

# Автоматизация и Современные Технологии

---

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор

В.Л. Белоусов – д.э.н., проф., МГУПИ

РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ:

Бучаченко А.Л. – д.х.н., проф., ИПХФ РАН

Гусев А.А. – д.т.н., проф., МГТУ "СТАНКИН"

Дегтярев Ю.И. – д.т.н., проф., МАИ

Елисеев В.А. – д.т.н., Ин-т Инновац.-технологич.  
менеджмента

Иванов А.П. – д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)

Мальцева С.В. – д.т.н., проф., НИУ ВШЭ

Нефедов Е.И. – д.ф.-м.н., ИРЭ РАН

Шебалин И.Ю. – к.ф.-м.н.,  
ООО "Изд-во Машиностроение"  
(заместитель главного редактора)

Янович Е.Л. – д.э.н., проф., Кошалинский поли-  
технич. ин-т (Польша)

РЕДАКЦИЯ:

Шебалин И.Ю. – зам. главного редактора

Осипова В.Г. – научный редактор

Богус С.В. – секретарь

*Адрес редакции:*

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 748 0290,

E-mail: [ast@mashin.ru](mailto:ast@mashin.ru); <http://www.mashin.ru>

4

2014

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ  
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

---

Журнал зарегистрирован 9 апреля 1999 г.  
за № 018684 в Комитете  
Российской Федерации по печати

---

Журнал входит в перечень  
утверждённых ВАК РФ изданий  
для публикации трудов соискателей  
учёных степеней

---

ООО "Издательство Машиностроение"

*Адрес издательства:*

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 268 3858,

факс: (499) 269 4897

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Марковцева В.В., Филимонов В.И., Илюшкин М.В.,  
Баранов А.С. Об особенностях формовки в роликах  
Т-образного профиля с покрытием . . . . . 3

Мишин А.В., Сорокин П.А. Нейросетевой алгоритм  
системы автоматического контроля устойчивости ба-  
шенных кранов . . . . . 7

Бржозовский Б.М., Мартынов В.В., Зинина Е.П.,  
Плешакова Е.С. Оценивание состояния модифициро-  
ванного режущего инструмента по параметрам де-  
фектов рабочей части . . . . . 12

Дьяков И.Ф., Моисеев Ю.В. Активное измерение  
диаметров деталей при механической обработке . 17

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курнасов Е.В. Метод ситуативного изменения пове-  
дения объектов АСУТП в пользовательских интер-  
фейсах SCADA-систем . . . . . 20

Микаева С.А., Микаева А.С., Железникова О.Е.,  
Прытков С.В. Устройство для измерения простран-  
ственных характеристик источников света . . . . . 29

Соколов А.В. Подход к оценке релевантности и ре-  
зультативности поиска нечёткой и различно структу-  
рированной фактографической информации . . . . . 33

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Иноземцев А.Н., Троицкий Д.И. Исследование кон-  
фликтов профессиональных интересов в ходе подго-  
товки производства . . . . . 40

### ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов . . . . . 46

## CONTENTS

### AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Markovtseva V.V., Filimonov V.I., Ilyushkin M.V.,  
Baranov A.S. On the roll-forming features of T-shaped  
profile with coating . . . . . 3

Mishin A.V., Sorokin P.A. The neural network algorithm  
of the automatic control system for column cranes  
stability . . . . . 7

Brzhozovsky B.M., Martynov V.V., Zinina E.P., Plesha-  
kova E.S. The modified cutting tool state estimation  
based on the working part defect parameters . . . . . 12

Dyakov I.F., Moiseev Yu.V. Workpiece diameter active  
measurement during machining . . . . . 17

### MODERN TECHNOLOGIES

Kurnasov E.V. Situational change method of the APCS  
objects behavior in the user SCADA systems inter-  
faces . . . . . 20

Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E.,  
Prytkov S.V. The device for measurement of light  
sources spatial characteristics . . . . . 29

Sokolov A.V. Approach to an assessment of the search  
relevance and effectiveness of the fuzzy and variously  
structured factual information . . . . . 33

### ECONOMIC AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITY

Inosemtsev A.N., Troitsky D.I. Research of the profes-  
sional interest conflicts in the production preparation . . . . . 40

### SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review . . . . . 46

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 факсу: (499) 269 4897, по e-mail: realiz@mashin.ru,  
на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru) (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места);  
телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298

Сдано в набор 03.02.14. Подписано в печать 24.03.14.  
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ.л. 5,88. Цена свободная

Отпечатано в ООО "Белый ветер"  
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

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



УДК 621.981

**В.В. Марковцева, В.И. Филимонов**, д-р техн. наук, проф.  
(Ульяновский государственный технический университет),  
**М.В. Илюшкин**, канд. техн. наук, **А.С. Баранов** (ОАО "Ульяновский НИАТ")

fwiumz@mail.ru

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМОВКИ В РОЛИКАХ Т-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЯ С ПОКРЫТИЕМ

*Описывается конечно-элементное моделирование, использование которого позволило устранить дефекты формообразования Т-образного профиля – нарушение покрытия, разрушение заготовки, заусенец на отбортовке и раскрытие профиля. Технология, разработанная на основе метода интенсивного деформирования, внедрена в строительной промышленности.*

**Ключевые слова:** профилирование, Т-образный профиль, заусенец, разрушение заготовки, нарушение покрытия.

*The final and element modeling which use allowed to eliminate of the T-shaped profile forming defects – coating damage, blank destruction, flange burr and profile opening is described. The technology developed on the basis of a method of intensive deformation, is introduced in building industry.*

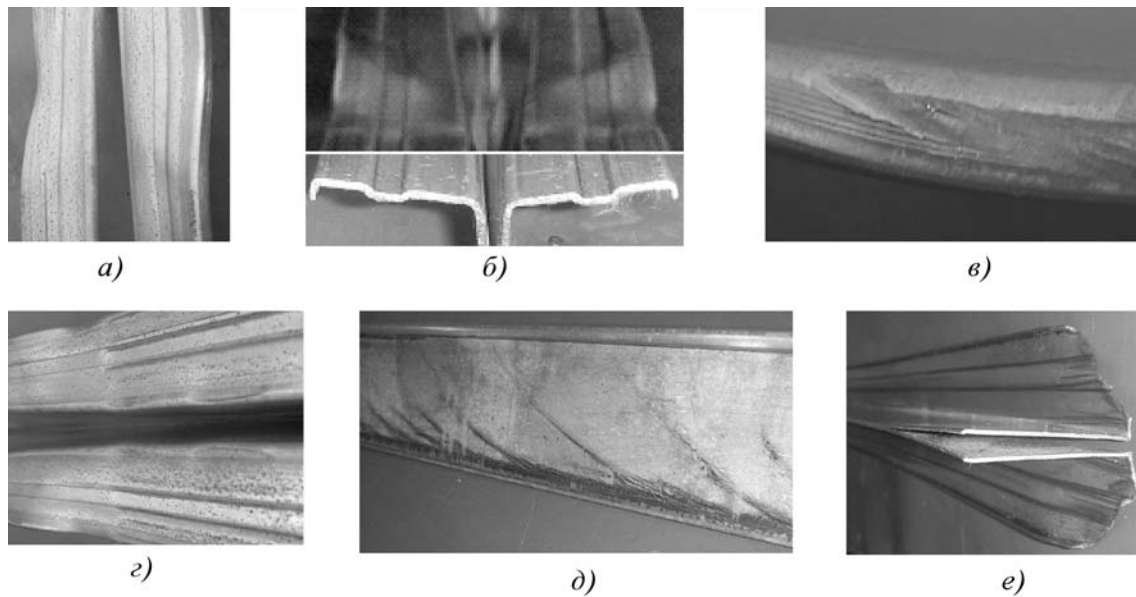
**Key words:** profiling, T-shaped profile, burr, blank destruction, coating damage.

В последнее десятилетие достаточно широкое распространение получил метод интенсивного деформирования [1], применяемый для формовки многоэлементных гнутых профилей в профилировочных машинах. Этот метод позволяет минимизировать число переходов и применять компактное профилировочное оборудование для мелкосерийного производства гнутых профилей, в частности Т-образного профиля 80×50×1,2 мм для крепления утеплителя вентилируемых фасадов. Материал заготовки профиля – низкоуглеродистая сталь. Указанный профиль содержит следующие конструктивные элементы жёсткости: отбортовки и продольные рифты на горизонтальных полках, элемент двойной толщины, представляющий собой вертикальную стенку.

Разработка технологии производства этого профиля за ограниченное число переходов вызывает определённые трудности, связанные с возникновением ряда дефектов, обусловленных конструкцией профиля. Во-первых, значительная ширина горизонтальных полок с продольными рифтами существенно повышает общую жёсткость подгибаемых элементов, что приводит к изгибу, излому и закусыванию периферийных участков заготовки. Во-вторых, рифты на горизонтальных полках и сравнительно высокая стенка (вертикальный эле-

мент двойной толщины) приводят к градиенту перемещений по высоте профиля и локальному выпучиванию элементов горизонтальных полок и вертикальной стенки, что проявляется в возникновении линий Чернова–Людерса с нарушением покрытия. В-третьих, малые радиусы изгиба, особенно у вершины элемента двойной толщины, при жёсткой схеме формовки приводят к разрушению профиля. В-четвёртых, существенное упрочнение металла у вершины элемента двойной толщины вызывает значительное упругое пружинение. Указанные дефекты (рис. 1) выявлены при отработке технологии, предусматривающей формовку профиля только в горизонтальных роликах за 8 технологических переходов. При этом продольные рифты горизонтальных полок формовали в первом переходе.

Предотвращение указанных дефектов можно обеспечить на основе моделирования процесса формообразования и определения основных параметров напряжённо-деформированного состояния заготовки для выработки приемлемых технологических режимов. Однако моделирование процесса формоизменения заготовки на основе моделей механики деформируемого твёрдого тела с получением решений в аналитическом виде вызывает существенные трудности из-за взаимосвязи многих па-



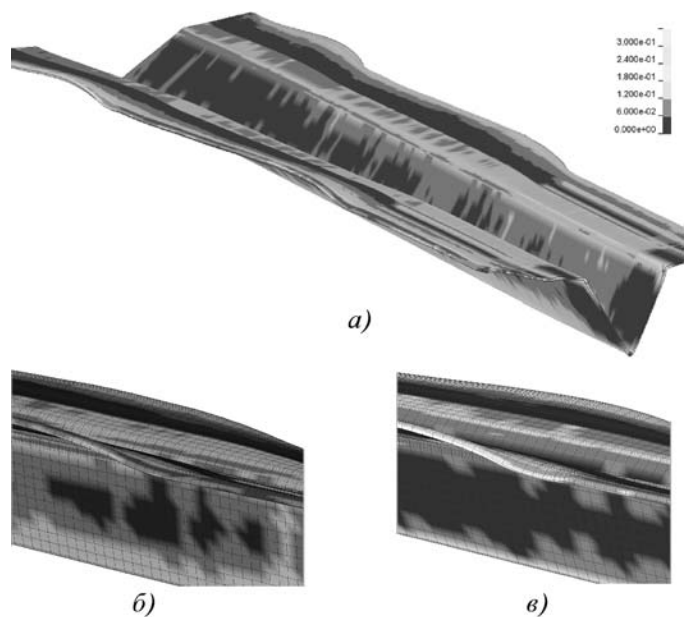
**Рис. 1. Дефекты заготовки Т-образного профиля при её формовке:**

*a* – изгиб полок; *б* – излом полок и раскрытие (внизу); *в* – закусывание полки; *г* – локальное выпучивание горизонтальных полок; *д* – линии Чернова–Людерса и нарушение покрытия; *е* – разрушение заготовки

раметров. Поэтому было применено конечно-элементное моделирование процесса с использованием модуля LS-dyna прикладной программы ANSYS. При этом предусматривалась возможность применения межклетевых проводок. Анализ предварительных экспериментов выявил необходимость переноса формовки продольных рифтов с первого перехода на второй и третий переходы. Твердотельная модель была построена в программе Solid Works, используемой в качестве препроцессора. Параметры моделирования следующие: тип элемента – Shell 163 с односторонней редуцированной схемой интегрирования по плоскости с контролем Hourglass 4, модель материала для профиля – билинейная изотропная модель (\*MAT\_PLASTIC\_KINEMATIC), для роликов – инструментальная сталь У8. Ролики задавались как абсолютно жесткие тела, конечно-элементная сетка задавалась только на их поверхности. Вид контакта заготовки и формирующих роликов задавался в форме FSTS (Forming surface-to-surface contact), а заготовки и межклетевых проводок – в форме ASTS (Automatic surface-to-surface contact). Обработку результатов моделирования проводили с помощью встроенного в программу постпроцессора.

На рис. 2 представлено распределение внутренних напряжений по von Mises для некоторых характерных переходов, откуда видно значительное нагружение периферийных областей заготовки.

Продольные деформации в крайних точках элемента двойной толщины представлены на рис. 3, где видно, что у основания элемента двойной толщины деформации лежат в пластической зоне, а у вершины – в упругой. Это означает, что продольные деформации стенки могут достигать предела



**Рис. 2. Результаты моделирования процесса с помощью программы LS-dyna:**

тёмные участки соответствуют низкому уровню напряжений; светлые – высокому: *a* – 3-й и 4-й переходы; *б* – 5-й переход; *в* – 7-й переход

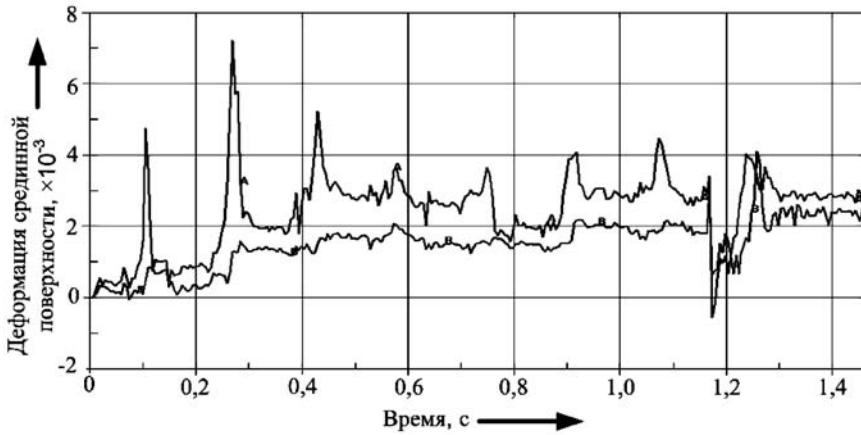


Рис. 3. Продольные деформации срединной поверхности заготовки у основания элемента двойной толщины (верхняя осциллограмма) и у его вершины (нижняя осциллограмма) как функции времени

текучести. Следовательно, появляется градиент перемещений по высоте стенки, который может приводить к её локальному выпучиванию, повышающему уровень контактных напряжений, а также к появлению следов деформаций сдвига (линий Чернова–Людерса).

Этот результат даёт возможность оценки контактных напряжений, которую можно произвести из следующих соображений. Обозначим ширину горизонтальной полки с рифтом и ширину несущей полки (переходящей в вертикальную стенку при деформировании)  $b_r$  и  $b_b$  соответственно. Ввиду значительной жёсткости подгибаемых полок зона плавного перехода простирается практически на всю длину  $L_m$  межклетьевого расстояния профилировочного станка. Тогда изгибающий момент, приложенный к стенке, можно вычислить по следующей формуле:

$$M \geq W \sigma_T, \tag{1}$$

где  $M$  – изгибающий момент, Н·м;  $W$  – момент сопротивления поперечного сечения горизонтальной полки, мм<sup>3</sup>;  $\sigma_T$  – предел текучести, МПа.

Момент сопротивления  $W$  приближённо можно вычислить по формуле:

$$W \approx \frac{s}{b_r} \int_0^{b_r} \rho^2 d\rho, \tag{2}$$

где  $s$  – толщина заготовки, мм;  $\rho$  – переменная интегрирования, мм.

Формула (2) учитывает жёсткость только горизонтальной полки, что обусловило выбор знаков

соотношений (1) и (2). Это означает, что реальный момент изгибающей силы и момент сопротивления сечения подгибаемых полок будут несколько больше расчётных. Однако для нас важно получить оценку контактных напряжений на несущей полке (стенке). Если в качестве схемы деформирования заготовки в межклетьевом пространстве принять модель консольной балки, закреплённой в предшествующей паре формирующих роликов, то можно также определить действующую силу  $F$ . Следует отметить, что боковые воздействия на участки отбортовки следует исключить, поскольку это приводит к дефектам, представленным на рис. 1, *a–в*. Фактически это выполняется за счёт размерных параметров калибра и образованием участка высвобождения под горизонтальную полку. Поэтому можно считать, что сила подгибки  $F$  прикладывается только к стенке и определяется следующим соотношением:

$$F = \frac{M}{L_m}. \tag{3}$$

Тогда контактное напряжение между заготовкой и инструментом на уровне осевой плоскости роликового калибра можно определить зависимостью:

$$\sigma_c = \frac{F}{b_b \eta}, \tag{4}$$

где  $\eta$  – ширина контактной зоны, мм [1].

Расчёт по формулам (1)–(4) даёт нижнюю границу контактного напряжения в 16 МПа при равномерном распределении силы по ширине стенки. Однако в работе [2] показано, что действие подгибающей полку силы локализуется преимущественно на участке  $0,3 b_r$  от вершины элемента двойной толщины, причём максимальное значение погонной силы может в несколько раз превышать значение силы подгибки. При выпучивании стенки значительные контактные напряжения вызывают нарушение покрытия, образующее картину, показанную на рис. 1, *д*.

У вершины элемента двойной толщины область нарушения покрытия сплошная, что свидетельст-

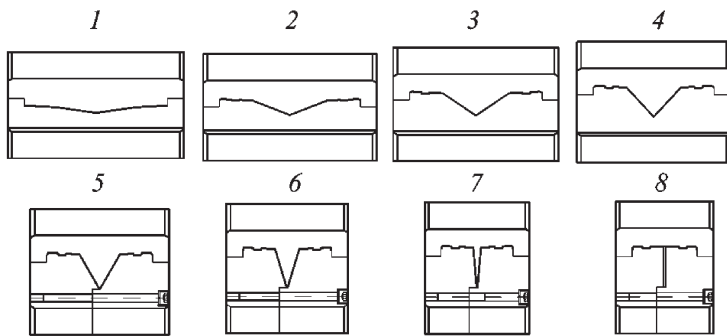


Рис. 4. Технологическое оснащение для изготовления Т-образного профиля:

1–8 – номера технологических переходов

вует о ещё большем уровне контактных напряжений, который можно оценить, исходя из условия сжатия элемента двойной толщины рабочими поверхностями нижнего ролика. При малом значении внутреннего радиуса изгиба ( $r = (0,1 \dots 0,3) s$ ) ширина контактной зоны  $\xi$  имеет размер порядка толщины заготовки  $s$ . Силу сжатия  $F_p$  можно найти из равенства моментов внутренних и внешних сил:

$$F_p = \frac{m \eta}{r}, \quad (5)$$

где  $m$  – единичный момент внутренних сил, Н.

Используя определение напряжений и единичного момента, а также формулу (5), вычислим контактное напряжение следующим образом:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_T s}{4r} \approx (2,5 \dots 1,2) \sigma_T, \quad (6)$$

где  $\sigma_p$  – контактное напряжение у вершины элемента двойной толщины, МПа.

Зависимость (6) показывает, что контактные напряжения у вершины элемента двойной толщины превышают предел текучести, и возникает высокая степень вероятности нарушения покрытия. Для предотвращения нарушения покрытия стенки профиля следует разгрузить нижний участок от внешней нагрузки и заменить трение скольжения в центральной части стенки на трение качения. Это можно сделать за счёт применения межклетевой проводки с коническими роликами на вертикальных осях. При этом следует предусмотреть удерживающий верхний ролик, поскольку при сжатии стенок возникает вертикальная составляющая равнодействующей силы, которая выталкивает профиль из зева вертикальных роликов и вызывает изгиб профиля в межклетевом пространстве. Ис-

пользование вертикальных роликов позволяет также разгрузить наружные слои зоны изгиба от дополнительных растягивающих напряжений, возникающих из-за удержания участков материала, примыкающих к зоне изгиба, силами трения скольжения в калибре горизонтальных роликов. Соответственно, уменьшается степень упрочнения материала наружных слоёв зоны изгиба, а следовательно, пружинение заготовки.

На основе исследований была скорректирована схема формообразования профиля, разработаны и изготовлены комплекты горизонтальных формующих роликов (рис. 4), а также межклетевая проводка (рис. 5). Следует обратить внимание на то, что нижние горизонтальные ролики четырёх последних пар выполнены сборными в связи с ограниченным доступом режущего инструмента (при механической обработке) к рабочим поверхностям, которые формируют элемент двойной толщины (стенку). Проектные процедуры разработки оснастки для реализации технологии производства Т-образного профиля полностью основаны на использовании метода интенсивного деформирования [3].

