vrn.ru/Siemens_SolidEdge.asp.

2. **Гончаров П.С.** NX для конструктора-машиностроителя. М.: Издательство "ДМК Пресс", 2010. 504 с.

3. **Хохленков Р.В.** Solid Edge с синхронной технологией. М.: Издательство "ДМК Пресс", 2010. 376 с.

УДК 51-74, 519.688

А.В. Чернядьев, канд. биол. наук
(Вятский государственный университет, г. Киров)
nano_noc@vyatsu.ru

НОВЫЙ СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БИНАРНОГО КОДА ГРЕЯ В ДВОИЧНЫЙ КОД

Предложен новый способ более быстрого преобразования бинарного кода Грея в двоичный код за счёт уменьшения количества необходимых операций сложения по модулю 2. При этом чем больше разрядность чисел, тем эффективнее новый способ в сравнении с существующим. Кроме того, для реализации нового алгоритма не требуется создания циклической программы, а также отпадает необходимость в хранении исходного числа в коде Грея и накоплении последовательно получаемых разрядов двоичного кода.

Ключевые слова: код Грея; двоичный код; алгоритм преобразования.

A new method for more rapid conversation of binary Gray code into binary code via reducing the number of necessary addition operations according modul 2 is proposed. The greater the bit number of digits, the more efficient the new method in comparison with the existing ones. In addition, for the implementation of the new algorithm does not require the creation of cyclic program ana also fall away the need of the storing the original number in the Gray code and the accumulation of sequentially reseived bits of binary code.

Key words: Gray code; binary code; alteration algorithm.

Одним из эффективных средств борьбы с ошибками неоднозначности считывания данных при преобразовании аналоговых сигналов в цифровые (например, во многих видах датчиков положения) является использование так называемых помехозащищённых кодов. Наиболее часто на практике применяется рефлексивный двоичный код Грея [1]. Код Грея предпочтительнее обычного двоичного в связи с тем, что он обладает свойством непрерывности бинарной комбинации, т.е. изменение кодируемого числа на единицу соответствует изменению кодовой комбинации только в одном разряде, в то время как в двоичном коде могут поменять своё состояние несколько, а то и все биты одновременно, что и может приводить к непредсказуемой погрешности [2]. В соответствие с этим главное свойство кода Грея ещё называют одношаговым, а возможная погрешность при считывании информации, представленной в таком коде, сводится к величине одного шага [3, 4].

Код получил своё название по имени исследователя лабораторий Bell Labs Фрэнка Грея, который запатентовал и использовал этот код в своей импульсной системе связи [2]. Предложенный Ф. Греем код предназначался для защиты от ложного срабатывания электромеханических переключателей. Сегодня коды, на основе разработанного Греем, широко используют для упрощения выявления и исправления ошибок в системах связи, а также в формировании сигналов обратной связи в системах управления [1, 4].

Наиболее часто код Грея применяют для аналогово-цифрового преобразования непрерывных сообщений. Обычно этот код используют в датчиках положения вала различных двигателей — энкодерах [5], нашёл он применение и в теории генетических алгоритмов для кодирования соответствующих признаков [6], решениях некоторых типов задач [7], отдельных компьютерных играх и т.д. Массовое применение данный вид кодирования получил в накопителях на жёстких дисках — HDD. В них код Грея является составной частью сервоинформации — сервометок, размещённых на треках [8].

Рефлексивный двоичный код Грея обладает, кроме того, преимуществом зеркального отображения информации, что позволяет инвертированием старшего бита простым образом менять направление счёта.

Недостаток кода Грея в том, что он является невзвешенным (непозиционным), т.е. вес разряда не определяется его номером. Указанное затрудняет обработку информации, представленной такими кодами, в ЭВМ и дешифраторах. В силу этого код Грея используют только для снятия информации с датчика, а перед вводом в компьютер или декодер его необходимо преобразовать в простой двоичный код [4, 5].