Действие межклетевых проводок (см. рис. 5) позволяет предотвратить возникновение дефектов, показанных на рис. 1. Устранено раскрытие элемента двойной толщины вследствие пружинения (рис. 6, а), нарушение покрытия на стенке (рис. 6, б), разрушение профиля по зоне изгиба элемента двойной толщины; отсутствует потеря устой-

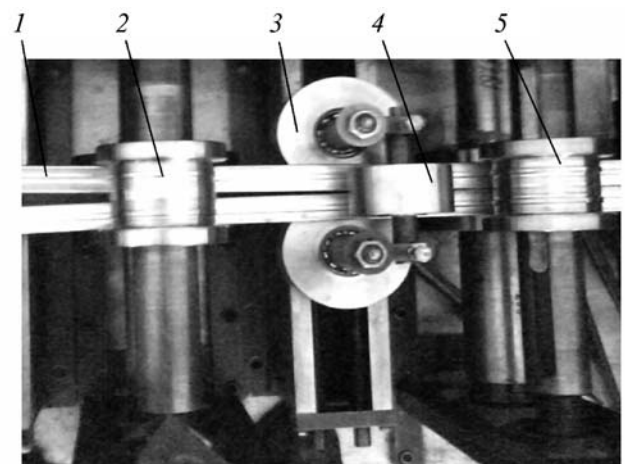
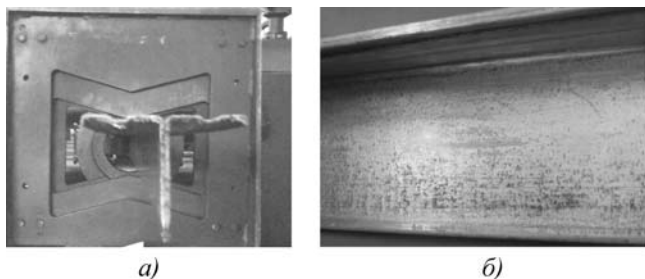


Рис. 5. Применение межклетевой проводки для формообразования профиля:

1 – заготовка; 2, 5 – предшествующая и последующая пары горизонтальных роликов; 3, 4 – вертикальный и горизонтальный ролики межклетевой проводки соответственно



**Рис. 6. Готовый профиль без дефектов:**

*a* – торец профиля, выходящего из правильного устройства; *б* – стенка профиля без следов нарушения покрытия

чивости подгибаемых элементов; предотвращается появление заусенцев и смятие периферийных участков заготовки. Параметры готового профиля удовлетворяют требованиям чертежа. Разработанная технология внедрена на производственной базе заказчика и успешно эксплуатируется в настоящее время.

Таким образом, сочетание конечно-элементного моделирования и экспериментальной отработки технологии позволило реализовать промышленную технологию производства профиля уплотнения вентилируемых фасадов на восьмиклетьевом станке ГПС-350М8, в то время как зарубежный опыт показывает, что для производства того же профиля с применением межклетьевых проводок скольжения требуется не менее 12 переходов.

#### *Библиографические ссылки*

1. Мищенко О.В., Филимонов В.И. Производство гнутых профилей с отбортовками в роликах методом интенсивного деформирования. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2011. 122 с.
2. Лапин В.В., Филимонов В.И., Филимонов С.В. Износ нижних формующих роликов при интенсивном формообразовании гнутых профилей // Производство проката. 2012. № 2. С. 21–26.
3. Филимонов С.В., Филимонов В.И. Интенсивное формообразование гнутых профилей. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2008. 444 с.

УДК 621.873.25

**А.В. Мишин, П.А. Сорокин**, д-р техн. наук, проф.  
(Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ))

alexeymishin89@gmail.ru

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ БАШЕННЫХ КРАНОВ**

*Рассмотрена нейросетевая модель для контроля устойчивого положения башенных кранов при воздействии экстремальных ветровых нагрузок.*

**Ключевые слова:** башенный кран, ветровые нагрузки, устойчивость от опрокидывания, искусственные нейронные сети, система управления.

*The neural network model for control of the column cranes stability under the influence of the extreme wind loading is considered.*

**Key words:** column crane, wind loading, the overturning stability, artificial neural network, control system.

Ежегодно в Российской Федерации происходят 30–50 аварий башенных кранов, 15–20 % из которых случаются из-за экстремальных ветровых нагрузок [1].

Воздействие ветровой нагрузки на башенные краны считается статическим с учётом коэффициента покрытия возможных пульсаций скорости ветра [2, 3]. При внезапном мгновенном усилении скорости ветра возможны порывы, значения кото-

рых превышают допустимые. То же самое наблюдается при экстремальных шквалистых ветровых воздействиях. Поэтому для сохранения устойчивого положения башенных кранов недостаточно учитывать введённый коэффициент. Переходный период от установившейся скорости ветра к резкому её изменению характеризуется импульсным воздействием с определённой повторяемостью возникновения. По статистике [1], экстремальные

воздействия ветра не исключаются. В работе [4] описана тенденция к росту средней скорости ветра в конкретном ветровом районе. Исходя из этого, если в нормах будут учтены увеличенные средние скорости, проблема воздействия порывистых и шквалистых ветров остаётся.

Известно, что кран в рабочем состоянии более чувствителен к ветровым воздействиям, чем в нерабочем. Поэтому вопрос сохранения устойчивого положения башенных кранов в рабочем состоянии при силовом ветровом возбуждении остаётся нерешённым. Необходимым условием сохранения безопасности является обеспечение динамической устойчивости башенных кранов при действии на него недопустимо высоких по скорости, продолжительности и частоте следования ветровых порывов с учётом их направлений.

Потеря динамической устойчивости башенных кранов возможна при приложении импульсной ветровой нагрузки. В этом случае к опрокидывающим моментам [3] добавляется момент от ветровой нагрузки, максимальная величина которой в несколько раз превышает её среднее значение.

Цель работы – это разработка способа обеспечения устойчивости башенных кранов от опрокидывания при воздействии динамических ветровых нагрузок.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать алгоритм обеспечения динамической устойчивости башенных кранов при порывистом и шквалистом ветрах.

Новизна заключается в учёте случайного характера ветровых нагрузок при разработке системы безопасности башенных кранов.

Актуальность заключается в разработке системы автоматического интеллектуального управления, которая интегрируется в существующую систему управления башенного крана, и является системой предупреждения о возникновении опасных ветровых нагрузок [5–7]. Для обеспечения устойчивости башенных кранов в алгоритме управления необходимо использовать идею прогнозирования ветровых нагрузок. В качестве аппарата реализации прогнозирования выбраны искусственные нейронные сети (ИНС).

ИНС – математическая модель, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей [8].

ИНС для прогнозирования представляет собой нелинейную авторегрессионную модель вида:

$$x_{\text{пр}}(t) = f(x(t - \Delta), \dots, x(t - N\Delta)),$$

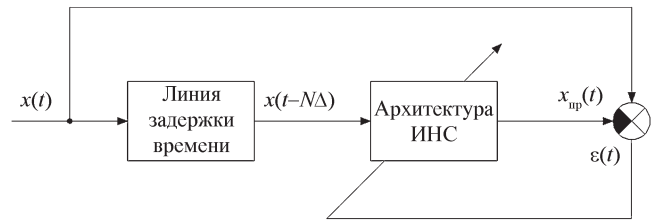


Рис. 1. Структурная схема искусственной нейронной сети прогнозирования

где  $x_{\text{пр}}(t)$  – прогнозируемое значение;  $x(t - \Delta), \dots, x(t - N\Delta)$  – предшествующие значения, измеренные с шагом  $\Delta$  (шаг дискретизации регистрируемых значений);  $N$  – порядок линии задержки времени.

Прогнозирование реализуется на основе ИНС с памятью, в качестве которой выступает линия задержки времени.

Структурная схема ИНС прогнозирования представлена на рис. 1.

Предложен способ стабилизации положения башенных кранов, основу которого составляет алгоритм прогнозирования опасного нарастания скорости ветра и его направления. Идея заключается в сборе текущей информации о скоростях и направлениях ветра, получаемой с датчиков скорости и направления ветра, её обработки, прогнозировании скорости и направления ветра в следующий момент времени. При прогнозе недопустимо высокой скорости в порыве или тенденции к дальнейшему росту скорости ветра, возможно заранее автоматически обеспечить поворот стрелы или башни и стрелы (в зависимости от конструкции башенного крана) "по ветру" до возникновения критического момента от ветровой нагрузки и заблаговременно принять меры к эвакуации машиниста.

Достаточным условием безопасности является выдача системой управления прогностического сигнала управления для начала срабатывания привода поворота до возникновения критического опрокидывающего момента. За счёт этого при повороте наветренная площадь башенного крана уменьшается, что снижает давление от ветровой нагрузки, которая будет действовать в следующие моменты времени.

Система нейросетевого прогнозирования интегрируется в существующую систему управления с помощью дополнительного оснащения программируемого логического контроллера (ПЛК) платой расширения с нейросетевым алгоритмом. Требуемые датчики для работы системы имеются в существующем ограничителе грузоподъёмности



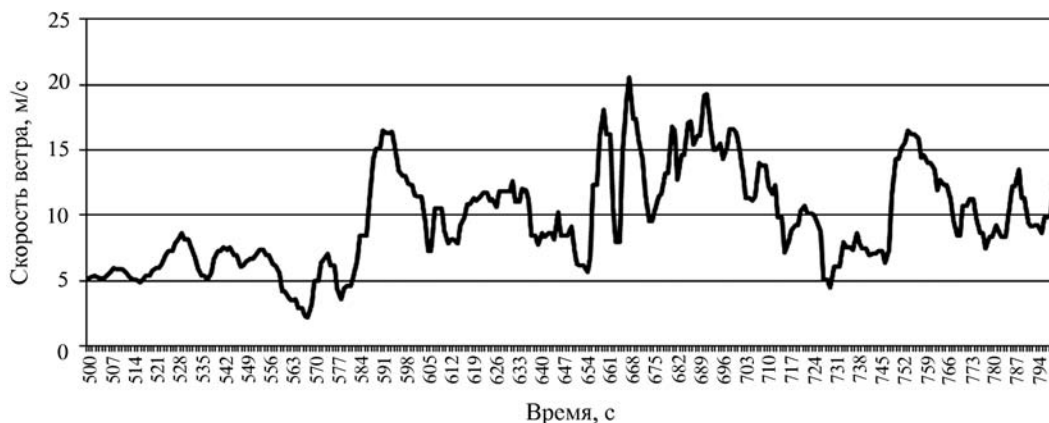


Рис. 2. Фрагмент процесса изменения скорости ветра

ОНК160Б (датчики скорости ветра, положения стрелы, высоты подъёма, вылета грузовой тележки). Дополнительно башенный кран необходимо оснастить датчиком направления ветра.

Программа, реализующая нейросетевую модель, записывается в память платы расширения. В алгоритме ПЛК предусмотрена блокировка, исключающая возможный удар крюковой подвески о возводимый объект при экстренном повороте стрелы (башни и стрелы).

Отметим, что за функцию прогнозирования порыва ветра и его направления отвечает нейросетевой алгоритм в плате расширения, а за управление приводом поворота – ПЛК.

На основе натуральных экспериментов, проведённых на высотной метеорологической мачте ВММ-310, получены данные об изменении параметров ветра (скоростей и направлений). Данные регистрировались с частотой дискретизации 1 Гц.

На рис. 2, 3 изображены фрагменты реализации скорости и направления ветра. Зарегистрирован-

ные данные являются основой для моделирования ИНС прогнозирования скорости, направления ветра и выявления порывов.

Для прогнозирования используем ИНС прямого распространения с линией задержки [8, 9].

Серия вычислительных экспериментов основана на итерационном имитационном моделировании ИНС в программном комплексе MATLAB. Результаты моделирования для реализаций представлены на рис. 4, 5 и в табл. 1, 2.

Для контроля качества работы ИНС используют критерий минимума среднеквадратической ошибки и регрессионный анализ.

Стоит отметить, что характер ветра неодинаков по всем ветровым районам РФ [2], поэтому для лучшей работы ИНС её необходимо адаптировать для конкретных ветровых условий. Также для работы в реальных условиях ИНС необходимо придать завышенную по мощности архитектуру, так как в процессе работы башенного крана ИНС будет пополняться новыми показаниями. В процессе

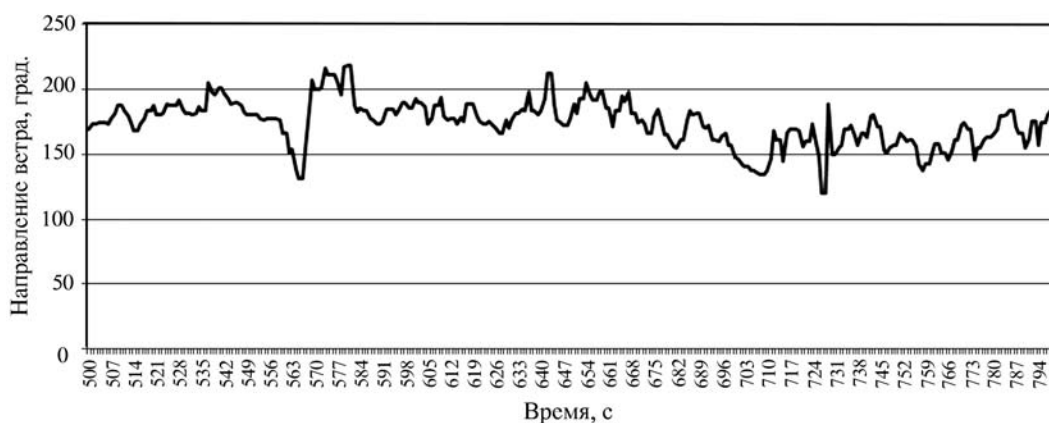


Рис. 3. Фрагмент процесса изменения направления ветра



Рис. 4. Результат прогнозирования скорости ветра (фрагмент)



Рис. 5. Результат прогнозирования направления ветра (фрагмент)

Таблица 1

Результат работы ИНС для прогноза скорости ветра

Критерий качества	Тип данных	Значение критерия
Среднеквадратическая ошибка, м/с	Обучающее подмножество	0,025
	Контрольное подмножество	0,027
	Тестовое подмножество	0,029
Уравнение регрессии (коэффициент детерминации)	Обучающее подмножество	$v_{пр} = 0,97 v_{ист} + 0,0046$ (0,987)
	Контрольное подмножество	$v_{пр} = 0,96 v_{ист} + 0,0056$ (0,986)
	Тестовое подмножество	$v_{пр} = 0,98 v_{ист} + 0,0039$ (0,983)
	Всё множество	$v_{пр} = 0,97 v_{ист} + 0,0046$ (0,986)

Примечание.  $v_{пр}$  – прогнозируемое значение скорости ветра;  $v_{ист}$  – истинное значение скорости ветра

Таблица 2

## Результат работы ИНС для прогноза направления ветра

Критерий качества	Тип данных	Значение критерия
Среднеквадратическая ошибка, °	Обучающее подмножество	0,029
	Контрольное подмножество	0,03
	Тестовое подмножество	0,028
Уравнение регрессии (коэффициент детерминации)	Обучающее подмножество	$\varphi_{\text{пр}} = 0,96 \varphi_{\text{ист}} + 0,023$ (0,979)
	Контрольное подмножество	$\varphi_{\text{пр}} = 0,96 \varphi_{\text{ист}} + 0,025$ (0,978)
	Тестового подмножества	$\varphi_{\text{пр}} = 0,96 \varphi_{\text{ист}} + 0,025$ (0,980)
	Всё множество	$\varphi_{\text{пр}} = 0,96 \varphi_{\text{ист}} + 0,024$ (0,979)
Примечание. $\varphi_{\text{пр}}$ – прогнозируемое значение направления ветра; $\varphi_{\text{ист}}$ – истинное значение направления ветра.		

эксплуатации нейросетевой системы контроля устойчивости башенных кранов необходимо проводить планово-предупредительные работы для проверки качества работы системы. При необходимости следует модифицировать архитектуру ИНС.

Для адекватной работы нейросетевого алгоритма в реальных условиях его необходимо предварительно обучить в лабораторных условиях. Предварительное обучение должен проводить эксперт-наладчик ИНС на основе базы данных параметров ветра.

*Библиографические ссылки*

1. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому технологическому и атомному надзору. 2012. № 1.
2. ГОСТ 1455–77. "Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения". Введ. 1978-01–01.
3. РД 22-166–86. "Руководящий нормативный документ. Краны башенные строительные. Нормы расчёта". Введ. 1987-01–01.
4. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймаратов М.З. Опасные гидрометеорологические явления и их влияние на экономику России. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011. 36 с.
5. Устойчивость башенных кранов от опрокидывания при случайных воздействиях порывов ветра / П.А. Сорокин, А.В. Мишин и др. // Труды тринадцатой науч.-практ. конф. "Безопасность движения поездов" (18–19 октября 2012 г.).
6. Устойчивость башенных кранов в условиях ветрового воздействия / А.В. Мишин и др. // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы: мат. XVII Моск. междунар. междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. Мин-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Моск. гос. строит. ун-т". М.: МГСУ, 2013. С. 85–87.
7. Мишин А.В. Компенсация экстремальных ветровых возмущений для сохранения устойчивости башенных кранов от опрокидывания // Будущее машиностроения России: сб. тр. Шестой всерос. конф. молодых учёных и специалистов. Москва.: 25–28 сентября 2013 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. С. 350–352.
8. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. Matlab 6 / под общ. ред. В.Г. Потемкина. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 496 с.
9. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. / пер. с англ. М.: ИД "Вильямс", 2006. 1104 с.



УДК 621.9.048.7:621.9.025

**Б.М. Бржозовский**, д-р техн. наук, проф. **В.В. Мартынов**,  
д-р техн. наук, проф. **Е.П. Зинина**, канд. техн. наук, **Е.С. Плешакова**  
(Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина)

v\_martynov@mail.ru

## ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПО ПАРАМЕТРАМ ДЕФЕКТОВ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ

*Представлены способ и подход к автоматизированному оцениванию состояния анализа эксплуатации режущего инструмента с модифицированной рабочей частью.*

**Ключевые слова:** модифицированный режущий инструмент, дефекты, автоматизированное оценивание.

*The method and approach to the analysis status automatic estimation of the cutting tools exploitation process with modified working part is introduced.*

**Key words:** modified cutting tool, defects, automation estimation.

Повышение надёжности технологических процессов механической обработки традиционно осуществляется по двум основным направлениям: повышение надёжности технологического оборудования; повышение надёжности режущего инструмента.

Сравнение направлений показывает, что для оборудования оно, являясь более масштабным и разнообразным с точки зрения применяемых методов, позволяет решать проблемы обеспечения и повышения его надёжности с большей вероятностью получения положительных результатов. С учётом того, что процессы изменения состояния оборудования являются медленными, можно считать надёжность режущего инструмента фактором, лимитирующим потенциальный эффект от повышения надёжности оборудования, поэтому проблему повышения надёжности инструмента тоже можно считать по-прежнему актуальной.

Детальное изучение вопросов, связанных с надёжностью режущего инструмента, позволило установить, что в настоящий момент существуют различные методы её повышения, связанные как с использованием инструмента из новых материалов, таких как мелкозернистые твёрдые сплавы с покрытиями, керамика, кубический нитрид бора, синтетический алмаз, так и с экономически обоснованным улучшением эксплуатационных характеристик традиционного инструмента за счёт модификации различными методами его рабочей части. К данным методам относится и плазменная модификация, в частности разработанный в СГТУ им. Ю.А. Гага-

рина метод модификации рабочей части инструмента воздействием на неё низкотемпературной плазмой [1]. Основной технологической особенностью метода является первоначальный плавный нагрев и последующее резкое охлаждение инструмента, при этом плазма формируется непосредственно у обрабатываемой поверхности, что существенно отличает метод от других известных методов модификации, основанных на использовании, например, мощных пучков электронов или ионов и делает используемое оборудование более простым и экономичным в эксплуатации.

Комплексные исследования свойств рабочих поверхностей модифицированного инструмента различного целевого назначения из инструментальных сталей и твёрдого сплава, позволили зафиксировать существенное улучшение показателей, характеризующих его эксплуатационную надёжность за счёт иного протекания процессов, связанных с изменением состояния. Это особенно наглядно проявляется, если обработка осуществляется при сочетании параметров технологического режима близком к оптимальному. Тогда прямым следствием становится повышение в 2–3 раза времени стойкости и стабилизация параметров, характеризующих размерную точность.

Результаты исследований позволили установить, что наиболее характерным проявлением изменений состояния модифицированного инструмента является постепенное образование дефектов на его рабочих поверхностях. Изучение микрофотографий, полученных с помощью цифровой видеонасадки

## Классификация дефектов модифицированного режущего инструмента

№	Микролокальные	Микроповерхностные	Макродефекты
1	Истирание защитного покрытия*	Козырёк*	Проточина
2	Трещины	Наплыв*	Лунка
3	Истирание зёрен матрицы	Несплошности	Фаска
4	Вырыв зёрен	Трещины	Точечные (розетка)*
5	Деформирование матрицы	Пропахивание (миропроточины)	Выкрашивание
6	Вкрапление продуктов износа в поверхность	Налипание обрабатываемого материала на продукты износа	Отслаивание защитного покрытия
7			Локальные разрушения

\* – результат движения микрообъёмов

Levinhuk C-Servies и цифрового микроскопа Carton SPZT 50 (увеличение 200<sup>x</sup>), а также оптической системы микротвердомера ПМТ-3 (увеличение 500<sup>x</sup>) и использование кластерного анализа [2], позволило классифицировать дефекты на микролокальные, микроповерхностные и макродефекты (см. таблицу), а также установить, что основным следствием их воздействия на инструмент является изменение вида его износа с механического модифицированного слоя на абразивный, диффузионный и адгезионный инструментальной матрицы. В результате на фоне повышения износостойкости возникают отказы, носящие характер выкрашиваний или сколов.

Изложенное выше определяет актуальность создания автоматизированной компьютерной системы, позволяющей оценивать состояние рабочей части модифицированного инструмента по результатам его эксплуатации (видам дефектов). Для этого необходимо решить следующие задачи (рис. 1):

разработать способ получения информации о состоянии рабочей части;

разработать программно-математическое обеспечение для анализа полученной информации.

Решение первой задачи связано с созданием подсистемы распознавания образов, которыми являются дефекты, для формирования базы данных компактного хранения информации о пара-

метрах дефектов и изучения процессов, приводящих к их образованию. Для этого необходимо:

обосновать методику регистрации рабочей части модифицированного инструмента с использованием техники цифровой микрофотографии её поверхности, в том числе со сверхвысоким разрешением;

разработать процедуру анализа микрофотографий;

обосновать методику структурного, морфологического и химического анализов модифицированного поверхностного слоя.

Основным результатом работы подсистемы являются следующие данные:

по дефектам: вид и характер; местоположение и размеры;



Рис. 1. Общий подход к автоматизированному оцениванию качества процесса эксплуатации модифицированного металлорежущего инструмента по параметрам дефектов рабочей части

технологические: тип и марка инструмента; геометрические и весовые параметры инструмента; параметры режима модификации; обрабатываемый инструментом материал; используемое технологическое оборудование (станок); вид обработки; параметры режима резания; период стойкости инструмента в количестве изготовленных деталей;

о физико-механических и химических параметрах до и после модификации: размеры и вид элементов структуры инструмента; весовой химический состав инструмента; микротвёрдость модифицированной части поверхностного слоя инструмента.