Известен, по сути, только один алгоритм (в нескольких интерпретациях) перевода кода Грея в двоичный позиционный код, который можно описать следующим правилом: цифра старшего разряда записывается без изменений, значение каждого последующего разряда двоичного числа находят путём сложения по модулю 2 этого же разряда в коде Грея со всеми предыдущими [9, 10].

Пример перевода 8-разрядного числа в коде Грея в двоичное число известным способом:

```
  10110011 — число в коде Грея
⊕ 1011001
⊕  101100
⊕   10110
⊕    1011
⊕     101
⊕      10
⊕       1
  11011101 — число в двоичном коде.
```

Представленный алгоритм легко реализуется программным путём или аппаратным способом с помощью цепи из логических элементов ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ — ИЛИ [4].

Недостатками данного способа для программной реализации являются использование циклической программы с необходимостью хранения исходного числа в коде Грея, накопления последовательно получаемых разрядов двоичного кода, выполнения операций нециклического сдвига (с потерей сдвинутых разрядов) и суммирования по модулю 2 столько раз, сколько разрядов в исходном числе минус один.

Однако, как оказалось, существует другой алгоритм перевода кода Грея в двоичный код, лишённый отмеченных недостатков известного способа. Предложенный алгоритм значительно снижает время перевода и необходимые для этого вычислительные ресурсы. Новый способ перевода кода Грея в двоичный код можно описать следующей последовательностью действий: число в коде Грея складывается по модулю 2 с этим же числом, сдвинутым на один (2^0) разряд вправо (нециклический сдвиг). Результирующее число складывается по модулю 2 с этим же числом, сдвинутым на два (2^1) разряда вправо, следующее сложение осуществляется с результатом, сдвинутым на четыре (2^2) разряда, на следующем шаге сложения сдвиг необходим на восемь (2^3) разрядов и т.д. Операции прекращаются, когда очередной сдвиг приводит к обнулению числа. Результат последнего сложения представляет собой искомое число в двоичном коде.

Формализовать правило перевода можно описанием: число в коде Грея складывают по модулю 2 с этим же числом, сдвинутым на один разряд вправо, следующую и дальнейшие операции проводят с результатом предыдущего сложения, при этом результирующее число складывают по модулю 2 с этим же числом, сдвинутым на количество разрядов, определяемое геометрической прогрессией 2^{n-1}, где n — номер операции сложения, операции прекращаются, когда очередной сдвиг приводит к обнулению числа [11].

Таким образом, в новом алгоритме число суммирований по модулю 2 до получения двоичного кода определяется показателем степени числа 2, которое, будучи возведённым в эту степень, даст число разрядов преобразуемого числа. Числа отличной от стандартной разрядности могут быть дополнены, при необходимости, нулями в старших разрядах до ближайшей из них.

Пример перевода 8-разрядного числа в коде Грея в двоичное число предлагаемым способом:

```
  10110011 — число в коде Грея
⊕ 1011001
  11101010
⊕  111010
  11010000
⊕    1101
  11011101 — число в двоичном коде.
```

Пример перевода 16-разрядного числа в коде Грея в двоичное число предлагаемым способом:

```
  1100101011001101 — число в коде Грея
⊕ 110010101100110
  1010111110101011
⊕  10101111101010
  1000010001000001
⊕    100001000100
  1000110000000101
⊕         10001100
  1000110010001001 — число в двоичном коде.
```

Обратное преобразование двоичного кода в код Грея осуществляется суммированием по модулю 2 данной комбинации с такой же, но сдвинутой вправо на один разряд. При сложении младший разряд второго слагаемого отбрасывается [9, 10]. Пользуясь этим правилом, осуществим проверку верности преобразования, проведённого с использованием нового способа, для 8-разрядного числа:

11011101 — число в двоичном коде
$\oplus$ 1101110
10110011 — число в коде Грея;

для 16-разрядного числа:

1000110010001001 — число в двоичном коде
$\oplus$ 100011001000100
1100101011001101 — число в коде Грея.

Проверка показывает правильность преобразования кода Грея в двоичный, выполненного с использованием нового способа в представленных примерах. Кроме этого, корректность работы предложенного алгоритма была проверена на всех комбинациях 8- и 16-разрядных чисел.

Практическим результатом применения нового способа является увеличение быстродействия преобразования чисел в коде Грея в двоичные числа благодаря уменьшению количества необходимых операций сложения по модулю 2. Так, для 4-разрядных чисел описанную процедуру необходимо проделать дважды, для 8-разрядных — в три сложения, для 16-разрядных — в четыре и т.д., чем больше разрядность чисел, тем эффективнее предлагаемый способ. Кроме того, отпадает необходимость в регистре хранения исходного числа в коде Грея и накоплении последовательно получаемых разрядов двоичного кода — после последнего сложения число в двоичном коде представлено целиком.

Предложенный алгоритм не требует создания циклической программы и может быть реализован на любом микропроцессоре с минимальными затратами времени. Аппаратное решение преобразователей, построенных на основе нового способа, может быть реализовано исключительно на элементах суммирования по модулю 2 и без организации тактирования схемы. В качестве элементов суммирования могут быть использованы любые схемы, реализующие функцию ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ—ИЛИ. Применение нового способа преобразования кода Грея в вычислительных и телеметрических системах повысит их быстродействие и обеспечит снижение необходимых элементных и мощностных ресурсов.

Работа поддержана грантом на НИР по заданию № 2014/66 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России.

Библиографические ссылки

1. **Савчук В.Л.** Электронные средства сбора, обработки и отображения информации: учеб. метод. пособие. Томск: ТУСУР, 2012. 82 с.

2. **Frank Gray.** Pulse Code Communication. U.S. Patent 2632058, filed 13 November 1947, issued 17 March, 1953.

3. **Зайцев В.Ф.** Кодирование информации в ЕС ЭВМ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1990. 144 с.

4. **Потёмкин И.С.** Функциональные узлы цифровой автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1988. 318 с.

5. **Жданкин В.К.** Абсолютные датчики углового положения с интерфейсом SSI // Электронные компоненты. 2004. № 8. С. 52 — 57.

6. **Курейчик В.М., Курейчик В.В., Гладков Л.А.** Генетические алгоритмы: учеб. пособ., 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 320 с.

7. **Dah-Jyh Guan.** Generalized Gray Codes with Applications. // Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A). 1998. Vol. 22, № 6. P. 841 — 848.

8. **Коженевский С.Р.** Взгляд на жесткий диск "изнутри". Основы хранения информации. Киев: ООО "ЕПОС", 2005. 72 с.

9. **Кнут Дональд Э.** Искусство программирования. Т. 4. Вып. 3. Генерация всех сочетаний и разбиений // Пер. с англ. М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2007. 208 с.

10. **Robert W. Doran.** The Gray Code. // Journal of Universal Computer Science. 2007. Vol. 13. № 11. P. 1573—1597.

11. **Чернядьев А.В.** Способ преобразования бинарного кода Грея в двоичный код. Патент России № 2557480C1. 2015. Бюл. № 20.

ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛОВ

Колёсный движитель с внутренним подрессориванием и его характеристики. *Вестник машиностроения.* 2015. № 10.

Предложена конструкция колеса с внутренним подрессориванием, повышающая плавность хода транспортного средства. Разработано оборудование для экспериментальных исследований колеса, представлены результаты исследований.

Методика оценки риска, возникающего при эксплуатации технологических систем. *Вестник машиностроения.* 2015. № 10.

Предложена методика оценки риска при эксплуатации технологических систем на основании теоретического распределения вероятности возможных отказов, вызывающих последствия различной тяжести.

Метод, алгоритм и программная реализация кинематического синтеза пространственного кривошипно-ползунного механизма на основе его передаточной функции. *Вестник машиностроения.* 2015. № 10.

Предложен новый метод кинематического синтеза пространственного рычажного механизма типа ВССП, в котором учитываются угол давления в механизме и отсутствие дефекта ветвления.