Обработка данных выполняется для получения информации о закономерностях и причинах изменения состояния модифицированной рабочей части инструмента. Данная информация становится исходной при создании базы знаний, на основе которой разрабатываются алгоритмы анализа и правил принятия решений, т. е. решается вторая задача, связанная с созданием подсистемы оценивания состояния модифицированного инструмента, вплоть до восстановления траектории его изменения в процессе эксплуатации, отображающей механизм изнашивания.

Программное обеспечение системы реализует следующие основные требования к её содержательной части: возможность визуализации (в виде графиков и/или таблиц), корректировка и обработка данных; обеспечение условий для обновления программного обеспечения поддержки и обработки данных.

Структура программного обеспечения представляет собой разметку исходного кода для чёткого определения основных блоков программ и их структуры. Исходный код, написанный на языке C#, компилируется в промежуточный язык (IL) в соответствии со спецификацией CLI. Код IL и ресурсы хранятся на диске в исполняемом файле с расширением EXE или DLL. Используются обширная библиотека, разнообразные функции для действий, включающих ввод и вывод файлов управления строками, разбивки XML, и элементы управления Windows Forms. В программе на языке C# библиотека классов .NET Framework интенсивно используется для "устройства" кода. Программа состоит из нескольких файлов. Каждый файл содержит несколько пространственных имён, включающих такие элементы, как классы, структуры и интерфейсы. Классы являются основными конструкциями системы общих типов CTS в платформе .NET Framework. Каждый класс является структурой данных, инкапсулирующей набор данных и поведение.

Интерфейс системы разрабатывался на основе распространённых методов: меню и простого выбора [3]. Это облегчает процесс освоения и работы с системой. Реализация интерфейса (рис. 2) представляет собой простую четырёхуровневую иерархическую сеть (дерево). Каждый узел дерева (меню) соединяется только с одним верхнего уровня и с несколькими меню нижнего уровня.

Каждая программа меню воспроизводит на мониторе системы кадр экранного диалога, содержащий список вариантов того или иного выбора (включая выход из программы), и процедуру ввода

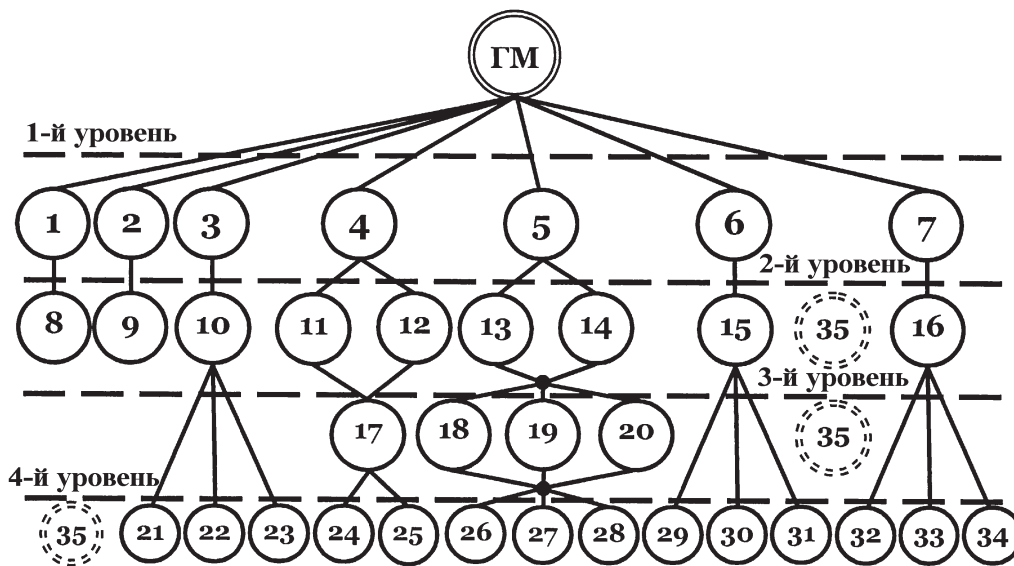


Рис. 2. Структура интерфейса системы

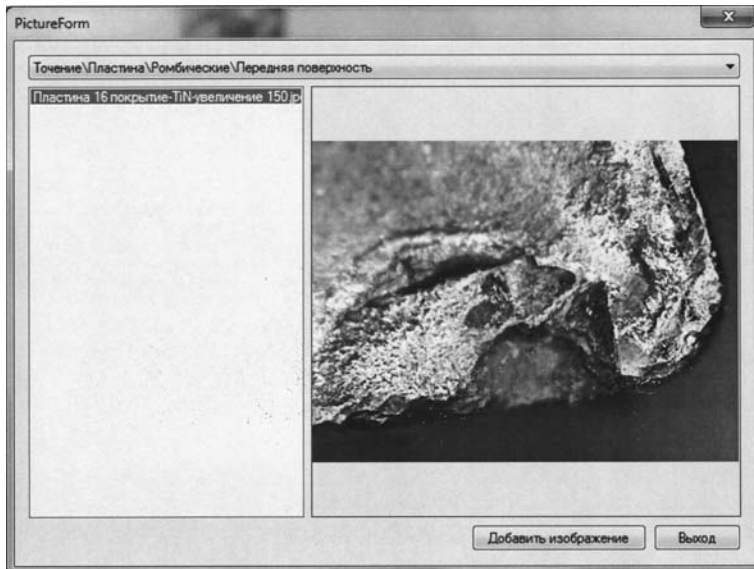


Рис. 3. Пример отображения системой рабочей части модифицированного инструмента

данных, с помощью которых пользователь может выбрать один из этих вариантов. После выбора варианта на экране отобразится следующее меню (т. е. создается возможность очередного выбора) или начнётся выполнение определённых операций с последующим возвращением управления к программному меню, осуществляющему выбор.

При такой структуре каждый кадр экранного диалога предоставляет соответствующие возможности выбора различных режимов. Главное меню (ГМ) позволяет открывать меню 1-го уровня: соответствующие разделы руководства пользователя 1, 2, а также запускать режимы получения 3 и анализа 4 изображений различных поверхностей модифицированной рабочей части инструмента, формирования баз данных 5 и знаний 6, анализа качества процесса эксплуатации инструмента 7.

На 2-м и 3-м уровнях реализуются информационные и операционные возможности системы, связанные с обращением к руководству пользователя 8, 9, передачей изображения рабочей части инструмента с микроскопа или ручным вводом 10, его автоматизированным 11 или ручным 12 анализом, а также редактированием 13 и обработкой полученных по результатам анализа данных 14–16.

Получаемые изображения структурируются по видам инструмента, рабочим поверхностям и анализируются для распознавания и идентификации имеющихся на них дефектов в соответствии с полученной классификацией (см. таблицу). В ручном режиме для этого используются цифровой микроскоп Carton SPZT 50 с цифровой видеонасадкой Levinhuk C-Servies (увеличение 200 $\times$ ), а также опти-

ческая система микротвердомера ПМТ-3 (увеличение 500 $\times$ ), в автоматизированном режиме – специально разработанный программный продукт Image Engineer Tools, интерфейс которого аналогичен интерфейсу Adobe Photoshop, но не содержит инструментов для добавления эффектов фотографии, а позволяет добавлять новые инструменты для выполнения инженерных расчётов, связанных с автоматической классификацией и количественным оцениванием выявленных дефектов, и совершенствовать эти инструменты в направлении расширения их функциональных возможностей.

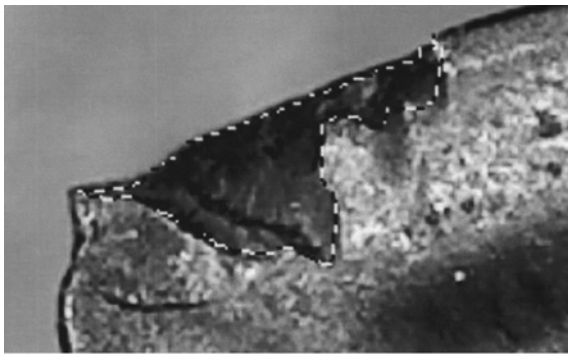
По результатам анализа изображения формируется очередная строка базы данных по дефектам, которая затем автоматически пересылается в неё, увеличивая число строк базы на единицу. После этого выполняется переход к ручному формированию строк для баз технологических данных и данных по физико-механическим параметрам и химическому составу отснятого инструмента.

Работа с данными принципиально реализована в двух режимах: оценивание результатов процесса эксплуатации модифицированного инструмента; получение знаний об основных закономерностях процесса обработки различных материалов модифицированным инструментом.

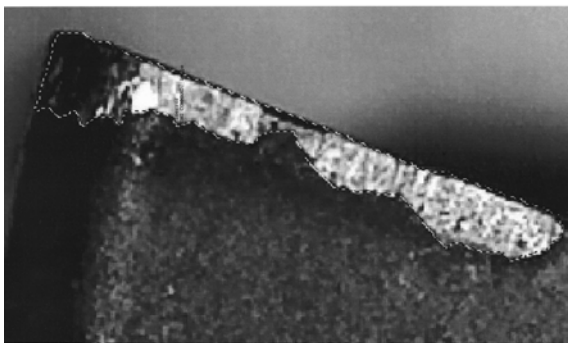
Для проведения процедур оценивания используются как традиционные методы математической статистики, связанные с построением диаграмм, гистограмм и вычислением различных вероятностных характеристик данных по дефектам, технологических данных и данных по физико-механическим параметрам и химическому составу, так и специальные методы обработки данных, связанных, например, с идентификацией законов их распределений [4].

Получение знаний базируется на использовании непараметрических статистических методов, методов экспертных оценок и искусственного интеллекта [5–7].

Меню 4-го уровня позволяют отобразить результаты работы системы на экране монитора 21, 24, 26, 29, 32, вывести на принтер 22, 27, 30, 33 или сохранить их в базе данных и знаний 23, 25, 28, 31, 34. В качестве примера на рис. 3 показано отображение фотографии передней поверхности сменной многогранной твёрдосплавной пластины из сплава T15K6 с покрытием TiN, использовавшейся при точении заготовок из стали ШХ-15 на автома-



а)



б)

**Рис. 4.** Примеры результатов работы системы в режиме автоматизированного расположения макродефектов (штрих-пунктирные линии) рабочей части модифицированных сменных многогранных пластин из твёрдого сплава RX-10: а – выкрашивание на передней поверхности; б – фаска износа по задней поверхности

тическом токарном станке с ЧПУ 16K20Ф3С5 в ОАО "Саратовский подшипниковый завод".

На рис. 4 представлены примеры результатов автоматизированной обработки изображений рабочей поверхности модифицированных сменных многогранных пластин, использовавшихся при контурном фрезеровании заготовок из стали 35ХГСЛ на многоцелевом станке DMU 80 в ОАО "Саратовский агрегатный завод".

Так как управление системой содержит несколько связанных в одну сеть меню, то каждое из них имеет одинаковый завершающий вариант для идентификации возврата управления из текущего меню в предыдущее. Также возможно обращение к руководству пользователя в процессе выполнения операционных действий и передачи управления программе наивысшего уровня вызова (ГМ), минуя промежуточные 35.

Конечной целью создания системы является получение информации, необходимой для создания модели разрушения модифицированного по-

верхностного слоя инструмента. Имеющиеся на сегодняшний день материалы опытно-промышленной эксплуатации [8, 9] показывают, что только с помощью этой модели можно решить вопросы изучения и математического описания механизма повышения сопротивляемости инструмента и процессам ползучести и изнашивания. Результаты описания позволят получить исходные данные для управления процессами формирования и воздействия дефектов на модифицированный слой таким образом, чтобы стабилизировать его состояние и обеспечивать наиболее полное выполнение им защитных функций по отношению к остальной части поверхностного слоя, а не провоцировать ускорение процесса его разрушения, т. е. гарантированно повышать не только износостойкость, но и отказоустойчивость инструмента.

*Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № НК 14-08-00396\14*

#### *Библиографические ссылки*

1. **Зинина Е.П., Сергеев А.А., Кислицына Н.Ф.** Способ и устройство получения стационарного комбинированного разряда низкотемпературной плазмы пониженного давления // Патент России № 2277763. 2006. Бюл. № 15.
2. **Жамбю М.** Иерархический кластер-анализ и соответствия / пер. с фр. М.: Финансы и статистика, 1988. 342 с.
3. **Гринберг Ф., Гринберг Р.** Самоучитель программирования на входном языке СУБД dBASE III. М.: Мир, 1989. 453 с.
4. **Мартынов В.В., Мартынов П.В.** Статические методы обработки экспериментальных данных. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2011. 188 с.
5. **Большаков А.А., Каримов Р.Н.** Методы обработки многомерных данных и временных рядов: учеб. пособие для техн. вуз. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 522 с.
6. **Блюмберг В.А., Глушенко В.Ф.** Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. Л.: Лениздат, 1982. 160 с.
7. **Уоссерман Ф.** Нейрокомпьютерная техника / пер. с англ. М.: Мир, 1992. 212 с.
8. **Исследование эксплуатационных свойств инструмента, модифицированного воздействием низкотемпературной плазмы комбинированного разряда / Б.М. Бржозовский, В.В. Мартынов, Е.П. Зинина и др. // Научно-технологические проблемы машиностроения и авиадвигателестроения (ТМ–2012): мат. IV Междунар. науч.-техн. конф. Рыбинск: РГАТУ им. П.А. Соловьёва, 2012. С. 322–325.**
9. **Эксплуатационные испытания инструмента, модифицированного воздействием низкотемпературной плазмы / Б.М. Бржозовский, В.В. Мартынов, Е.П. Зинина и др. // Машиностроение – основа технологического развития России (ТМ–2013): мат. V Междунар. науч.-техн. кон. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2013. С. 216–219.**



УДК 621.9.08

**И.Ф. Дьяков**, д-р техн. наук, проф., **Ю.В. Моисеев**, канд. экон. наук  
(Ульяновский государственный технический университет)

i.dyakov@ulstu.ru

## АКТИВНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

*Предложен метод активного измерения диаметров деталей в процессе механической обработки без выключения металлорежущего станка с непрерывным контролем обрабатываемой поверхности для обеспечения работы привода на установившемся режиме. Приведена кинематическая схема и показаны временные диаграммы, иллюстрирующие работу электронной части прибора.*

**Ключевые слова:** измерение поверхности, датчик частоты вращения, одновибратор, счётные импульсы, светодиод, буферная память.

*Method of the workpiece diameter active measurement during machining without turning off the machine tool at the machined surface continuous monitoring for providing of the steady state drive work is proposed. Kinematic scheme is adduced and temporary charts illustrating apparatus electronics part operation is shown.*

**Key words:** surface measurement, rotation velocity sensor, gate multivibrator, counting pulses, LED, the buffer memory.

**Введение.** В автомобильной и авиационной промышленности на всех этапах изготовления деталей необходим контроль технологических параметров для создания готового изделия с требуемой точностью. Главная задача контроля параметров детали – сократить время измерения без потери точности. Для её решения в современных контрольно-измерительных средствах используют измерительные щупы с шаровидным наконечником. Существуют различные виды щупов и приспособлений для сложных форм, но для определения и коррекции размеров необходимы базовые поверхности и расположение систем координат измерения. Причём система координат измерения должна быть взаимосвязана с технологической базой контролируемой детали, на основе которой задают допуск формы, а также определяют соответствующие отклонения. Все технологические процессы измерения, безусловно, снижают производительность из-за частых остановок станка при точении или шлифовании детали. Одним из элементов повышения производительности труда на предприятиях машиностроительной отрасли является автоматизация производства и, в частности, автоматизация процессов измерения деталей во время их обработки.

На машиностроительных и ремонтных заводах для измерения диаметров до сих пор чаще применяют ручные измерительные инструменты (например, микрометры, различного рода скобы) и срав-

нительно редко – контрольно-измерительные приборы типа DuraMax производства Carl Zeiss (Германия), которые оснащены программным обеспечением CALYPSO.

При использовании ручного измерительного инструмента необходимо останавливать оборудование, проводить измерение и снова запускать в работу это оборудование, что снижает производительность труда. Применяемые на современных предприятиях лазерные измерительные устройства для активного контроля размеров деталей являются дорогостоящими, сложны в настройке и эксплуатации. Кроме того, они очень чувствительны к разного рода вибрациям и различным загрязнениям (например, наличие СОЖ) измеряемой поверхности. Всё это делает весьма актуальной разработку дешёвых и простых в эксплуатации приборов для активного контроля диаметров круглых деталей.

**Предлагаемое измерительное устройство.** Для повышения производительности процессов точения или шлифования валов предлагается электронно-механический прибор активного контроля диаметров круглых изделий в процессе их обработки [1–3]. В основу его разработки положен принцип измерения диаметров круглых изделий, основанный на обкатывании измерительным роликом поверхности измеряемого изделия. Конструкция прибора показана на рис. 1–3.

Механическая часть прибора (см. рис. 1) содержит основной держатель 1, на одном конце кото-

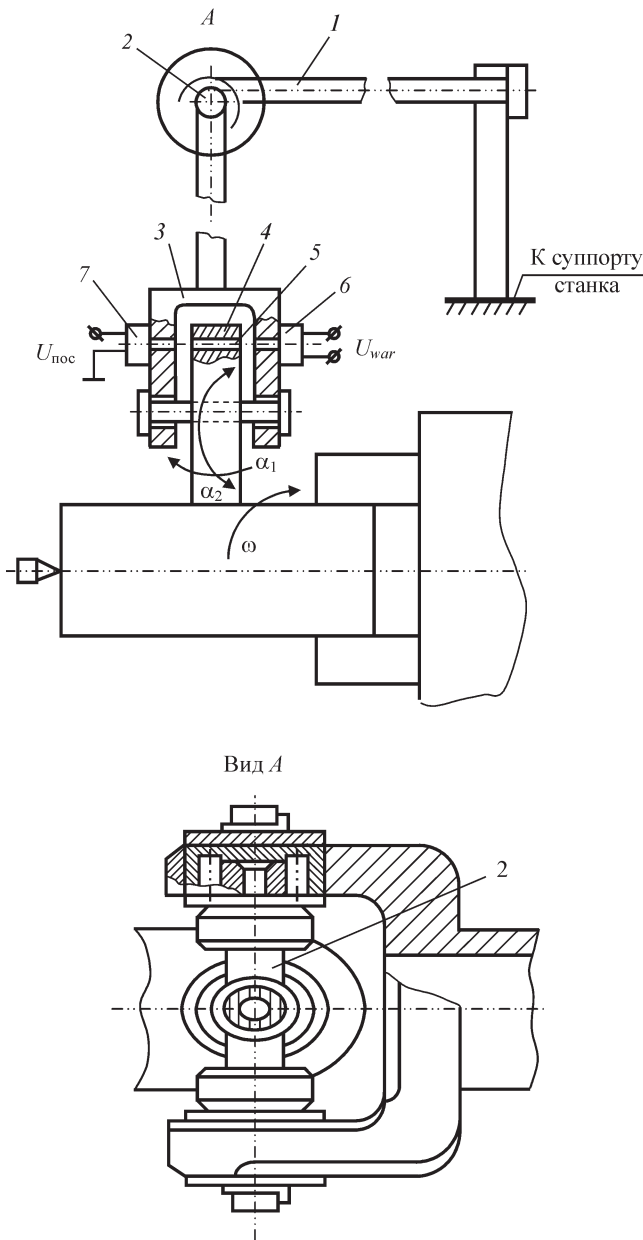


Рис. 1. Кинематическая схема прибора активного контроля

рого закреплена в подшипниках крестовина 2, к свободным концам её также через подшипники крепится одним концом держатель ролика 3, на другом конце которого размещён измерительный ролик 4. Ближе к окружности ролика имеется сквозное отверстие 5, а на держателе 3 с разных сторон размещены также в отверстиях (причём все три отверстия находятся на равных расстояниях и на одном радиусе от оси вращения ролика 4) светодиод 6 и фотоприёмник 7, образующие датчик частоты вращения 8 (см. рис. 2) ролика 4.

Электронная часть прибора (см. рис. 2) состоит из датчика частоты вращения 8, выход которого

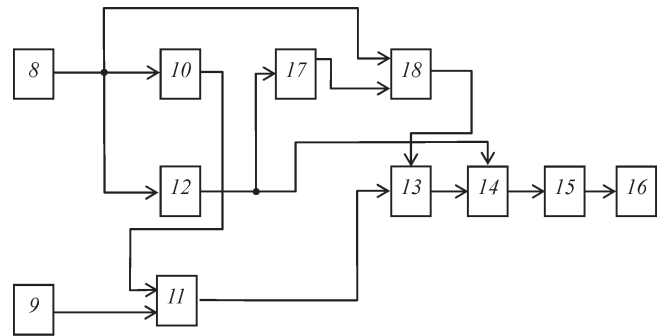


Рис. 2. Схема электронно-механического измерителя

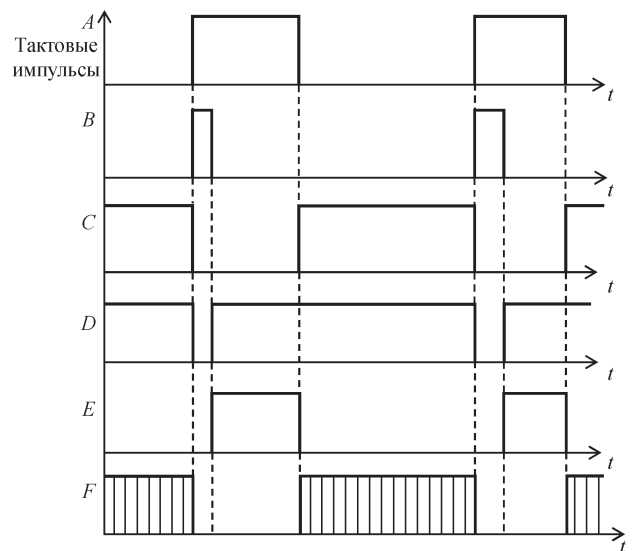


Рис. 3. Временные диаграммы работы прибора

соединён с входами первого элемента "НЕ" 10 и одновибратора 12, а также с первым входом второго элемента "И" 18. Выход элемента 10 соединён со вторым входом первого элемента "И" 11, к первому входу которого подсоединён выход датчика угла поворота детали 9. Выход элемента 11 соединён со счётным входом двоичного счётчика 13, выход которого соединён с входом буферной памяти 14, а её выход соединён с адресным входом постоянного запоминающего устройства 15, выход которого, в свою очередь, соединён с входом цифрового индикатора 16. Выход одновибратора 12 соединён с входом второго элемента "НЕ" 17 и входом разрешения записи буферной памяти 14. Выход элемента 17 соединён со вторым входом второго элемента "И" 18, выход которого соединён с входом обнуления счётчика 13.