Распределение отклонений по режущим кромкам развёртки, создающих биение режущей части, и их влияние на отклонения размеров и формы обработанной поверхности. *Вестник машиностроения.* 2015. № 10.

Установлено, что основной причиной отклонений размеров и формы обработанной поверхности при развертывании является биение режущей части развёртки и распределение отклонений по зубьям развёртки, а также отклонение оси развёртки от оси обрабатываемого отверстия перед обработкой.

О совершенствовании технологического аудита предприятий ракетно-космической промышленности. *Вестник машиностроения.* 2015. № 10.

Рассматриваются вопросы технологического аудита на предприятиях ракетно-космической промышленности, выявлены недостатки и определены основные направления их устранения.

Компьютерная модель прогнозирования усадочных явлений на примере получения отливки из термопласта методом литья под давлением. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2015. № 10.

Приведена компьютерная модель для исследования усадочных явлений, происходящих в отливках из термопласта, полученных методом литья под давлением в стальной охлаждаемой пресс-форме. Выбран наиболее оптимальный режим получения отливки на термопластавтомате без возникновения усадочных дефектов.

Методика экспериментального исследования процесса волочения в режиме жидкостного трения. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2015. № 10.

Предложены методика проведения экспериментальных работ по исследованию процесса волочения проволоки в режиме жидкостного трения и методика оценки точности расчётного определения расхода смазки. Приведён расчёт погрешностей при экспериментальном определении расхода смазки.

Исследование неоднородности прессованной заготовки для производства сверхпроводниковых стрендов на основе ниобия и олова. *Заготовительные производства в машиностроении.* 2015. № 10.

Исследовано влияние структуры композиционного материала на закономерности, которым подчиняются распределения главных деформаций удлинения вдоль оси и в поперечном сечении пресс-остатка. Показано, что характер распределения этих деформаций такой же, как и для изделий из традиционных металлов и сплавов. Полученные результаты подтверждены измерениями микротвёрдости. Методом рентгеновской дифрактометрии установлено, что продольные остаточные напряжения в образце являются только сжимающими.

Азотирование деталей гибридного автомобиля через наноплёнки окислов металлов, обладающих полупроводниковыми свойствами. *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2015. № 10.

Представлена технология азотирования коррозионно-стойких и жаростойких ста-

лей, заключающаяся в нанесении наноплёнки окислов металлов с дальнейшим проведением процесса азотирования в аммиачно-воздушной среде, которая позволяет сократить длительность процесса в 4—5 раз по сравнению с классическим азотированием высоколегированных сталей. Приведены полученные микроструктуры и результаты исследования зависимостей изменения коэффициента трения от твёрдости поверхности изделия.

Интегральная микротвёрдость как эффективный параметр оценки поверхностного упрочнения. *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2015. № 10.

Показано на основе анализа экспериментальных данных износа резца из сталей ХВГ и У10, обработанного лазером с обмазками в режиме оплавления, существование корреляционной связи между введёнными параметрами. Представлено уравнение регрессии.

Разработка технологических установок для ультразвуковой очистки изделий автотракторной техники. *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2015. № 10.

Ультразвуковая очистка отличается высоким качеством и возможностью удаления любых типов загрязнений. Выбор оптимального способа ультразвуковой очистки зависит от характеристик загрязнения и требований к геометрии очищаемой поверхности. В лаборатории электрофизических методов обработки МАДИ разработан ряд установок для ультразвуковой очистки широкой номенклатуры деталей, применяемых в машиностроении.

Совершенствование технологического процесса получения клёпаных соединений. *Наукоёмкие технологии в машиностроении.* 2015. № 10.

Представлены основные виды заклёпочных соединений. Детально рассмотрен технологический процесс клёпки. Приведён анализ по совершенствованию технологического процесса клёпки с применением ультразвука.

Алгоритмизация и оптимизация процессов мониторинга беспроводной корпоративной сети, используемой в процессах сборки и проектирования деталей и узлов. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2015. № 10.

Изложена специфика беспроводной сети. Предложен новый алгоритм сканирования и мониторинга. Получены эффективные алгоритмы для достижения заданных параметров сети.