Прибор работает следующим образом. Ролик 4 прижимается к поверхности измеряемой детали.

Крестовина 2 придаёт ролику две дополнительные степени свободы, поэтому он может катиться по наименьшей окружности измеряемой поверхности. Сигнал от светодиода 6 проходит через отверстие в держателе 3, и в момент совпадения этого отверстия с отверстием во вращающемся ролике сигнал попадает также через отверстие в держателе, но уже с противоположной стороны, на фотоприёмник 7, который вырабатывает сигнал *A* (см. рис. 3) на выходе датчика числа оборотов 8. Этот сигнал поступает на вход первого элемента "НЕ" 10, а также на первый вход второго элемента "ИЛИ" 18. Сигнал *A* с выхода датчика 8 одновременно запускает одновибратор 12, выходной сигнал *B* которого поступает на вход второго элемента "НЕ" 17, с выхода которого сигнал *D* поступает на второй вход элемента 18. На выходе элемента 18 образуется сигнал *E*, поступающий на вход обнуления счётчика 13 и устанавливающий его в состояние "0".

С выхода элемента 10 сигнал *C* поступает на второй вход первого элемента "ИЛИ" 11, разрешая прохождение импульсов с выхода датчика угла поворота 9, поступающих на первый вход элемента 11. С выхода элемента 11 счётные импульсы, имеющие форму *F*, поступают на счётный вход двоичного счётчика 13.

Выходной импульс *B* одновибратора 12 поступает также на вход разрешения записи буферной памяти 14 и разрешает перезапись двоичного кода со счётчика 13 в буферную память 14 (причём сигнал *C* имеет длительность меньше половины длительности импульса *A*). Двоичный код с выхода буферной памяти 14 поступает на адресный вход постоянного запоминающего устройства 15, представляющего собой табличный вычислитель, в ячейках которого хранятся предварительно рас-

считанные значения диаметров деталей по формуле

$$D = kd \frac{1}{N},$$

где *d* – диаметр измерительного ролика; *k* – коэффициент пропорциональности; *N* – количество измерительных импульсов за период измерения, равный одному обороту измерительного ролика 4.

С выхода постоянного запоминающего устройства 15 данные, соответствующие измеряемому диаметру, поступают на вход цифрового индикатора 16, где и отображаются в цифровом виде.

**Заключение.** Разработан простой в эксплуатации электронно-механический прибор активного контроля диаметров круглых изделий при их обработке без остановки станка. Если дополнить данный прибор преобразователем перемещения в цифровую форму, а также использовать микропроцессорную технику, то можно сделать его более компактным и удобным в эксплуатации. Также прибор можно использовать в составе станков с числовым программным управлением (ЧПУ) с целью автоматического ввода результатов измерений в систему ЧПУ для коррекции режимов обработки.

#### *Библиографические ссылки*

1. Моисеев Ю.В., Поцелуев В.А. Способ измерения диаметров цилиндрических изделий // А. с. № 1404805, МКИ G01B 7/12 (СССР). 1988. Бюл. № 23.
2. Дьяков И.Ф., Моисеев Ю.В. Устройство для активного контроля цилиндрических поверхностей // Патент России № 2469260. 2012. Бюл. № 34.
3. Дьяков И.Ф., Моисеев Ю.В. Устройство для активного измерения диаметров цилиндрических изделий // Патент России № 2397439. 2010. Бюл. № 23.

## **УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ И ЧИТАТЕЛИ ЖУРНАЛА!**

*В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал "Автоматизация и современные технологии" включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук.*



УДК 62-5:004.5+681.51

**Е.В. Курнасов**, канд. техн. наук, доц.

(Московский государственный университет приборостроения и информатики)

mra2013@yandex.ru

## МЕТОД СИТУАТИВНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АСУТП В ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСАХ SCADA-СИСТЕМ

*Предложен метод изменения поведения объектов в пользовательских интерфейсах SCADA-систем в зависимости от реальной ситуации в АСУТП и условий функционирования контролируемых объектов. Показана необходимость и целесообразность развития средств визуализации SCADA-систем при мониторинге и управлении сложных динамических систем. Подробно рассмотрены этапы создания динамических SCADA-интерфейсов, в соответствии с предлагаемым методом. Приведена методика создания пользовательских скриптов для ситуативного изменения поведения объектов на мнемосхеме SCADA-системы, принцип написания которых легко переносится на другие платформы SCADA-систем. Предложены два варианта написания скриптов для задания пути перемещения объекта, обозначены особенности реализации каждого из этих вариантов.*

**Ключевые слова:** SCADA, АСУТП, технологический процесс, металлорежущий станок, мониторинг, автоматизация.

*The change method of the objects behavior in the user SCADA systems interfaces depending on a real situation in automated process control system (APCS) and operating conditions of controlled objects is offered. Development necessity and reasonability of the SCADA systems visualization means during the monitoring and management of difficult dynamic systems is shown. Creation stages of the dynamic SCADA interfaces, in accordance with an offered method are in detail considered. The methodology of the user scripts creation for objects behavior situational change in the SCADA system symbolic circuit, which writing principle is easily transferred to other SCADA systems platforms, is adduced. There are two variants of writing scripts to specify the path moving object marked features of the implementation of each of these options.*

**Key words:** SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), APCS (Automated Process Control System), technological process, machine-tool, monitoring, automation.

В настоящее время SCADA-системы являются наиболее перспективным методом автоматизированного мониторинга и управления сложными динамическими системами. Преимущества их использования уже оценили многие крупные отечественные компании в различных отраслях [1–5].

Современные SCADA-системы имеют схожие возможности и принципы функционирования, которые позволяют решать типовые задачи диспетчеризации, однако в случае, когда объектом мониторинга и управления является сложная динамическая система, традиционных средств визуализации, предоставляемых SCADA-системами, становится явно недостаточно.

Необходимость в дальнейшем развитии средств визуализации SCADA-систем обуславливается возросшей сложностью управляемых объектов и про-

цессов с одновременным сокращением времени, отводимого лицам оперативно-диспетчерского персонала на анализ проблемной ситуации, идентификацию возникшего отклонения от нормального режима функционирования объекта, поиск возможных корректирующих решений по воздействию на объект, и, наконец, выдачу команд на отработку необходимых управляющих воздействий.

Очевидно, что чем лучше организовано взаимодействие между человеком и SCADA-системой, тем эффективнее автоматизированная система управления будет решать поставленные перед ней задачи. Именно поэтому вопросам построения эффективного человеко-машинного взаимодействия сегодня уделяется большое внимание.

Как правило, в SCADA-системах визуализация параметров технологического процесса осуществ-

ляется либо в текстовом режиме, либо в графическом. В текстовом режиме технологический процесс отображается в виде строк или, в лучшем случае, в виде специальных таблиц, что для оперативно-диспетчерского персонала не достаточно наглядно и информативно. В графическом режиме визуализация процесса реализуется с помощью интерактивных мнемосхем, что для восприятия гораздо удобнее. Кроме этого, следует понимать, что сама природа процесса мониторинга и управления в реальном времени требует, чтобы в SCADA-системе, по крайней мере, некоторые графические представления реальных объектов меняли какие-либо аспекты своего состояния в реальном масштабе времени – это могут быть простые изменения цвета для обозначения аварийных состояний, изменение процентного состояния резервуара и т. п.

Большинство известных работ [5–8] по SCADA-системам зачастую описывают лишь общие принципы проектирования SCADA-интерфейса, применяя стандартные графические средства для создания представлений реальных объектов управляемого процесса, и не рассматриваются в должной мере средства создания вариантов поведения объектов с учётом их индивидуальных характеристик и условий функционирования в технологической системе.

В настоящей статье приводится один из простых, но очень действенный метод ситуативного изменения поведения объектов АСУТП в пользовательских интерфейсах SCADA-систем за счёт создания собственных динамических SCADA-интерфейсов. Основу данного метода составляет способ написания индивидуальных наборов вариантов поведения объектов SCADA-интерфейса и принцип наделения этих объектов динамическими свойствами. Алгоритм создания динамических SCADA-интерфейсов, отражающих на мнемосхеме SCADA-системы любые изменения состояния реальных объектов АСУТП, приведен на рис. 1.

В общем случае, процедура создания подобных SCADA-интерфейсов, учитывающих индивидуальные характеристики и реальные условия функционирования контролируемых в технологической системе объектов, включает четыре основных этапа:

1. Обеспечение двусторонней связи между SCADA-системой и техническими устройствами (реальными объектами АСУТП).
2. Присвоение объекту SCADA-интерфейса переменных для перемещения по соответствующим осям (например, как ниже в примере – осям X и Y)

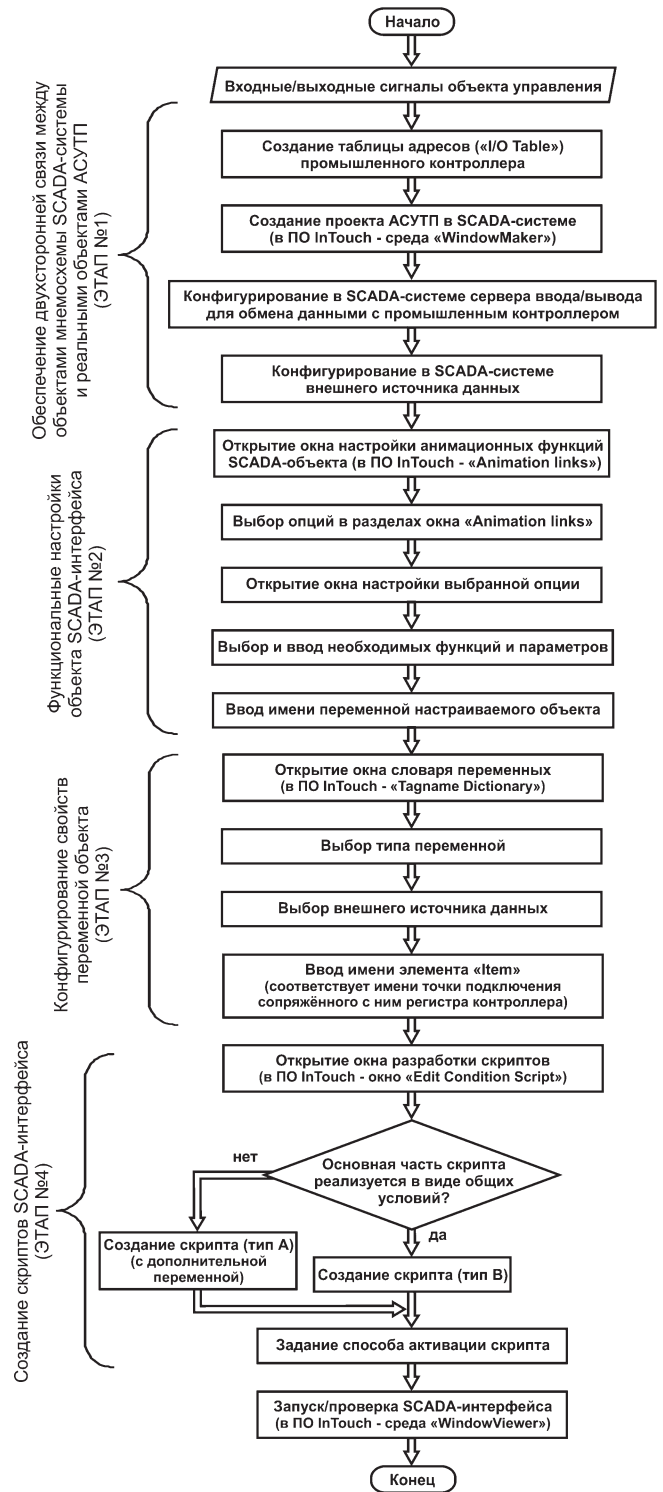


Рис. 1. Алгоритм создания динамических SCADA-интерфейсов, с учетом индивидуальных характеристик и условий функционирования реального объекта в технологической системе

и наделение этого объекта необходимыми динамическими свойствами (свойствами анимации) для изменения его поведения на мнемосхеме SCADA-системы с учётом реальной ситуации.

3. Выполнение процесса линковки переменных динамических объектов SCADA-интерфейса с конкретными регистрами промышленного контроллера.

4. Создание соответствующих скриптов, например для визуализации перемещения реального объекта АСУТП на мнемосхеме SCADA-интерфейса.

Прежде чем перейти к описанию этих этапов, рассмотрим особенности проектирования самого SCADA-интерфейса.

Как можно заметить, любая SCADA-система состоит из инструментальной и исполнительной программной среды. Инструментальная среда предназначена для разработки SCADA-интерфейса конкретного автоматизированного рабочего места технолога, оператора, диспетчера и др. Исполнительная среда реализует разработанный SCADA-интерфейс в реальном масштабе времени, при этом отображение параметров технологического процесса и состояния оборудования осуществляется на экране монитора с помощью мнемосхем, таблиц, графиков и т. п.

Все три этапа создания динамических объектов реализуются в инструментальной среде SCADA-системы, а апробация и эксплуатация готового SCADA-интерфейса осуществляется непосредственно в исполнительной среде.

При реализации пользовательских окон SCADA-интерфейса особое внимание, как было сказано выше, должно уделяться наглядности изображения технологического процесса. Для этого в SCADA-интерфейс с помощью специальной функции (например, "Bitmap") внедряются заранее вычерченные графические объекты для последующей их привязки к физическим объектам технологического процесса.

Предположим нам необходимо спроектировать SCADA-интерфейс технологического процесса обработки детали (рис. 2), в котором движение инструмента на мнемосхеме относительно контура детали должно отображаться в зависимости от реальной ситуации на станке. В качестве программной среды разработки возьмём SCADA-систему InTouch.

Первым делом создаём окно будущего SCADA-интерфейса: в приложении "WindowMaker" открываем меню "File", выбираем строку "New Window", в появившемся окне "Window Properties" вводим имя нового окна и конфигурируем его свойства.

Далее, используя библиотеку элементов, вставляем в созданные окна объекты "Bitmap" с необходимыми изображениями. Расставляем объекты на экране в нужном порядке и при необходимости

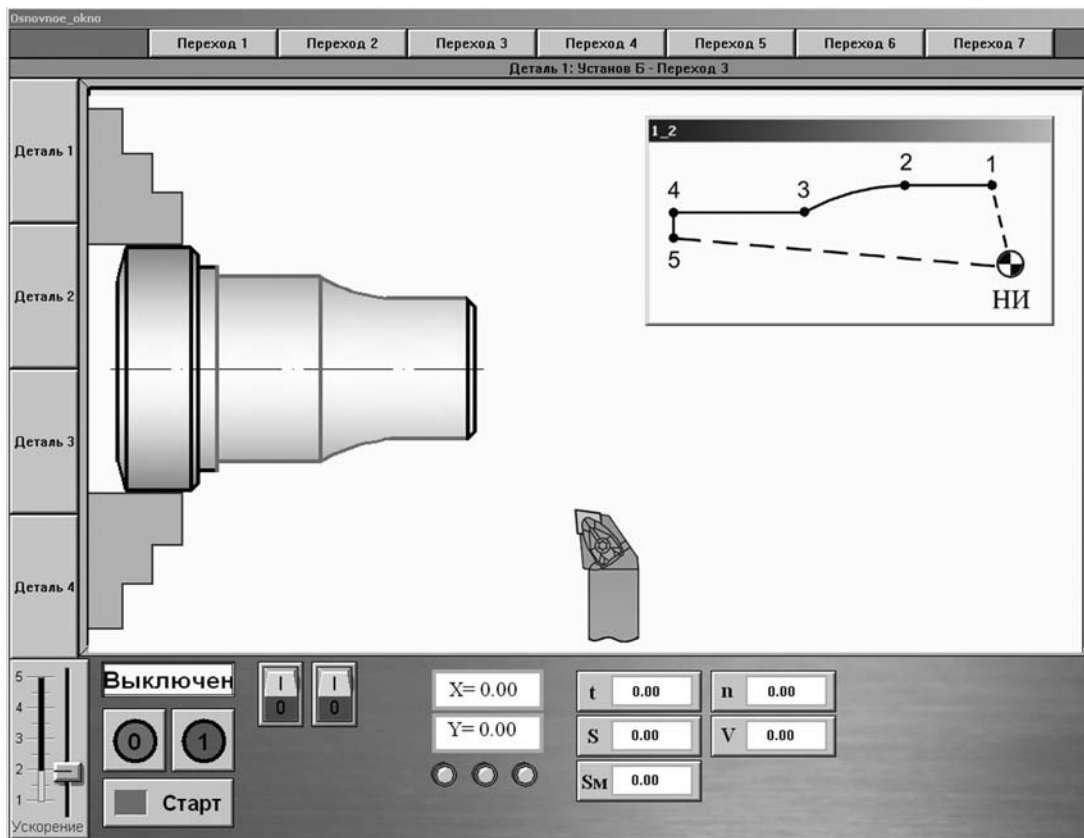


Рис. 2. SCADA-интерфейс с элементами визуализации технологического процесса обработки детали

статические элементы интерфейса дорисовываем графическими средствами SCADA-системы.

Для быстрого освоения предлагаемых в статье решений, можно пойти более простым путем, не требующим подготовки сложных графических объектов: нужно произвольно нарисовать два прямоугольника, используя графический инструмент "Rectangle": один для объекта, который будет выполнять роль детали, а другой – инструмента. Останется по описанной ниже методике присвоить прямоугольнику, отвечающему за инструмент, переменные для его перемещения по горизонтали и вертикали и установить соответствующие свойства анимации.

При этом крайне важно обратить внимание на следующее. Поскольку скрипты для отображения реальной производственной ситуации создаются с учётом конкретного расположения графических объектов на мнемосхеме SCADA-интерфейса, то необходимо в нижней части панели SCADA-системы в соответствующих полях ввести требуемые размеры и координаты этих объектов.

Для нашего SCADA-интерфейса вводим следующие размеры и координаты: для объекта "Деталь" –  $X = 64, Y = 150, W = 363, H = 248$ , а для объекта "Инструмент" –  $X = 427, Y = 452, W = 48, H = 76$ .

Все внедряемые графические объекты (деталь, элементы размеров обрабатываемой детали, патрон, инструмент, элементы пути движения инструмента и т. д.) должны быть внесены в библиотеку SCADA-системы, что в последующем значительно упростит создание окон для новых деталей. Кроме этого, готовая библиотека графических объектов позволит распространять их среди любого числа SCADA-проектов и избавит от необходимости изменять атрибуты или связи объекта в каждом отдельном проекте, поскольку изменение их внутри библиотеки распространяется на все проекты, использующие этот объект.

После прорисовки всех элементов мнемосхемы нашего SCADA-интерфейса можно приступить к пошаговому выполнению процедуры создания динамических SCADA-интерфейсов.

На первом этапе необходимо установить двухсторонний обмен данными между SCADA-системой и контролируемыми техническими устройствами (объектами контроля и управления), причём

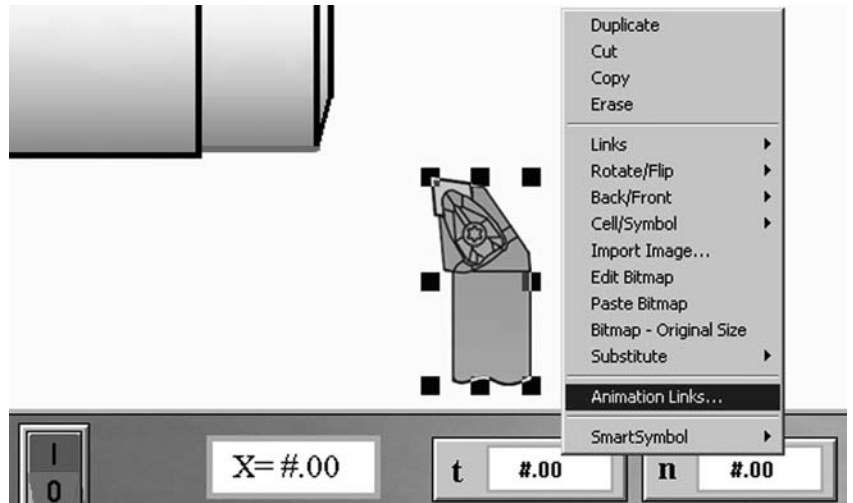


Рис. 3. Меню настроек Bitmap-объекта с изображением инструмента

данная процедура является обязательной для реализации любого SCADA-интерфейса. В работе [9] описана методика выполнения данной процедуры на примере SCADA-системы InTouch и промышленного контроллера CJ1H (фирмы Omron).

На втором этапе необходимо в SCADA-системе назначить объекту, символизирующему режущий инструмент, переменную для его перемещения на мнемосхеме по горизонтали (ось X) и переменную для перемещения по вертикали (ось Y).

Для этого нажатием правой клавишей мыши на объекте "Bitmap" с изображением инструмента открываем контекстное меню (рис. 3) и выбираем настройки "Animation links". В открывшемся окне устанавливаем опции "Horizontal" и "Vertical" в пункте "Location" (рис. 4).

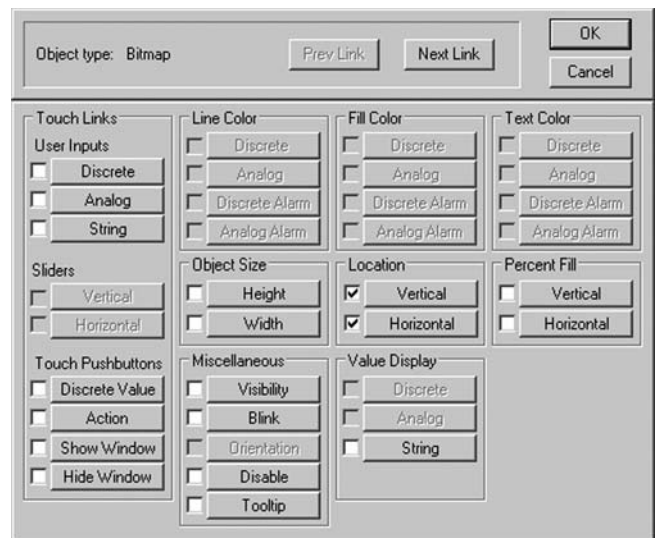


Рис. 4. Параметры настройки "Animation links" для Bitmap-объекта "Инструмент"

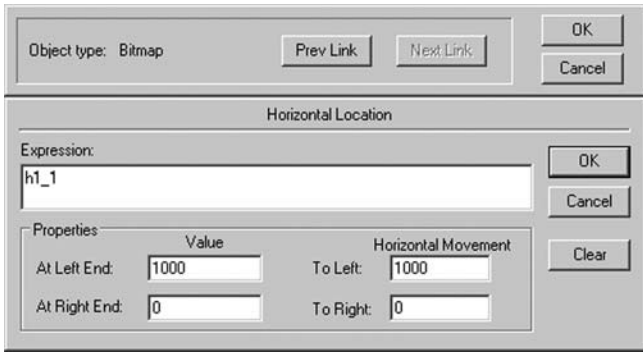


Рис. 5. Окно задания переменной "H1\_1" для перемещения инструмента по горизонтали

Далее назначаем переменную, которая будет отвечать за горизонтальное положение режущего инструмента – открываем окно "Horizontal location" и в поле "Expression" вводим переменную "H1\_1" (рис. 5). В окне "Vertical location" проводим действия, аналогичные проделанным для горизонтального перемещения, только переменную называем "V1\_1".

В том же окне в настройках "Properties" задаём возможность перемещения режущего инструмента на заданное число единиц от его начального положения влево или вправо. Для этого в пункте "Horizontal Movement" в поле "To Left" устанавливаем значение 1000, а для поля "To Right" – ноль, т. е. в нашем случае перемещение вправо заблокировано, а перемещение влево ограничено числом 1000.

В пункте "Value" окна "Horizontal location" также задаётся значение переменной "H1\_1" ("V1\_1"), которое она примет в крайнем правом ("At Right End") положении и крайнем левом ("At Left End") положении режущего инструмента. Таким образом, если задать переменной "H1\_1" ("V1\_1") значение в 500 единиц, то в процессе анимации движения инструмент встанет по центру своего возможного перемещения.

Третий этап – выполнение процесса линковки переменных для созданных в SCADA-системе динамических объектов с конкретными регистрами

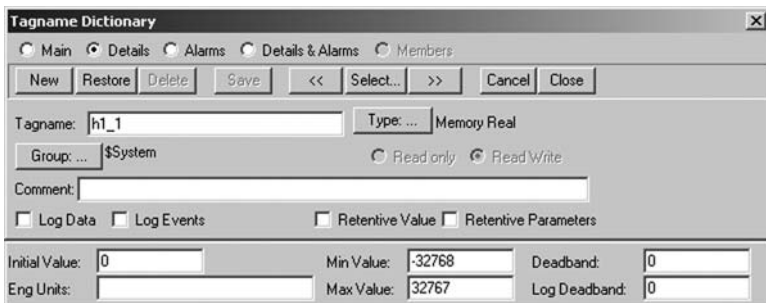


Рис. 6. Окно задания свойств переменной

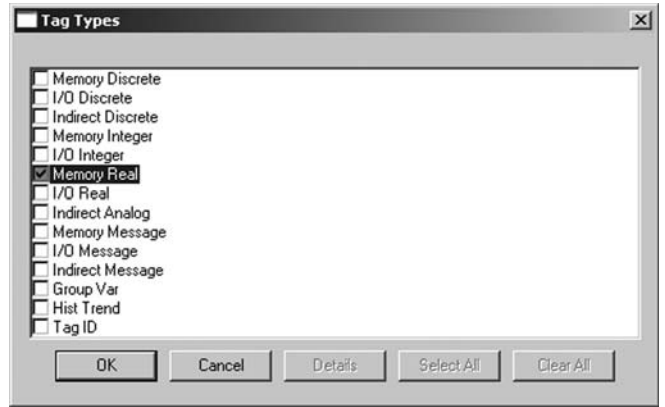


Рис. 7. Выбор типа переменной

промышленного контроллера (подробно описан в работе [9]).

При задании переменной для перемещения инструмента по горизонтали "H1\_1" и переменной для перемещения по вертикали "V1\_1" открывается окно, в котором определяем свойства этих переменных (рис. 6) и указываем тип каждой переменной в поле "Type" (рис. 7).

Остальные переменные SCADA-интерфейса регистрируются в системе аналогичным способом. Однако при этом важно не ошибиться в выборе типа переменной – от этого будет зависеть способность SCADA-системы взаимодействовать с реальными объектами технологического процесса.

Известно, что в SCADA-системах все типы переменных делятся на две группы: внутренние "Memory" (для анимации, решения ряда промежуточных задач и внутренней навигации) и внешние "I/O" (для связи с конкретными входами/выходами промышленного контроллера).

В нашем примере для анимации перемещения инструмента использовались переменные класса "Memory", что позволило на стадии разработки и отладки интерфейса промоделировать полученный технологический процесс обработки в режиме виртуальной модели без наличия реальных объектов.

При создании динамических SCADA-интерфейсов это оправдано, хотя и немного увеличивает количество скриптов типа "Condition Script" (рассмотрены ниже).

При работе с реальными объектами технологического процесса следует выбирать тип переменных класса "I/O" (см. рис. 7) и указывать конкретные адреса внешних устройств ввода/вывода (см. пример [9]). Для подобных целей в качестве таких внешних устройств могут выступать установленные в электроприводы энкодеры.



Например, описываемый в статье SCADA-интерфейс в качестве демонстрации апробировался на модернизированном токарном станке ТПК125, привод продольной и поперечной подачи которого был оснащён электродвигателями серии SGMAH (Omron) со встроенными энкодерами. В процессе обработки детали информация о перемещении суппорта с револьверной головкой считывалась энкодерами и передавалась на соответствующие адреса промышленного контроллера, управляющего станком. В итоге SCADA-система получала от промышленного контроллера информацию о реальном положении инструмента относительно контура обрабатываемой детали.

Что касается наделения объекта мнемосхемы анимационными функциями нужно отметить, что в SCADA-системах анимация объекта – это совокупность действий, позволяющих его "оживить", т. е. управлять его поведением на мнемосхеме SCADA-интерфейса в зависимости от реальной ситуации.

Наделение объекта соответствующими свойствами анимации осуществляется с помощью настроек "Animation links" (например, как показано выше, с помощью выбора необходимых опций) и написания соответствующих скриптов.

Теперь обсудим само понятие скрипта в SCADA-системах и перейдем к рассмотрению четвертого этапа. Большинство SCADA-систем имеют встроенные языки высокого уровня, имеющие минимально необходимый набор функций для обеспечения системой управления адекватной реакции на события, связанные с изменением значения переменной, с выполнением некоторого логического условия, с нажатием комбинации клавиш, а также с выполнением некоторого фрагмента с заданной частотой относительно всего SCADA-интерфейса или отдельного его окна. Таким образом, скрипты есть не что иное как программные модули, реализованные на встроенном в SCADA-систему языке программирования для реализации требуемых задач пользователя.

Скрипты в SCADA-системе InTouch – это программные фрагменты на VBasic-подобном языке, активизируемые по событиям (по изменению значения переменной, нажатию клавиши, кнопки, открытию окна и т. д.). Данные скрипты содержат операторы присваивания, сравнения, простые математические функции, различные логические операции типа "If–Then–Else", а также могут включать циклы типа "For–Next".

Посредством таких программных скриптов любые переменные SCADA-интерфейса могут взаи-

модействовать друг с другом, а через настройки "Animation Links" (см. рис. 4) влиять на графические объекты и связанные с ними сигналы.

Рассмотрим процедуру создания скриптов типа "Condition Script" для анимации перемещения объекта "Инструмент" на мнемосхеме нашего SCADA-интерфейса (четвёртый этап).

Имеется два варианта написания скриптов для задания пути перемещения инструмента на мнемосхеме. В первом варианте (тип А) основная часть скрипта записывается в виде цикла "If–Then–Else", во втором (тип В) – основная часть скрипта записывается в виде общих условий в поле "Condition".

Первый вариант наиболее трудоёмок, так как требует ввода дополнительных переменных, которые будут использоваться для проведения инструмента по одним и тем же координатам, но в разных направлениях.

Во втором варианте промежуточные переменные используются в меньшей степени, однако количество самих скриптов сильно возрастает.

Процедура создания скриптов в SCADA системе InTouch выглядит следующим образом: необходимо в приложении "WindowMaker" на главной панели открыть меню "Special", выбрать строку "Scripts" => "Condition Scripts" и в появившемся окне "Edit Condition Script" приступить к непосредственному написанию скрипта. Способ исполнения скрипта устанавливается в поле "Condition Type".

В рассматриваемом примере SCADA-интерфейса (см. рис. 2) за основу взят технологический переход, в котором производится контурная обработка, поэтому движение инструмента на мнемосхеме в некоторых координатах будет совпадать. В связи с этим скрипт должен быть написан таким образом, чтобы не было противоречий в условиях движения инструмента по одним и тем же координатам.

Анимация перемещения инструмента на мнемосхеме нашего SCADA-интерфейса для контура детали, показанного на рис. 2, была построена с помощью одного скрипта, реализованного по первому варианту (тип А) с использованием дополнительной переменной "per1" (рис. 8).

В таком варианте написания скрипта поле "Condition" содержит минимум условий:

```
"{detal1} start == 1 AND 1_d3 == 1 AND detal1 = = 1" – это означает, что после нажатия кнопки "Start" (переменная "start"), если была выбрана деталь № 1 (переменная "detal1") и технологический переход № 3 (переменная "1_d3"), то скрипт "{detal1}" запустится на исполнение.
```

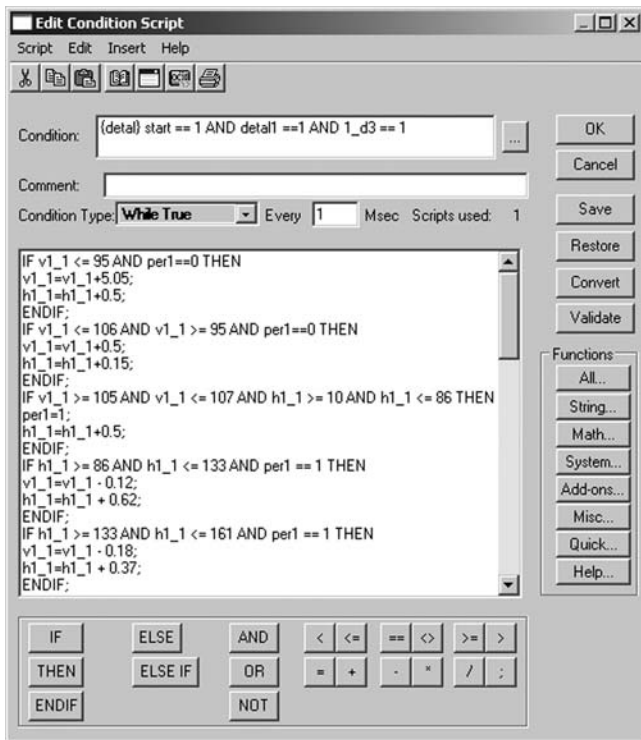


Рис. 8. Скрипт анимации движения инструмента при обработке детали по контуру

Главная часть данного скрипта написана в основном поле окна "Condition Script", а в поле "Condition Type" указан тип активации – "While True".

Скрипт анимации движения инструмента в процессе обработки детали по контуру с последующим его возвращением в исходное состояние (ноль инструмента) реализуется следующим образом.

В появившемся окне (рис. 8) устанавливаем способ исполнения скрипта "On left Click/Key Down" в поле "Condition Type", что означает выполнение скрипта при нажатии данной кнопки, и приступаем к непосредственному написанию скрипта.

```
"IF v1_1 <= 95 AND per == 0 THEN
v1_1 = v1_1 + 5.05;
h1_1 = h1_1 + 0.5;
ENDIF;
IF v1_1 <= 106 AND v1_1 >= 95 AND per1==0 THEN
v1_1 = v1_1 + 0.5;
h1_1 = h1_1 + 0.15;
ENDIF;
IF v1_1 >= 105 AND v1_1 <= 107 AND h1_1 >= 10 AND
h1_1 <= 86 THEN
per1 = 1;
h1_1 = h1_1 + 0.5;
ENDIF;
IF h1_1 >= 86 AND h1_1 <= 133 AND per1 == 1 THEN
```

```
v1_1 = v1_1 - 0.12;
h1_1 = h1_1 + 0.62;
ENDIF;
IF h1_1 >= 133 AND h1_1 <= 161 AND per1 == 1 THEN
v1_1 = v1_1 - 0.18;
h1_1 = h1_1 + 0.37;
ENDIF;
IF h1_1 <= 258 AND h1_1 >= 160 AND v1_1 <= 83 AND
v1_1 >= 81 THEN
h1_1 = h1_1 + 1;
ENDIF;
IF v1_1 <= 85 AND v1_1 >= 76 AND h1_1 >= 258 AND
h1_1 <= 260 THEN
v1_1 = v1_1 - 0.25;
ENDIF;
IF v1_1 <= 76 AND v1_1 >= 0 AND per1 == 1 THEN
v1_1 = v1_1 - 2;
h1_1 = h1_1 - 8;
ENDIF;
IF v1_1 <= 0 THEN
v1_1 = 0;
h1_1 = 0;
IF start == 1 THEN
start = 0;
per1 = 0;
ENDIF;
ENDIF;"
```

Рассмотрим второй вариант написания скрипта (тип В), в котором большая его часть записана в виде общих условий в поле "Condition". Для примера рассмотрим технологический процесс обточки наружной поверхности детали (рис. 9).

Для решения такой задачи потребуется три небольших скрипта типа "Condition Script" (рис. 10):

1) Скрипт "detal1\_1" (см. рис. 10, а).

Поле condition содержит следующие условия:

```
"{detail1_1} start == 1 AND detal1 ==1 AND 1_d1 ==
= 1 AND v1_1 <= 50 AND per1 == 0".
```

Здесь:

{detail1\_1} – комментарий, используется для обозначения скрипта "detal1\_1" и быстрого поиска его в списке скриптов;

start == 1 – условие, позволяющее запустить процесс анимации обработки детали (кнопка "Start");

detal1 == 1 – условие, означающее, что при выборе детали № 1 будет выполняться данный скрипт;

1\_d1 == 1 – условие, означающее, что данный скрипт будет выполняться, только если выбран технологический переход № 1 (переменная "1\_d1") детали № 1;

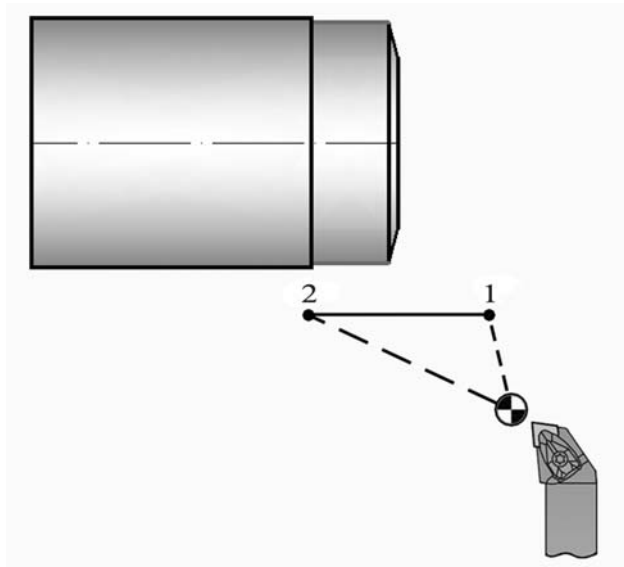


Рис. 9. Пример визуализации процесса обточки наружной поверхности детали

$v1\_1 \leq 50$  – условие, показывающее, что положение объекта по вертикали не должно превышать 50 мм;

$per1 == 0$  – значение промежуточной переменной, при которой будет выполняться данный скрипт.

Главная часть скрипта задаёт необходимое движение резца (тип активации "While True"):

```
"v1_1 = v1_1 + 5;
h1_1 = h1_1 + 0.5;"
```

Первая строка увеличивает значение переменной "v1\_1", перемещая инструмент на пять единиц по вертикали вверх, а вторая строка увеличивает на 0,5 значение переменной "h1\_1", перемещая инструмент по горизонтали влево.

2) Скрипт "deta1\_2" (см. рис. 10, б).

Поле "Condition" содержит следующие условия:

```
"{deta1_2} start == 1 AND deta1 ==1 AND 1_d1 == 1 AND h1_1 >= 5 AND h1_1 <= 88 AND v1_1 >= 50 AND v1_1 <= 55 AND per1 == 0".
```

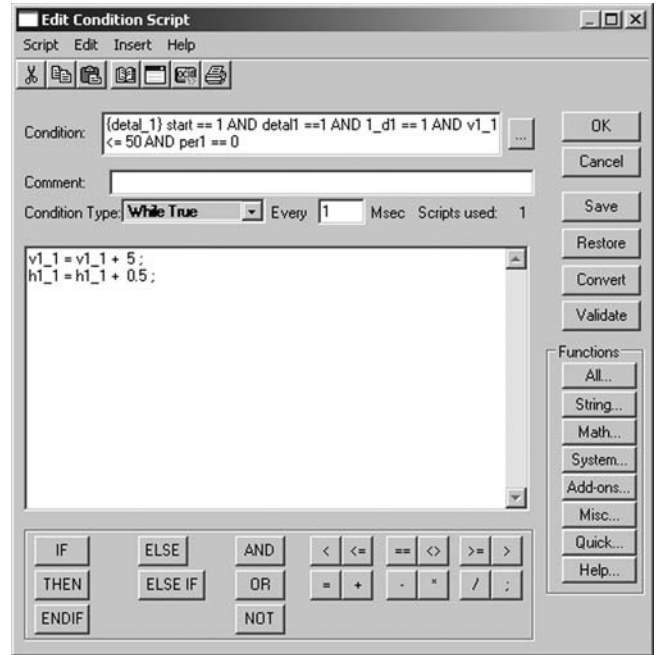
Здесь:  $h1\_1 \geq 5 \text{ AND } h1\_1 \leq 88$  – условие, показывающее, в каких пределах будет изменяться положение инструмента по горизонтали; а  $v1\_1 \geq 50 \text{ AND } v1\_1 \leq 55$  – условие, показывающее, в каких пределах будет изменяться положение инструмента по вертикали.

Главная часть скрипта задаёт необходимое движение резца по горизонтали (тип активации "While True"):

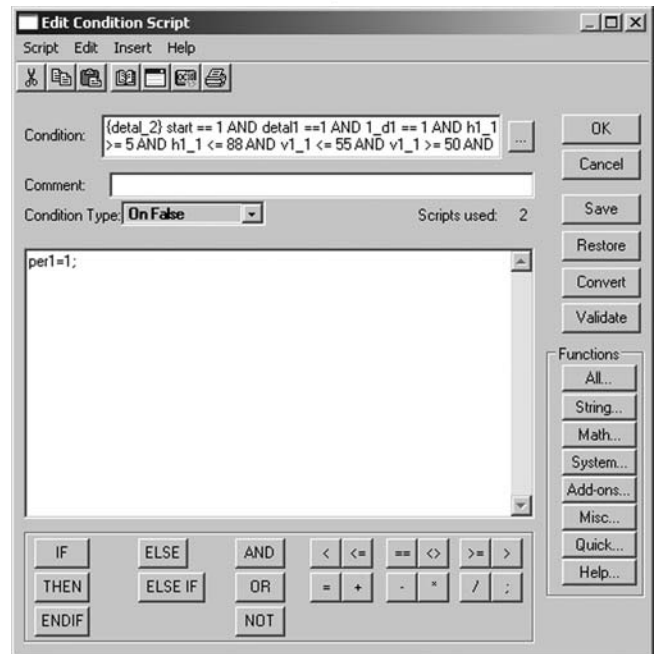
```
"h1_1 = h1_1 + 0.5;"
```

В случае выполнения скриптом условия активации "On False" (см. рис. 10, б) промежуточная переменная "per1" устанавливается в единицу:

```
"per1 = 1".
```



а)



б)

Рис. 10. Скрипты анимации движения инструмента при обточке наружной поверхности детали:

а – Скрипт "deta1\_1" при "While True"; б – Скрипт "deta1\_2" при "On False"

3) Скрипт "deta1\_3".

Поле condition содержит следующие условия:

```
"{deta1_3} start == 1 AND deta1 == 1 AND 1_d1 == 1 AND h1_1 >= 0 AND h1_1 <= 90 AND v1_1 <= 55 AND v1_1 >= 0 AND per1 == 1".
```

Главная часть скрипта задаёт необходимое движение резца по вертикали и горизонтали для возврата в исходное состояние (тип активации "While True"):

```
"v1_1 = v1_1 - 2;
h1_1 = h1_1 - 4;"
```

При достижении нулевого положения резца осуществляется обнуление всех переменных, используемых в процессе анимации движения инструмента.

```
"IF (v1_1 <= 0 OR h1_1 <= 0) THEN
v1_1 = 0;
h1_1 = 0;
IF start == 1 THEN
start = 0;
per1 = 0;
ENDIF;
ENDIF."
```

В завершении необходимо проверить работоспособность разработанных скриптов и мнемосхемы в целом, используя исполнительную среду SCADA-системы. В InTouch переход системы в среду исполнения "WindowViewer" осуществляется с помощью кнопки "Runtime" (находится в правом верхнем углу на главной панели среды разработки "WindowMaker").