Схема комплектования при селективной сборке изделий типа "подшипник". *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2015. № 10.

Дано построение схемы комплектования как для линейной задачи сопряжения, так и для задачи сопряжения произвольного вида. Введено понятие приведённого сопрягаемого параметра. Приведён модельный пример.

Разработка сборных конструкций протяжного инструмента для скоростного протягивания хвостовиков лопаток компрессора из труднообрабатываемого материала. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2015. № 10.

Проведён анализ состояния и проблемы протягивания лопаток компрессоров в России и за рубежом. Рассмотрены нагрузки, которые испытывает режущая пластина при работе. Произведён подбор режущих пластин из каталога "Sandvik" для обработки титана и жаропрочных сталей с учётом действующих сил.

Обеспечение взаимозаменяемости при сборке изделий из маложёстких деталей за счёт стеснённого изгиба эластомером. *Сборка в машиностроении, приборостроении.* 2015. № 10.

Изложены результаты исследований, посвящённых обеспечению взаимозаменяемости маложёстких деталей, изготавливаемых из листовых полуфабрикатов изгибом с наложением всестороннего сжатия, разработана методика проектирования техпроцесса и технологического оснащения.

Разработка модели способа обработки тяжелонагруженных поверхностей деталей машин. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2015. № 10.

Представлена модель способа обработки тяжелонагруженных поверхностей деталей машин, в которой учитываются характеристики процесса обработки и качества поверхности деталей, а также явления, сопровождающие процесс обработки. Выполнена количественная оценка исследуемых факторов, составлена структурная схема обработки детали.

Улучшение эксплуатационных характеристик деталей поверхностным модифицированием методом плакирования гибким инструментом. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2015. № 10.

Приведены результаты использования технологии плакирования гибким инструментом для поверхностного модифицирования деталей металлорежущих станков, технологического

оборудования и инструмента: направляющих скольжения, зубчатых передач, деталей прокатного оборудования, кузнечно-прессовой оснастки. Показано, что модифицирование рабочих поверхностей плакированием гибким инструментом позволяет снизить коэффициент трения скольжения в сопряжениях, повысить износостойкость, снизить уровень шума, генерируемого при работе зубчатых механизмов, повысить стойкость оснастки, что в совокупности позволяет существенно повысить долговечность используемого оборудования.

Моделирование комплекса легирования стали при цементации, влияющей на образование карбидной фазы. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2015. № 10.

На серии модельных сталей с хромом и марганцем статистическим методом определён наиболее рациональный комплекс легирования (2,5...4,0 % хрома, 1,5...2,5 % марганца) аустенита в целях получения наилучшего сочетания глубины слоя карбидных частиц и их размеров. Проведён анализ математической модели легирования стали сопоставлением результатов расчёта с экспериментальными данными.

Технология ремонта корпуса дифференциала автоматической коробки перемены передач переднеприводного автомобиля с применением полимерных композиционных материалов. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2015. № 10.

Представлена технология ремонта корпуса дифференциала автоматической коробки перемены передач переднеприводного автомобиля с применением самосмазывающихся эпоксидофторопластов, получаемых способом центробежного формирования.

Теоретико-экспериментальное исследование охватывающего поверхностного пластического деформирования в условиях противодавления металлоплакирующих смазочных материалов. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2015. № 10.

Проведены теоретические сравнительные исследования охватывающего поверхностного пластического деформирования (ОППД) инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности в условиях самовозбуждающегося противодавления инновационных металлоплакирующих смазок, реализующих фундаментальное научное открытие «эффект безызносности при трении Гаркунова—Крагельского». С учётом параметров очага деформации и эффекта избирательного переноса при трении уточнена и адаптирована формула А.Л. Воронцова для прогнозирования удельного усилия ОППД. Проведено моделирование ОППД в программном комплексе QForm 3D.

Восстановление деталей почвообрабатывающих машин абразивостойким дисперсионно-упрочнённым композитом на основе эпоксидной смолы. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2015. № 10.