Рассмотренный выше SCADA-интерфейс и отдельные фрагменты его программных скриптов раскрывают лишь небольшие возможности SCADA-систем по написанию собственных вариантов поведения объектов настолько это возможно в рамках данной статьи. Может показаться, что использование скриптов при создании динамических SCADA-интерфейсов несколько усложняет саму систему мониторинга, и проще, с точки зрения её реализации, выбрать более дорогостоящий SCADA-пакет с уже имеющейся библиотекой готовых элементов (при условии, конечно, что в ней

были реализованы требуемые динамические объекты). Однако не следует спешить с выводами. Надо обязательно осваивать этот, по большей степени ещё не задействованный в широких массах, потенциал современных SCADA-систем.

#### *Библиографические ссылки*

1. Прошин А.И., Молянов Р.В. Полномасштабная автоматизация турбогенераторов № 1 и 2 Сормовской ТЭЦ на базе ПТК "КРУГ–2000" // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2010. № 12. С. 43–45.
2. Бабков А.В. Опыт создания автоматизированной системы управления этиленпроводом газового производства в ОАО "Саянскхимпласт" на базе контроллеров "Сателлит" и SCADA-пакета "Сириус-QNX" // Промышленные АСУ и контроллеры. 2002. № 11. С. 21–24.
3. Патрахин В.А. Комплексный подход к вопросам автоматизации в пищевой промышленности // Автоматизация в промышленности. 2008. № 2. С. 53–57.
4. Золотарев С. Опыт использования RealFlex для создания больших АСУТП // Мир компьютерной автоматизации. 1999. № 3. URL: <http://www.mka.ru/?p=41772> (дата обращения: 23.10.2013).
5. Андреев Е.Б., Попадьюк В.Е. Программные средства систем управления технологическими процессами в нефтяной и газовой промышленности: учеб. пособие. М.: ФГУП Изд-во "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. 268 с.
6. Матвейкин В.Г., Фролов С.В., Шехтман М.Б. Применение SCADA-систем при автоматизации технологических процессов: учеб. пособие для студентов вуз. М.: Машиностроение, 2000. 176 с.
7. Программирование АСУ ТП на основе GENESIS 32: учеб. пособие. М.: ProSoft, 2008. 255 с.
8. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: учеб. пособие. Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ, 2007. 84 с.
9. Курнасов Е.В. Практическая реализация объектной привязки технических устройств в SCADA-системах // СТИН. 2012. № 8. С. 2–6.

### **ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

Требования к оформлению статей, присылаемых для публикации,  
можно найти на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru)

УДК 621.744.37

С.А. Микаева, д-р техн. наук, проф., А.С. Микаева  
(Московский государственный университет приборостроения и информатики),  
О.Е. Железникова, канд. техн. наук, С.В. Прытков  
(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск)

mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

*Описаны новый метод определения пространственных характеристик излучения светодиодов и метрологический комплекс Imaging Sphere<sup>TM</sup>, позволяющий измерить угловое распределение силы света  $I_\alpha$ , координаты цветности  $X$ ,  $Y$ , цветовую температуру  $T_{\text{цв}}$  в диапазоне  $0-180^\circ$ . Предел допускаемой основной погрешности измеряемых величин  $\leq 10\%$ . Imaging Sphere<sup>TM</sup> имеет следующие преимущества перед гониофотометрами: отсутствие погрешности при определении угла поворота; высокая скорость измерений.*

**Ключевые слова:** метод, характеристики, светодиод, метрологический комплекс.

*The new definition method for spatial characteristics of LED radiation and the metrological complex Imaging Sphere<sup>TM</sup> allowing to measure angular distribution of luminous intensity  $I_\alpha$ , chromaticity coordinate  $X$ ,  $Y$ , the color temperature  $T_{\text{c}}$  in range of  $0-180^\circ$  are described. Allowed limit of the measured sizes main error is  $\leq 10\%$ . Imaging Sphere<sup>TM</sup> has an advantage over goniophotometers: lack of an error when an angle of rotation determining; high speed of measurements.*

**Key words:** method, characteristic, LED, metrological complex.

Для решения приоритетных научных задач и проведения светотехнических исследований на современном оборудовании создан Центр коллективного пользования (ЦКП) "Светотехническая метрология". В ЦКП имеется научное оборудование, не имеющее аналогов в России, например высокоскоростной мультисканальный спектрометрический комплекс, сконфигурированный для измерений светодиодных источников света в диапазонах длин волн 380–1100 нм и 200–780 нм, а также спектрометр OL 770 в комплекте с интегрирующей сферой диаметром 2000 мм производства "Gooch&Housego" (США) [1, 2].

Одной из составляющих указанного выше комплекса является Imagin Sphere<sup>TM</sup> – устройство для измерения пространственных характеристик излучения светодиодов. Imagin Sphere<sup>TM</sup> позволяет измерить угловое распределение силы света  $I_\alpha$ , координат цветности  $X$ ,  $Y$ , цветовой температуры  $T_{\text{цв}}$  в диапазоне  $0-180^\circ$ . Предел допускаемой основной погрешности измеряемых величин  $\leq 10\%$ . Принцип работы Imagin Sphere<sup>TM</sup> разработан фирмами "Radiant Imaging" и "Royal Philips Electronics" (США).

Установка состоит из полусферы, выпуклого сферического зеркала и колориметра. Полусфера крепится к основанию плоской формы, поверхность которой поглощает практически всё падающее излучение. В основании имеется отверстие для монтажа светодиода. Основные элементы конструкции Imagin Sphere<sup>TM</sup> изображены на рис. 1. Внутренняя поверхность полусферы покрыта высококачественным светорассеивающим материалом на основе сульфата бария и графита с низким коэффициентом отражения 18–20 %. Свет, отражающийся от данного покрытия, равномерно рассеивается по поверхности полусферы, создавая при этом одинаковую освещённость на всех её участках. Коэффициент отражения покрытия основания полусферы стремится к нулю.

Суммарная освещённость каждого участка поверхности полусферы определяется по формуле:

$$E_{\text{сум}} = E_{\text{пр}} + \rho / (1 - \rho) (\Phi / 2\pi r^2), \quad (1)$$

где  $E_{\text{пр}}$  – освещённость, создаваемая светодиодом в данной точке при непосредственном падении света на внутреннюю поверхность;  $\rho$  – коэффициент отражения полусферы;  $r$  – радиус полусферы;  $\Phi$  – световой поток светодиода.

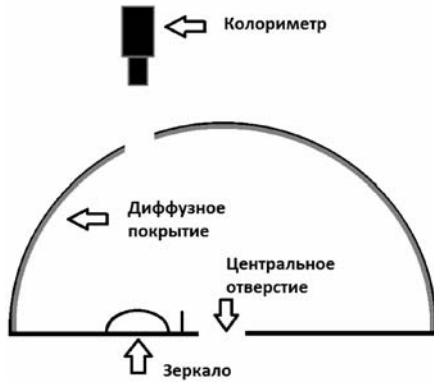


Рис. 1. Основные элементы конструкции устройства Imagin Sphere™

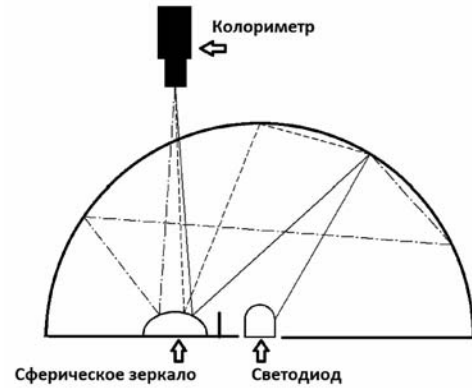


Рис. 2. Ход лучей в полусфере

Освещённость от рассеянного света пропорциональна световому потоку светодиода:

$$E = \rho / (1 - \rho) (\Phi / 2\pi r^2). \tag{2}$$

Её значение обычно не превышает 1 % от освещённости, создаваемой суммарной освещённостью  $E_{np}$  (за счёт введения в состав покрытия внутренней поверхности полусферы графита).

Процесс измерений происходит следующим образом. Свет, излучаемый светодиодом в заданном направлении (обозначен сплошной линией на рис. 2), падает на внутреннюю поверхность полусферы, а затем диффузно отражается. Часть отражённых лучей (пунктирная линия) сразу попадает на зеркало и проецируется на поверхность прибора с зарядовой связью (ПЗС) светочувствительной ПЗС-матрицы. Таким образом, оценивается значение первичной освещённости в данной точке. Другая часть отражённых лучей (обозначены штрихпунктирной линией) многократно переотражается всеми участками полусферы, а затем также попадает на зеркало и проецируется на поверхность светочувствительной ПЗС-матрицы.

Для того чтобы оценить эффект, создаваемый рассеянным светом, между светодиодом и зеркалом ставится экран (рис. 3), размер которого подобран таким образом, чтобы предотвратить попадание на зеркало прямых лучей от светодиода.

В результате на поверхности полусферы образуется область, где освещённость участков определяется только действием рассеянного света. Изображение этой области содержит информацию, необходимую для оценки действия рассеянного света с последующим введением поправки при расчёте светораспределения.

Необходимо отметить, что центральное расположение светодиода обеспечивает равноудалён-

ность участков поверхности полусферы, благодаря чему освещённость точно характеризует распределение силы света источника в пространстве:

$$I_\alpha = E r^2, \tag{3}$$

где  $I$  – сила света в данном направлении.

Так как зеркало располагается не в центре полусферы, то изображение её внутренней поверхности несколько искажено и оценивается с помощью трассировки лазерного луча, а затем программно исправляется (рис. 4).

Пучок света, идущий от зеркала, последовательно перекрывается светофильтрами, спектральные коэффициенты пропускания которых подобраны таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

$$\begin{aligned} \tau_1(\lambda) S(\lambda) &= a\bar{x}(\lambda); \\ \tau_2(\lambda) S(\lambda) &= a\bar{y}(\lambda); \\ \tau_3(\lambda) S(\lambda) &= a\bar{z}(\lambda), \end{aligned} \tag{4}$$

где  $\tau_1(\lambda)$ ,  $\tau_2(\lambda)$ ,  $\tau_3(\lambda)$  – спектральные коэффициенты пропускания светофильтров;  $S(\lambda)$  – спектральная чувствительность кремния;  $a$  – коэффициент пропорцио-

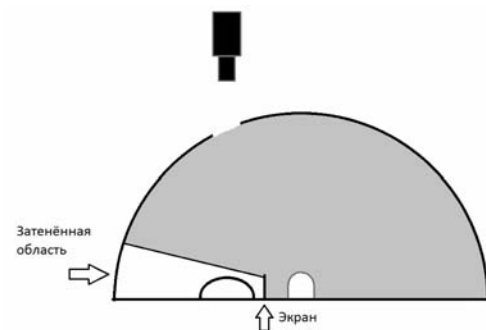
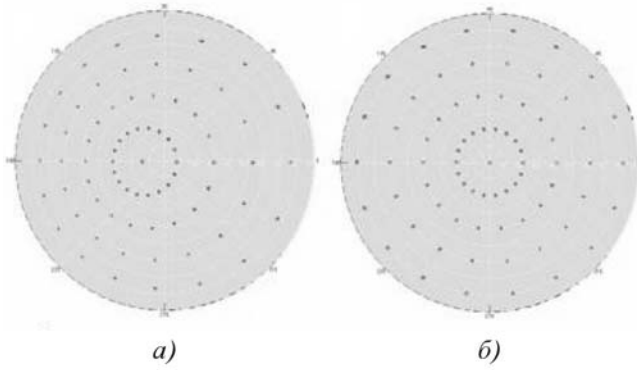


Рис. 3. Экран и образованная им затенённая область



**Рис. 4. Изображение поверхности полусферы:**  
 а – искажённое; б – исправленное

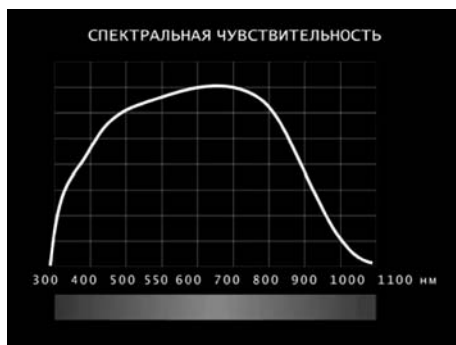
нальности;  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  – функции удельных координат цвета (кривые сложения) в системе XYZ.

Фотоны, падающие на поверхность ПЗС-матрицы, генерируют свободные носители заряда. Пиксели имеют свою ёмкость. По времени накопления заряда (времени экспозиции) можно судить об интенсивности падающего излучения. Время экспозиции пучка света, прошедшего через разные светофильтры, будет разным и пропорциональным координатам цвета. Данный факт позволяет определить угловое распределение коррелированной цветовой температуры и координат цветности в системе XYZ. Для определения распределения силы света используется только зелёный светофильтр, для которого

$$r(\lambda) S(\lambda) = aV(\lambda), \tag{5}$$

где  $V(\lambda)$  – относительная спектральная световая эффективность.

В колориметре кроме трёх цветных светофильтров установлены два нейтральных, действующие в случае высокой интенсивности излучения.



**Рис. 5. Спектральная чувствительность кремниевых фотоэлементов**

Использование в качестве приёмника излучения ПЗС-матрицы обусловлено возможностью дискретного получения и передачи сигнала. В результате за один тот же момент времени можно получать информацию о силе света по разным направлениям пространства. Необходимо отметить, что чувствительность каждого пикселя отличается. На рис. 5 приведена усреднённая спектральная чувствительность кремния (материала, из которого изготавливается светочувствительная ПЗС-матрица).

Каждый пиксель представляет собой самостоятельный фотоэлемент с индивидуальными характеристиками, для которого необходима индивидуальная калибровка. Для этого на каждый пиксель должен падать свет с известной силой. В противном случае процесс калибровки может затянуться из-за большого числа 262 144 ячеек. Эти условия выполняются при использовании эталона, разработанного производителем.

Основными элементами конструкции эталона являются источник света со стабильными параметрами (галогенная лампа накаливания (ГЛН)), небольшая интегрирующая сфера, молочное стекло. Свет ГЛН входит в сферу с диффузным покрытием и после многократного переотражения равномерно распределяется по поверхности молочного стекла, закреплённого на сфере. Проходя сквозь молочное стекло, зависимость силы света от направления принимает косинусный характер:

$$I_{\alpha} = I_0 \cos \alpha, \tag{6}$$

где  $I_{\alpha}$  – сила света в направлении угла  $\alpha$ ;  $I_0$  – осевая сила света.

При проведении калибровки эталон также устанавливается в центре полусферы. Спектральная чувствительность каждого пикселя записывается в ПЗУ компьютера и извлекается при обработке поступающего сигнала.

Угловое разрешение *Imagin Sphere*<sup>TM</sup> определяется количеством ячеек (пикселей) матрицы и составляет 0,5°. При этом сигнал с каждой ячейки обрабатывается отдельно. Однако во многих случаях достаточно разрешения 1° или более, т. е. нет необходимости обрабатывать сигнал, поступающий от каждого пикселя. Как самостоятельный фотоэлемент можно рассматривать группу ячеек (например, 2×2) и обрабатывать сигнал, поступающий от группы в целом, что существенно сократит время проведения измерения. Всего предусмотрено 3 группы: 1×1 (1 пиксель), 2×2 (4 пикселя), 4×4 (16 пикселей).

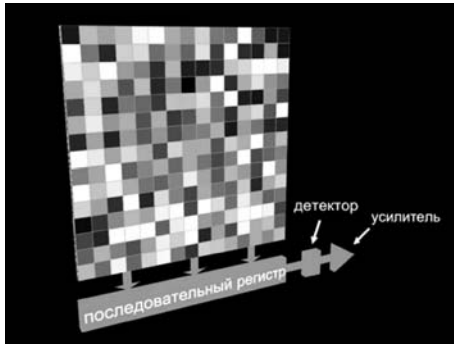


Рис. 6. Архитектура полнокадровой ПЗС-матрицы

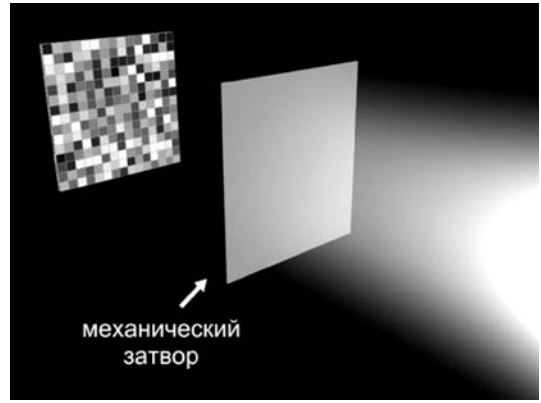


Рис. 7. Механический затвор для управления экспозицией

В *Imagin Sphere™* используется полнокадровая ПЗС-матрица, которая имеет архитектуру, изображённую на рис. 6. Для экспозиции, накопления и переноса заряда в ней используются все ячейки. Во время работы полнокадровой ПЗС-матрицы необходим механический затвор (рис. 7), который используется для управления экспозицией и блокировки света, чтобы ПЗС-матрица не освещалась в процессе считывания. Однако, если полностью убрать свет, то в светочувствительном слое всё равно присутствуют заряды, вызванные термогенерацией. Поэтому пока носителей заряда, обусловленных внутренним фотоэффектом, будет меньше носителей, полученных в результате термогенерации, полезный сигнал получить нельзя. По этой причине перед началом измерения температура матрицы с помощью системы жидкостного охлаждения снижается до минус 10 °С. Алгоритм измерения светодиода и его краткое описание представлены на рис. 8. Все измерения должны сохраняться в базе данных. Поэтому первым шагом перед началом испытаний необходимо либо создание новой базы данных, либо открытие существующей. Однотипные измерения удобно сохранять в отдельной базе. Далее определяют использование существующих настроек или устанавливаются новые. По умолчанию пользователю предлагается две предустановленные настройки. Если он хочет определить новые настройки, то может установить скорость и количество считываний сигнала, режимы использования светофильтров, выполнить калибровку, установить тип измерений, настроить способ представления результата измерения.

Увеличение скорости считывания сигнала уменьшает время измерения. Однако побочным эффектом является увеличение соотношения сигнал/шум. Установка количества считываний необходима для того, чтобы можно было усреднить значения. При установке режима использо-

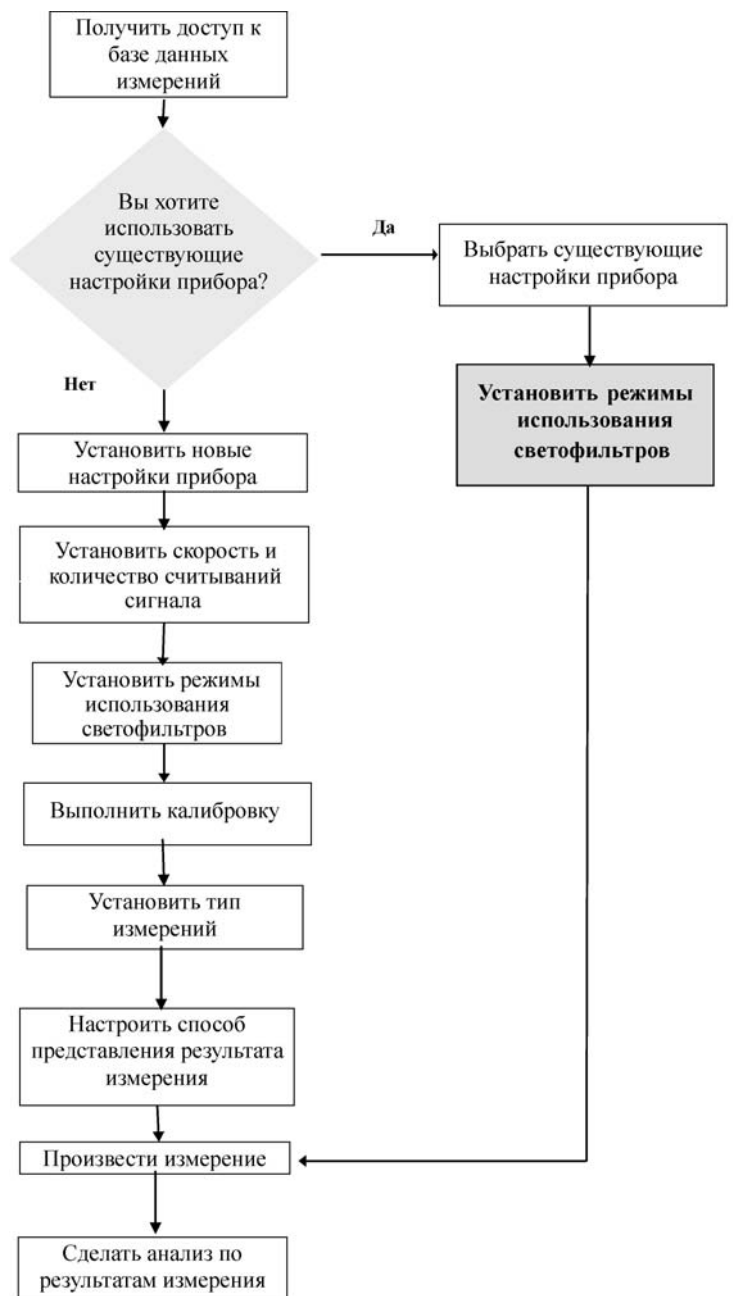


Рис. 8. Алгоритм измерения светодиода



вания светофильтров, можно определить какие светофильтры необходимо задействовать для данного измерения и какое при этом должно быть время экспозиции. Калибровку следует выполнять при необходимости. Производитель рекомендует интервал в один месяц.

Далее определяется тип производимого измерения: распределение силы излучения, силы света или распределение координат цветности и цветовой температуры. Затем можно определить представление результатов испытаний. Кривую силы света можно представить в полярной и прямоугольной системах координат. Кроме того, возможен просмотр фотометрического тела светодиода. После окончательной настройки прибора осуществляют измерение.

Результаты о светораспределении светодиода можно сохранять в форматах: IESNA:LM-63–1995, IESNA:LM-63–2002, IESNA:LM-74–05 в новой версии программного обеспечения.

Преимуществом использования устройства Imagin Sphere™ при измерении пространственных характеристик излучения является то, что в данном устройстве отсутствуют недостатки, присущие гониофотометрам: наличие погрешности при определении угла поворота; длительность процесса измерения.

Метрологические возможности оборудования позволяют выполнять измерения световых, энергетических, спектральных, колориметрических характеристик как источников оптического излучения, так и световых приборов на их основе, в том числе светодиодных.

#### *Библиографические ссылки*

1. Микаева С.А., Железникова О.Е., Сеницына Л.В. Оборудование для световых измерений // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 9. С. 7–10.

2. Микаева С.А., Железникова О.Е., Сеницына Л.В. Комплекс современного исследовательского оборудования для световых измерений // Вестник МГУПИ. 2013. № 44. С. 5–11.

УДК 004.051, 004.057.6

**А.В. Соколов**, канд. физ.-мат. наук, доц.

(Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики" (НИУ-ВШЭ), г. Москва),

avsokolov2003@list.ru

## **ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РЕЛЕВАНТНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПОИСКА НЕЧЁТКОЙ И РАЗЛИЧНО СТРУКТУРИРОВАННОЙ ФАКТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Обоснован подход к оценке релевантности и эффективности поиска в базах данных, содержащих нечёткую информацию, а также поиска информации во взаимодействующих информационных системах с различной структурой данных. Показано, что в случае инфологической совместимости двух информационных систем при оптимальном переводе запросов информационные потери и шумы отсутствуют. Приведён пример, показывающий, что при неполной совместимости систем оптимальный перевод составного запроса может не совпадать с логической функцией от оптимальных элементарных запросов.*

**Ключевые слова:** фактографическая АИС, нечёткая характеристика, оценка результативности поиска, инфологическая совместимость АИС.

*The approach to an assessment of the search relevance and efficiency in the databases containing fuzzy information and also information search in interacting information systems with various structures of data is justified. It is shown that in case of information-logical compatibility of two information systems at optimum inquiries transfer information losses and noise are absent. The example, that in case of incomplete compatibility of systems the optimum transfer of compound inquiry can not coincide with logical function from optimum elementary inquiries, is given.*

**Key words:** the factual IRS (information retrieval system), the fuzzy characteristic, search effectiveness assessment, infological compatibility IRS.

**Введение.** В документальных автоматизированных информационных системах (АИС), основное содержание которых составляет текстовая (доку-

ментальная) информация, оценка результативности поиска основывается на понятии релевантности. Выданный по результатам поиска документ

считается релевантным, если его основное смысловое содержание соответствует содержанию запроса [1, 2]. В связи с этим вводятся показатели, характеризующие степень соответствия выданного множества документов заданному запросу к АИС. Чаще всего используются два показателя – коэффициенты полноты  $k_n$  и точности  $k_t$  поиска:

$$k_n = \frac{n_{вр}}{n_p}; \quad k_t = \frac{n_{вр}}{n_b}, \quad (1)$$

где  $n_p$ ,  $n_b$ ,  $n_{вр}$  – количество релевантных, выданных и выданных релевантных документов соответственно.

Эффективность поискового механизма оценивается усреднёнными значениями этих показателей.

В фактографических АИС, базы данных которых содержат чёткую, точную и достоверную информацию, вопрос об оценке результативности поиска в рассматриваемом аспекте не возникает: выдаётся только вся запрашиваемая информация. Если некоторая часть данных обладает свойствами нечёткости, неточности или недостоверности, то при поиске возможны информационные потери и/или шумы. То же самое имеет место и при поиске во взаимодействующих АИС с различной структурой данных даже в случае чётких, точных и достоверных данных. Возникает вопрос, как оценить результативность поиска в указанных выше случаях.

Предлагается подход к оценке результативности поиска в АИС с нечёткими данными, а также поиска информации в АИС, имеющей одну структуру данных (чётких или нечётких), по запросу, сформулированному в другой структуре данных. Вопрос, связанный с неточностью и недостоверностью данных, оставим за рамками данного рассмотрения.

**Основные понятия.** Так как вопрос о результативности поиска связан с содержательной стороной обрабатываемой информации, то инфологически изоморфные структуры данных (т. е. преобразуемые из одной структуры в другую без искажения содержания информации) будем считать тождественными. Для удобства рассмотрения выберем объектно-признаковую модель данных, построенную на следующих элементах: объект  $q$ , характеристика (признак)  $l$ , значение характеристики  $a$  (например,  $q$  – конкретная персона;  $l$  – фамилия;  $a$  – Иванов). Факт запишем формулой  $l(q) = a$ .

Будем считать, что в АИС накапливается информация по одному или нескольким типам объектов  $Q = \{q\}$ . Тип (множество) объектов  $Q$  назовём объектом учёта (ОУ) АИС, а сами объекты  $q$  – экземплярами ОУ (ЭОУ). ОУ и его экземпляры описываются однотипным набором свойств  $(l, a)$ , т. е. характеристик и их значений. Значениями характеристики могут быть термины (лексические единицы, понятия). Множество всех возможных значений характеристики в этом случае назовём словарём характеристики и обозначим буквами  $A$  или  $B$ , конкретные значения – буквами  $a$  и  $b$  с индексами. При необходимости группировки характеристик используются вспомогательные объекты  $m$  (например, "место работы", описываемое характеристиками "название организации", "должность", "время работы" и т. д.). Тогда значением характеристики (персона) может быть объект (организация). Определённое значение при этом имеет составная характеристика – конкатенация  $l = l_1, l_2, \dots, l_k$ , если значением последней (в этой цепочке) характеристики  $l_k$  является термин, т. е.

$$l(q) = a \Leftrightarrow (l_1(q) = m_1) \wedge \\ \wedge (l_2(m_1) = m_2) \wedge \dots \wedge (l_k(m_{k-1}) = a).$$

Далее под характеристикой будем понимать простую или составную характеристику, значением которой является термин.

**Определение 1.** Характеристику  $l$  будем называть чёткой, если для любого  $q \in Q$  и любого значения  $a$ ,  $a \in A$  этой характеристики существует однозначный ответ на вопрос, является ли  $a$  значением характеристики  $l$  для данного  $q$ , т. е. утверждение  $l(q) = a$  является либо истинным, либо ложным. В противном случае характеристику  $l$  будем называть нечёткой [3]. Примерами нечётких характеристик являются цвет волос или глаз персоны, оценка ценности информации, заключённой в документе, и т. д.

Чёткая однозначная характеристика  $l$  задаёт на множестве  $Q$  классификацию, разбивая ОУ  $Q$  на непересекающиеся подмножества – классы  $Q_a = \{q \in Q | l(q) = a\}$ ,  $a \in A$ , т. е. множества ЭОУ  $q$ , обладающие одним и тем же свойством  $(l, a)$  или одним и тем же значением характеристики  $l$ . Множество  $Q_a$  будем называть объёмом свойства  $(l, a)$  или, когда ясно, о какой характеристике идёт речь, – объёмом понятия  $a$ . Если  $Q_a = \bigcup_{j=1}^k Q_{b_j}$ , то бу-

дем также писать  $a = \bigvee_{j=1}^k b_j$ .

Нечёткая однозначная характеристика задаёт нечёткую классификацию

$$Q_a = \{\mu_a(q), q \in Q\}, a \in A,$$

где  $\mu_a(q) \in [0; 1]$  – значение функции принадлежности элемента  $a$  к множеству  $Q_a$  [3].

Будем считать, что АИС может обрабатывать запросы вида:

$$\text{Найти } q \in Q: P(q); \text{ Выдать: } l_1(q), \dots, l_h(q), \quad (2)$$

где  $P(q)$  – предикат, составленный из элементарных запросов вида  $l(q) = a$  с помощью логических связок "и" ( $\wedge$ ), "или" ( $\vee$ ) и "не" ( $\neg$ );  $l_i, i = 1, \dots, h$  – характеристики найденных ЭОУ  $q$ , значения которых требуется выдать.

**Понятия релевантности и результативности поиска в фактографических АИС.** Рассмотрим возможность применения подхода, используемого для оценки эффективности поискового механизма документальных АИС, к оценке результативности поиска в фактографических информационных системах, т. е. как логично определить понятия релевантности, полноты и точности поиска для фактографических АИС.

Пусть сформулирован запрос вида (2). Результатом обработки первой, идентифицирующей части запроса "Найти  $q \in Q: P(q)$ " является некоторое подмножество ЭОУ  $\{q\} = Q' \subseteq Q$ . Результатом обработки второй части запроса является совокупность утверждений вида  $l_i(q) = a_i, i = 1, \dots, h$ , которые можно интерпретировать как свойства  $(l_i, a_i)$  ЭОУ  $q$ .

По аналогии с документальными АИС логично предположить, что коэффициент полноты поиска должен быть равен отношению объёма выданной релевантной информации  $|I_{\text{вр}}|$  к объёму всей релевантной информации  $|I_p|$ , имеющейся в АИС:

$$k_{\text{п}} = \frac{|I_{\text{вр}}|}{|I_p|}. \text{ Аналогично коэффициент точности равен отношению объёма выданной релевантной информации } |I_{\text{вр}}| \text{ к объёму всей выданной информации } |I_{\text{в}}|: k_{\text{т}} = \frac{|I_{\text{вр}}|}{|I_{\text{в}}|}. \text{ Возникает вопрос, как определить объёмы релевантной и выданной информации, т. е. что считать единицами релевантной и выданной информации.}$$

В документальных АИС при оценке коэффициентов полноты и точности поиска единицей информации считается документ, который является и экземпляром объекта учёта "Документ". По аналогии с этим в фактографических АИС единицей информации целесообразно считать ЭОУ  $q$

(конкретную персону, конкретную организацию и т. п.).

Далее в документальных АИС при определении релевантности документа по отношению к запросу оценивается соответствие запросу содержания документа в целом. Так, если какой-то фрагмент документа отвечает содержанию запроса, а остальная часть может не соответствовать ему, то документ всё равно считается релевантным, т. е. наличие лишней информации не влияет на оценку релевантности. Таким образом, оценка осуществляется на уровне ЭОУ (конкретного документа).

По аналогии со сказанным выше и в случае фактографической АИС предлагается оценивать релевантность на уровне ЭОУ в целом, т. е. считать ЭОУ  $q$  релевантным запросу пользователя, если этот ЭОУ соответствует содержанию запроса пользователя. При таком подходе объёмом релевантной информации следует считать количество ЭОУ, удовлетворяющих поисковому условию запроса  $P(q)$ , а в качестве выданной – количество ЭОУ, описание (свойства) которых выдаётся системой. Для большей убедительности можно допустить, что на запрос выдаётся вся имеющаяся в АИС информация о найденных ЭОУ. И тогда вопрос о релевантности или нерелевантности выданных свойств (релевантного или нерелевантного ЭОУ) отпадет сам собой.

Однако и при таком подходе к оценке эффективности поискового механизма фактографических систем имеется своя особенность, которая отсутствует в документальных АИС. Дело в том, что в документальных системах выдаётся сам объект оценки релевантности – документ (текст), в то время как в фактографических системах обычно сами объекты оценки релевантности (например, персона, организация и т. п.) не выдаются. Насколько соответствует сам объект содержанию сформулированного запроса, приходится судить только по выданному описанию. Таким образом, для оценки релевантности ЭОУ может быть недостаточно информации.

В связи со сказанным выше, для оценки эффективности поискового аппарата фактографической АИС предлагается следующий подход:

1. Считать, что при поиске выдаётся сам объект оценки релевантности (ЭОУ), по которому определяется, насколько он соответствует описанию, данному в запросе.

2. Фактически на представительных множествах ЭОУ, запросов и экспертов провести эксперимент по описанию ЭОУ и оценке релевантности с

подсчётом коэффициентов полноты и точности поиска.

3. Полученные статистические данные перенести на реально осуществляемый поиск в АИС в качестве усреднённой оценки эффективности поискового механизма.

Так как при использовании в запросе нечётких характеристик мнения разных пользователей-экспертов могут различаться, то и понятие релевантности становится нечётким, т. е. можно говорить о степени релевантности. Для простого запроса вида  $l(q) = a$  это  $\mu_a(q)$ . В работе [3] показано, что коэффициенты полноты и точности поиска для простых запросов, обработанных без расширения, могут быть вычислены по формуле

$$k_n(a) = k_T(a) = \frac{\sum_{q \in Q} \mu_a^2(q)}{\sum_{q \in Q} \mu_a(q)},$$

а если для повышения полноты выдачи вместо простого запроса  $l(q) = a$  обрабатывается расширенный запрос  $l(q) = \bigvee_{i=1}^{k(a)} a_i$ , то

$$k_n(a) = \frac{\sum_{i=1}^{k(a)} \sum_{q \in Q} (\mu_{a_i}(q) \mu_a(q))}{\sum_{q \in Q} \mu_a(q)} = \frac{\sum_{i=1}^{k(a)} |Q_a Q_{a_i}|}{|Q_a|};$$

$$k_T(a) = \frac{\sum_{i=1}^{k(a)} \sum_{q \in Q} (\mu_{a_i}(q) \mu_{a_i}(q))}{\sum_{i=1}^{k(a)} \sum_{q \in Q} \mu_{a_i}(q)} = \frac{\sum_{i=1}^{k(a)} |Q_{a_i} Q_{a_i}|}{\sum_{i=1}^{k(a)} |Q_{a_i}|},$$

где  $|Q_a| = \sum_{q \in Q} \mu_a(q)$  – мощность нечёткого множества  $Q_a$ ;

$|Q_a Q_{a_i}| = \sum_{q \in Q} (\mu_a(q) \mu_{a_i}(q))$  – одно из обобщений мощности пересечения множеств для нечёткого случая.

Эксперимент целесообразно проводить на массиве простых запросов, так как его проведение на массиве сложных запросов слишком затратно и по сути ничего нового не даёт. При этом следует рассмотреть различные варианты обработки запроса: с расширениями; использованием отбора ЭОУ, имеющих значение функции принадлежности не ниже порогового [3], и последующим выбором наилучшего варианта обработки. При таком подходе методы оценки эффективности поиска для

документальных систем [4] могут быть применены также и для поиска по нечётким характеристикам в фактографических АИС.

**Понятия релевантности и результативности поиска различно структурированной фактографической информации.** Описанный подход к оценке релевантности может быть применён также для оценки результативности поиска в АИС, структура данных которой отличается от структуры данных запроса. Предполагается, что запрос задаётся на языке запросов АИС<sub>1</sub>, базирующемся на структуре данных этой системы, а поиск проводится в АИС<sub>2</sub>, имеющей свою структуру данных. Для обработки запроса в АИС<sub>2</sub> необходимо осуществить его преобразование, т. е. представить на языке запросов АИС<sub>2</sub>. При этом релевантность оценивается как соответствие выданных ЭОУ изначально сформулированному запросу. Таким образом, при поиске не будет потерь и шумов, если на запрос будут выданы только все релевантные ЭОУ из АИС<sub>2</sub>.

Сначала рассмотрим поиск по элементарному запросу вида  $l(q) = a$ . Как и в документальных АИС, оценку эффективности поиска будем основывать на значениях коэффициентов полноты и точности поиска (1).

Пусть в АИС<sub>1</sub> и АИС<sub>2</sub> накапливается информация по одному и тому же объекту учёта  $Q$  и в структуре его описания в обеих АИС имеются семантически подобные чёткие характеристики  $l^1$  и  $l^2$ , но обладающие различными словарями  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  и  $B = \{b_1, \dots, b_m\}$  (например, характеристика *рост* со словарями значений  $A = \{\text{высокий, среднего роста, низкий}\}$  и  $B = \{\text{высокий, выше среднего роста, среднего роста, низкий}\}$ ).

Системы классификации  $l^1$  и  $l^2$  различаются при несовпадении словарей ( $A \neq B$ ). Характеристика  $l^1$  задаёт разбиение на классы  $Q = \bigcup_{i=1}^n Q_{a_i}$ ,

а  $l^2$  – на  $Q = \bigcup_{j=1}^m Q_{b_j}$ .

**Определение 2.** Будем говорить, что система классификации  $l^2$  совместима с системой классификации  $l^1$ , если любая лексическая единица  $a$  словаря  $A$  представима в виде некоторой дизъюнкции  $a = \bigvee_{j \in \varphi(a)} b_j$  лексических единиц словаря  $B$ .

Из определения 2 следует, что если система классификации  $l^2$  совместима с системой классификации  $l^1$ , то любой элементарный запрос  $l^1(q) = a$ ,  $a \in A$ , заданный на языке АИС<sub>1</sub>, может быть адекватно обработан в АИС<sub>2</sub>. Для этого необ-

ходимо преобразовать его в запрос на языке АИС<sub>2</sub> следующим образом:

$$l^1(q) = a \rightarrow l^2(q) = \bigvee_{j \in \varphi(a)} b_j.$$

При таком преобразовании запроса не возникает ни потерь информации, ни информационного шума. Однако далеко не всегда имеет место совместимость систем классификации даже для семантически однородных характеристик. Тогда для оценки качества поиска целесообразно использовать коэффициенты полноты и точности поиска – для чётких характеристик [5]:

$$k_{\Pi}(a) = \frac{\sum_{b \in \varphi(a)} |Q_a \cap Q_b|}{|Q_a|};$$

$$k_{\Gamma}(a) = \frac{\sum_{b \in \varphi(a)} |Q_a \cap Q_b|}{\sum_{b \in \varphi(a)} |Q_b|}$$

и нечётких характеристик [6]:

$$k_{\Pi}(a) = \frac{\sum_{j \in \varphi(a)} \sum_{q \in Q} (\mu_a(q) \mu_{b_j}(q))}{\sum_{q \in Q} \mu_a(q)} = \frac{\sum_{j \in \varphi(a)} |Q_a Q_{b_j}|}{|Q_a|};$$

$$k_{\Gamma}(a) = \frac{\sum_{j \in \varphi(a)} \sum_{q \in Q} (\mu_a(q) \mu_{b_j}(q))}{\sum_{j \in \varphi(a)} \sum_{q \in Q} \mu_{b_j}(q)} = \frac{\sum_{j \in \varphi(a)} |Q_a Q_{b_j}|}{\sum_{j \in \varphi(a)} |Q_{b_j}|}.$$

**Оценка эффективности поиска для сложных запросов.** Пусть теперь имеем сложный запрос, составленный из элементарных запросов с помощью логических операций конъюнкции, дизъюнкции и отрицания. Спрашивается, как следует задавать преобразование таких запросов, чтобы получить наилучшие значения показателей поиска.

Начнем рассмотрение этого вопроса со случая полной совместимости. Тогда справедливо следующее *утверждение*.

Пусть для каждой характеристики из некоторого множества характеристик АИС<sub>1</sub>  $l_i^1, i \in I$  существует характеристика АИС<sub>2</sub>  $l_j^2, j \in J$ , задающая систему классификации  $(l_j^2, B_j)$ , совместимую с системой классификации  $(l_i^1, A_i)$ , задаваемой характеристикой  $l_i^1$ . И пусть  $g(l_i^1(q) = a_1, \dots, l_k^1(q) = a_k)$  – запрос из АИС<sub>1</sub>, составленный из элементарных запросов вида  $l_i^1(q) = a_i, a_i \in A_i, i \in I$ , с помощью логических опе-

раций конъюнкции, дизъюнкции и отрицания переведён для поиска в АИС<sub>2</sub> как  $g(\bigvee_{j \in \varphi(a_1)} l_{1j}^2(q) = b_{1j}, \dots, \bigvee_{j \in \varphi(a_k)} l_{kj}^2(q) = b_{kj})$ , где  $Q_{\bigvee_{j \in \varphi(a_i)} b_{ij}} = Q_{a_i}$ .

Тогда коэффициенты полноты и точности поиска с непустым результатом по любому такому запросу равны единице.

*Доказательство.* Пусть выполнены условия утверждения и имеется сложный запрос  $g(l_i^1(q) = a_1, \dots, l_k^1(q) = a_k)$ , составленный из элементарных запросов  $l_i^1(q) = a_i, a_i \in A_i, i = 1, \dots, k$ , с помощью операций конъюнкции, дизъюнкции и отрицания. Тогда множество релевантных ЭОУ будет равно  $g'(Q_{a_1}, \dots, Q_{a_k})$ , где функция  $g'$  строится на основе функции  $g$  заменой операций: конъюнкции – на пересечение; дизъюнкции – на объединение; отрицания – на дополнение (до  $Q$ ).

Переведём запрос  $g(l_i^1(q) = a_1, \dots, l_k^1(q) = a_k)$  в  $g(\bigvee_{j \in \varphi(a_1)} l_{1j}^2(q) = b_{1j}, \dots, \bigvee_{j \in \varphi(a_k)} l_{kj}^2(q) = b_{kj})$ , где  $Q_{\bigvee_{j \in \varphi(a_i)} b_{ij}} = Q_{a_i}$ , что возможно благодаря совместимости классификации  $(l_j^2, B_j)$  с классификацией  $(l_i^1, A_i)$ . Тогда на этот запрос будет выдано множество ЭОУ:

$$g'(Q_{\bigvee_{j \in \varphi(a_1)} b_{1j}}, \dots, Q_{\bigvee_{j \in \varphi(a_k)} b_{kj}}) = g'(Q_{a_1}, \dots, Q_{a_k}).$$

Это означает, что множество выданных ЭОУ совпадает с множеством релевантных, т. е. ни информационных потерь, ни информационных шумов не возникает, и если результат поиска не пуст, то по данному запросу  $k_{\Pi} = 1, k_{\Gamma} = 1$ .

Возникает вопрос, справедливо ли аналогичное заключение для неполной совместимости, т. е. когда коэффициенты полноты и точности поиска для сопоставляемых характеристик ни при каком преобразовании не равны единице одновременно. А именно, верно ли, что наилучшее преобразование сложного запроса строится на основе наилучших преобразований входящих в него элементарных запросов. Хотя это утверждение кажется весьма правдоподобным, в общем случае доказать его справедливость невозможно, так как существуют примеры, когда перевод в другого рода конструкцию даёт лучшие результаты по сравнению с предложенным способом. Кроме того, значения коэффициентов полноты и точности поиска при переходе от элементарных запросов к их конъюнкциям могут как увеличиться, так и уменьшиться. Покажем это на примере.

Пусть

$l_1^1$  – характеристика *рост* со словарём значений {высокий, средний, низкий};

$l_2^1$  – характеристика *цвет волос* со словарём значений {чёрные, тёмно-русые, светлые};

$l_1^2$  – характеристика *рост* со словарём значений {высокий, выше среднего, ниже среднего};

$l_2^2$  – характеристика *цвет волос* со словарём значений {брюнет(ка), шатен(ка), блондин(ка)}, а значения указанных характеристик распределены по ЭОУ, как показано в таблице.