Разработаны состав клееполимерного дисперсно-упрочнённого абразивостойкого композита и технология устранения сложнопрофильных износов и сквозных протираний лемехов, отвалов, стрельчатых культиваторных лап отечественного и импортного производства.

Оптимизация энергетического комплекса газоперерабатывающих предприятий. *Авто Газо Заправочный Комплекс.* 2015. № 10.

Предложена методика оптимизации топливной системы энергетического комплекса газоперерабатывающих предприятий, включающая разработку рационального топливно-энергетического баланса. Приведены примеры управления режимами топливопотребления в зависимости от технологических факторов и технические решения по созданию эффективных топливных систем.

Газовые двигатели с искровым зажиганием и газотурбинным наддувом. *Авто Газо Заправочный Комплекс.* 2015. № 10.

Применение газотурбинного наддува в газовых двигателях с искровым зажиганием позволяет при снижении степени сжатия на 2—3 единицы увеличить мощность на 40—60 % при незначительном понижении экономичности. Получена эмпирическая формула для определения допустимой степени сжатия газового двигателя.

Влияние характеристики выделения энергии искрового разряда системы зажигания на показатели газового двигателя. *Авто Газо Заправочный Комплекс.* 2015. № 10.

В статье приведены результаты моторных испытаний газового двигателя с экспериментальной конденсаторно-транзисторной системой зажигания, реализующей различные характеристики выделения энергии индуктивной фазы искрового разряда. Даны рекомендации по выбору характеристики выделения энергии индуктивной фазы искрового разряда для существующих и вновь разрабатываемых систем зажигания газовых двигателей.

Об использовании альтернативных топлив в ДВС сельскохозяйственного назначения. *Авто Газо Заправочный Комплекс.* 2015. № 10.

В статье рассматривается возможность использования альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания сельскохозяйственного назначения. Анализируются возможные ресурсы различных видов отходов растениеводства, их основные свойства, а также способы подготовки и использования в ДВС, возможные показатели двигателей при работе на этих топливах.

Расчётные исследования автомобильного двигателя на режимах испытательных циклов. *Автомобильная промышленность.* 2015. № 10.

Приведены результаты расчётных исследований энергетического баланса силовой установки автомобиля при его движении в соответствии с испытательными циклами EUDC и HWFET.

Динамическая модель гидропневмоаккумулятора гидромеханической системы. *Автомобильная промышленность.* 2015. № 10.

Приводится технология расчёта динамических режимов работы аккумуляторов гидравлических систем.

Интегрированный стартер-генератор для энергоэффективных транспортных средств. *Автомобильная промышленность.* 2015. № 10.

Рассмотрена концепция объединения в одном силовом агрегате автомобиля функций стартера и генератора.

Новое уравнение движения, тяговый расчёт, определение площади фронтального сечения и высоты центра парусности автомобиля. *Автомобильная промышленность.* 2015. № 10.

Приведены новое уравнение движения автомобиля и формулы для определения мощности двигателя, необходимой для достижения им заданной скорости. Впервые получены также формулы для определения площади фронтального (поперечного) сечения и высоты центра парусности автомобиля. Приведён пример расчёта и оценка результатов.

Снижение расхода топлива автотракторными ДВС приёмами механохимии. *Автомобильная промышленность.* 2015. № 10.

Изложены версии процессов механохимической активации моторных топлив, приводящих к уменьшению их расхода в двигателях внутреннего сгорания. Приведены результаты эксплуатационных испытаний активатора на автомобилях с бензиновыми и дизельными двигателями, а одного из них — в стендовых условиях при работе дизеля ЯМЗ-236 на холостом ходу.

Относительные угловые перемещения валов — критерий оценки технического состояния зубчатых передач трансмиссий. *Автомобильная промышленность.* 2015. № 10.

Рассмотрен метод оценки технического состояния зубчатых колес трансмиссий, основанный на отслеживании относительных угловых перемещений ведущего и ведомого валов.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению статей, присылаемых для публикации можно найти на сайте www.mashin.ru