Из таблицы видно, что наилучшими преобразованиями элементарных запросов по сумме значений коэффициентов полноты и точности поиска будут, например, следующие:

$$l_1^1(q) = \text{высокий} \rightarrow l_1^2(q) = \text{высокий}$$

$$(k_{\text{п}} = 0,8, k_{\text{т}} = 0,8),$$

$$l_2^1(q) = \text{чёрные} \rightarrow l_2^2(q) = \text{брюнет(ка)}$$

$$(k_{\text{п}} = 0,8, k_{\text{т}} = 1,0),$$

$$l_2^1(q) = \text{тёмно-русые} \rightarrow l_2^2(q) = \text{шатен(ка)}$$

$$(k_{\text{п}} = 1,0, k_{\text{т}} = 0,8).$$

Следующие примеры показывают, что построенные на их основе преобразования составных запросов могут дать как более высокие результаты:

$$(l_1^1(q) = \text{высокий}) \wedge (l_2^1(q) = \text{чёрные}) \rightarrow$$

$$\rightarrow (l_1^2(q) = \text{высокий}) \wedge (l_2^2(q) = \text{брюнет(ка)})$$

$$(k_{\text{п}} = 1, k_{\text{т}} = 1),$$

так и более низкие:

$$(l_1^1(q) = \text{высокий}) \wedge (l_2^1(q) = \text{тёмно-русые}) \rightarrow$$

$$\rightarrow (l_1^2(q) = \text{высокий}) \wedge (l_2^2(q) = \text{шатен(ка)})$$

$$(k_{\text{п}} = 0, k_{\text{т}} = 0).$$

При переводе же в конъюнкцию, составленную на базе не самых лучших переводов элементарных запросов:

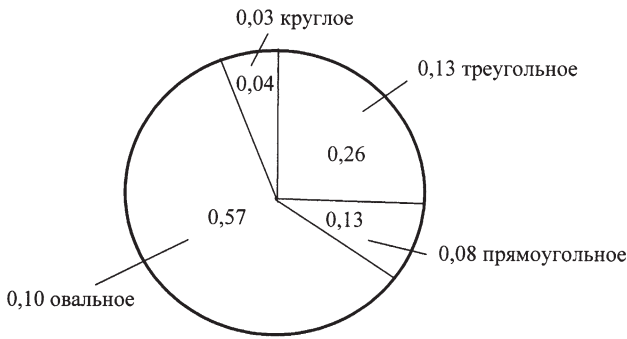
$$(l_1^1(q) = \text{высокий}) \wedge (l_2^1(q) = \text{тёмно-русые}) \rightarrow$$

$$\rightarrow (l_1^2(q) = \text{выше среднего}) \wedge (l_2^2(q) = \text{шатен(ка)}),$$

получаем более высокие значения коэффициентов полноты и точности поиска:  $k_{\text{п}} = 1,0, k_{\text{т}} = 1/3$ .

Распределение значений характеристик  $l_1^1, l_2^1, l_1^2, l_2^2$

№ ЭОУ	Рост $l_1^1$			Цвет волос $l_2^1$			Рост $l_1^2$			Цвет волос $l_2^2$		
	высокий	средний	низкий	чёрные	тёмно-русые	светлые	высокий	выше среднего	ниже среднего	брюнет(ка)	шатен(ка)	блондин(ка)
1	+			+			+			+		
2	+			+			+			+		
3	+			+			+			+		
4	+			+			+			+		
5	+				+			+			+	
6		+		+			+				+	
7		+			+			+			+	
8			+		+			+			+	
9			+		+				+		+	
10			+			+		+				+



Карта разложения понятия ромбовидное лицо

Из приведённых примеров можно сделать вывод, что наилучший перевод с точки зрения значений показателей поиска зависит от конкретных взаимосвязей между значениями характеристик, сложившихся в предметной области, а точнее – в базе данных АИС. Такого рода взаимосвязи при большом количестве ЭОУ (представительном наборе) можно интерпретировать как закономерности предметной области (при небольшом количестве ЭОУ могут носить случайный характер).

**Карты разложения понятий.** Для выбора наилучшего перевода с точки зрения полноты или точности поиска полезно использовать карты разложения понятий, взятых из одной системы классификации, по понятиям из другой системы классификации. Основываясь на примере из работы [6], предложим следующую карту разложения понятия ромбовидное лицо из системы понятий {треугольное, ромбовидное, прямоугольное, овальное, круглое} по понятиям из системы {треугольное, прямоугольное, овальное, круглое} – значениям характеристики "форма лица" (см. рисунок). Числа в секторах показывают, какую долю объёма понятия "ромбовидное" покрывает понятие из второй системы. Числа вне секторов определяют, какая доля понятия из второй системы входит в понятие "ромбовидное". На основании приведённых на карте значений можно рассчитать коэффициенты полноты и точности поиска при различных преобразованиях простого запроса. Так, при преобразовании

форма лица ( $q$ ) = ромбовидное → форма лица ( $q$ ) = овальное

число 0,57 в секторе "овальное" равно коэффициенту полноты, а число 0,10 – коэффициенту точности поиска:

$$k_{\text{п}}(a) = \frac{\sum_{q \in Q} (\mu_a(q) \mu_{b_j}(q))}{\sum_{q \in Q} \mu_a(q)},$$

$$k_{\text{т}}(a) = \frac{\sum_{q \in Q} (\mu_a(q) \mu_{b_j}(q))}{\sum_{q \in Q} \mu_{b_j}(q)},$$

где  $a$  – ромбовидное;  $b_j$  – овальное;  $q$  – ЭОУ персона;  $Q$  – ОУ "персона";  $\mu$  – функция принадлежности.

**Выводы.** Релевантность поиска в фактографических АИС с нечёткой или различно структурированной информацией целесообразно основывать на определении степени соответствия описываемых объектов содержанию поискового запроса. Так как реальные объекты не всегда доступны, оценку следует проводить на представительной выборке доступных объектов, элементарных запросов и оценивающих экспертов. Полученные при этом усреднённые оценки показателей эффективности поиска принимаются за соответствующие значения показателей эффективности поискового механизма, который может настраиваться на различные соотношения полноты и точности поиска путём расширения, запросов или отбора релевантных объектов, имеющих значение функции принадлежности не ниже порогового. Такая оценка при различных настройках позволяет выбрать вариант преобразования запросов, наиболее удовлетворяющий пользователей АИС.

**Библиографические ссылки**

1. Михайлов А.И., Чёрный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. М.: Наука, 1968. 756 с.
2. Ланкастер Ф.У. Информационно-поисковые системы. М.: Мир, 1972. 308 с.
3. Соколов А.В. Методика оценки эффективности поиска по нечётким характеристикам в автоматизированных информационных системах // Автоматизация и современные технологии. 2010. № 3. С. 25–32.
4. Соколов А.В. Методика оценки максимально возможных значений показателей эффективности поиска текстовой информации // Информационные технологии. 2009. № 5. С. 18–24.
5. Соколов А.В. Мера совместимости систем классификации объектов во взаимодействующих информационных системах // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 1. С. 29–34.
6. Соколов А.В. Методика оценки меры совместимости систем классификации, задаваемых нечёткими характеристиками // Автоматизация и современные технологии. 2009. № 2. С. 29–36.



УДК 621.9

А.Н. Иноземцев, д-р техн. наук, проф., Д.И. Троицкий, канд. техн. наук, доц.  
(Тульский государственный университет)

dtroitsky@tsu.tula.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНФЛИКТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ В ХОДЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

*Решена задача повышения эффективности и качества процессов автоматизированной конструкторско-технологической подготовки производства изделий машиностроения предотвращением конфликтов профессиональных интересов между исполнителями данных процессов. Конфликты устраняются на основе применения модели проектного решения, обеспечивающей прогнозирование параметров технологичности и логистического риска на этапе конструкторского проектирования, а также обеспечивающей достоверность формального представления проектного решения.*

**Ключевые слова:** конфликт профессиональных интересов, трудоёмкость, логистический риск, жизненный цикл изделия.

*The task of the efficiency and quality enhancement at automatic engineering-technological preparation of the machine-building production through the professional interest conflicts prevention between these processes is solved. The conflicts are eliminated on the basis of the design decision model application providing parameters prediction of technological effectiveness and logistic risk at a design stage, and also providing reliability of the design decision formal presentation.*

**Key words:** professional interest conflict, laboriousness, logistical risk, product life cycle.

**Введение.** В настоящее время практически все основные процессы жизненного цикла изделия (ЖЦИ) автоматизированы при помощи САД/САЕ/САМ/PLM-решений. Однако вопросы эффективности и оптимальности взаимодействия между участниками конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) требуют дальнейшего исследования. Недостаточный уровень рассмотрения таких проблем (неизбежно возникающие при этом конфликты профессиональных интересов) приводит к увеличению сроков выполнения подготовки производства и снижению её эффективности.

Понятие конфликта профессиональных интересов (КПИ) не несёт негативного оттенка и является объективным конфликтом не двух личностей, а двух исполнителей процесса. При последовательном выполнении этапов ЖЦИ последующие этапы неизбежно базируются на информации, созданной на предыдущем этапе. Например, технологическое проектирование и закупка исходных материалов проводятся на основе конструкторской документации на изделие. При этом последующие участники оценивают предлагаемое проектное решение и, ес-

ли такая оценка не удовлетворяет установленным требованиям, возникает конфликт. Его устранение требует неоднократных итераций процессов ЖЦИ, что приводит к необоснованным временным, трудовым и финансовым затратам. В итоге, как правило, конфликт разрешается внесением изменений в проектное решение, так как предъявляемые к изделию требования по себестоимости (по технологичности, материалоемкости и т. д.) определяются заказчиком и ситуацией на рынке продукции и не могут произвольно изменяться предприятием.

Переход к автоматизированному проектированию требует расширенного понимания термина "конструкторская документация", так как в современных условиях, как правило, речь идёт о модели проектного решения (МПР) – наборе 3D-моделей с многочисленными дополнительными атрибутами.

Для оценки уровня автоматизации процессов подготовки производства, производительности труда пользователя САПР и возможности дальнейшего использования модели необходима методика определения объёма содержащейся в МПР информации. На основе этой информации разрабатываются функциональные и математические модели



определения производных параметров проектного решения (уровень технологичности, материалоемкость, логистический риск), которые предоставляют разработчику решения обратную связь и позволяют модифицировать решение таким образом, чтобы указанные параметры не выходили за пределы, заданные последующими участниками процесса КТПП.

Таким образом, при наличии полноценной информационной модели проектного решения, создании моделей и алгоритмов её оценки возможно предотвратить КПИ благодаря устранению повода для возникновения конфликта, что позволит решить актуальные проблемы отечественного машиностроения: сокращение сроков и повышение эффективности процессов автоматизированной подготовки производства, а также повышение качества проектных решений.

**Постановка задачи.** Решается задача повышения эффективности и качества процессов автоматизированной КТПП изделий машиностроения на основе предотвращения КПИ между исполнителями данных процессов на основе применения модели проектного решения, обеспечивающей прогнозирование параметров технологичности и логистического риска на этапе конструкторского проектирования, а также обеспечивающей достоверность формального представления проектного решения.

**Понятие конфликта профессиональных интересов.** На протяжении ЖЦИ реализуются различные проектные процедуры, выполняемые различными исполнителями. При последовательном характере жизненного цикла результаты выполнения  $(i-1)$ -го этапа становятся исходными данными выполнения  $i$ -го этапа. Это приводит к зависимости последующих исполнителей от результатов деятельности предыдущих. Если  $i$ -й исполнитель считает результаты деятельности одного или нескольких исполнителей из множества  $1, \dots, (i-1)$  неудовлетворительными, то это приводит к возникновению КПИ. Предлагается следующее определение КПИ:

КПИ – объективное противоречие, возникающее в ходе производственной деятельности акторов (участников конфликта) и вызванное различными целями деятельности акторов, а также их взаимозависимостью при принятии решений.

Рассматривается конфликт между акторами  $A_{i-1}$  и  $A_i$ , где  $i$  – порядковый номер выполняемой актором функции в ЖЦИ. В общем виде функция актора сводится к выбору конкретного проектного решения в фазовом пространстве поиска  $SS$ , имеющего  $n$  координат, соответствующих переменным параметрам проектного решения. При этом на конфигурацию

пространства накладываются ограничения, которые можно классифицировать следующим образом:

- ограничения 1-го рода ( $L1$ ) – объективные;
- ограничения 2-го рода ( $L2$ ) – функциональные;
- ограничения 3-го рода ( $L3$ ) – связи жизненного цикла.

Тогда в пространстве  $SS$  выделяется подмножество допустимых решений  $Sso$ :

$$Sso = SS - L1 - L2 - L3. \tag{1}$$

Очевидно, что ограничения 1-го рода, так же как и 2-го рода, не приводят к возникновению КПИ, так как они не являются результатом деятельности других акторов, а выявляются расчётно или экспериментально.

Наибольший интерес представляют ограничения 3-го рода. Учёт таких ограничений приводит к тому, что  $(i + 1)$  актор вынужден действовать в фазовом пространстве  $(1 - i)$  акторов, так как в них заданы исходные параметры для выполнения  $(i + 1)$ -й проектной процедуры. При этом необходимо, чтобы пространства поиска  $Sso(i-1)$  и  $Sso(i)$  имели общую область. Следует отметить, конфигурация пространства  $Sso(i)$  задается с учётом ограничений 3-го рода, накладываемых конкретным проектным решением  $P_{i-1}$ , принятым на  $(i-1)$ -м этапе. Принятие проектного решения означает выбор конкретного множества параметров фазового пространства поиска:

$$P_{i-1} = \langle p1, p2, \dots, p_n \rangle, \tag{2}$$

где  $n$  – количество координат фазового пространства  $Sso$ ;  $p_i$  –  $i$ -я координата.

Условием наличия общей области является

$$Sso(i-1) \cap Sso(i) \neq \emptyset. \tag{3}$$

Если данное условие не выполняется, то КПИ в принципе неразрешим, так как накладываемые на конфигурацию пространств  $Sso(i-1)$  и  $Sso(i)$  ограничения противоречат друг другу.

Если же условие выполняется, то возможны два сценария:  $(i-1)$ -е проектное решение принадлежит или не принадлежит общей области. Первый случай описывается соотношением

$$P_{i-1} \in Sso(i-1) \cap Sso(i), \tag{4}$$

а второй

$$P_{i-1} \notin Sso(i-1) \cap Sso(i). \tag{5}$$

Очевидно, что при выполнении условия (4) конфликт не возникает, так как проектное реше-

ние  $P_{i-1}$  попадает в область допустимых решений  $i$ -го актора. В противном случае оказывается, что решение, допустимое с точки зрения  $(i-1)$ -го актора, оказывается неприемлемым для  $i$ -го актора, что и приводит к возникновению КПИ.

Идеальным вариантом будет соблюдение условия (4) на всех этапах ЖЦИ. Чтобы условие (4) соблюдалось,  $(i-1)$ -й актор при принятии решения должен учитывать последствия данного решения с точки зрения последующих акторов. Очевидно, что у предыдущих акторов имеет место нехватка информации для такого учёта или, иначе говоря, высокая энтропия информации, представляющая собой проектные решения. Поэтому увеличение информационной насыщенности проектного решения и снижение его энтропии до определённого уровня является методом не только разрешения, но и предотвращения возникновения КПИ.

Любое конструкторско-технологическое проектное решение изначально возникает как замысел его разработчика, который должен быть представлен в виде некоторой формализованной модели, содержащей геометрическое определение объекта

(3D-модель) и связанную с ним атрибутивную информацию (так называемая PMI, product and manufacturing information: размерные и геометрические допуски, свойства материала, шероховатости поверхностей и пр.) (рис. 1).

Выявлено, что атрибуты такой модели подразделяются на атрибуты 1-го и 2-го рода. Атрибуты 1-го рода задаются разработчиком, исходя из задания на проектирование, личного опыта, стандартов, нормативных требований и т. д. Привязка подобных атрибутов к геометрической 3D-модели поддерживается в современных CAD-системах высокого уровня. Наличие данных атрибутов повышает информационную насыщенность проектного решения и снижает его энтропию. Однако для решения задачи предотвращения КПИ необходимо ввести более общую научную категорию "модель проектного решения", в которой присутствуют атрибуты 2-го рода: информация, необходимая для оценки проектного решения на последующих этапах ЖЦИ. К ней, в первую очередь, относятся параметры качества проектного решения: уровни технологичности, логистического риска и достоверности модели проектного решения.

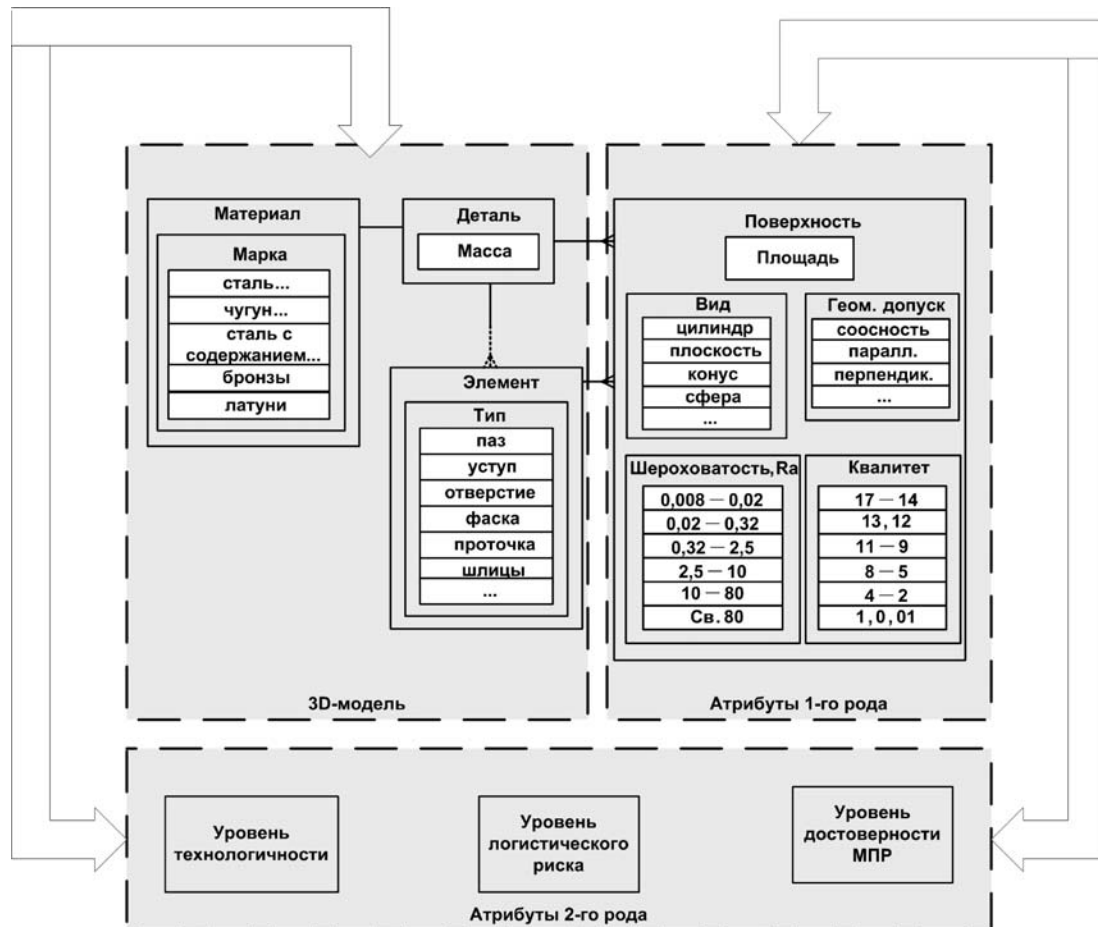


Рис. 1. Модель проектного решения

Введём следующее определение модели проектного решения:

МПП – информационная модель, содержащая сведения о геометрии проектируемого объекта, атрибуты 1-го рода с их привязкой к элементам геометрии, алгоритмы определения значений атрибутов 2-го рода и необходимую для такого определения дополнительную информацию (нормативно-справочные данные, статистические сведения по предприятию и пр.)

В общем виде модель конструкторского проектного решения можно представить как кортеж вида

$$MPP = \langle G, R, A1, A2 \rangle, \tag{6}$$

где  $G$  – множество элементов геометрии;  $R$  – множество взаимосвязей между геометрическими элементами;  $A1$  – множество атрибутов 1-го рода;  $A2$  – множество атрибутов 2-го рода.

**Оценка конструктивной сложности изделий.** В соответствии с концепцией PLM (управления жизненным циклом) проектное решение можно рассматривать как динамическую систему, к которой применимы положения теории информационной энтропии. В общем случае под информационной энтропией понимается мера неопределённости информации. Для численной оценки энтропии проектного решения (ПР), кроме указанных коэффициентов, необходимо оценить объём информации, содержащейся в компонентах модели. Для конструкторского проектного решения затруднительно применить классический подход Шеннона, основанный на устранении неопределённости выбором из ограниченного множества (в пределе двух) вариантов. К тому же сложность проектного решения, которая в конечном итоге и определяет объём содержащейся в нём смысловой информации (семантическая мера информации), не имеет прямой корреляции с объёмом описательной информации (синтаксическая мера). Поэтому для количественной оценки семантического объёма информации  $V$  в МПП необходимо оценить сложность проектного решения. Кроме того, такая оценка необходима для определения себестоимости процесса разработки, учёта трудозатрат конструкторов, выявления уровня технологичности деталей, решения разнообразных задач планирования и распределения ресурсов. Данная оценка особенно важна при вариантном типе производства, отличающемся мелкосерийным и единичным выпуском сильно отличающихся по конструкции изделий.

Оценка конструктивно-технологической сложности (КТС) подробно рассматривалась в работах [1, 2]. Однако к недостаткам данных работ следует

отнести то, что, во-первых, для реальной количественной оценки КТС детали требуется наличие достаточно обширной базы данных конструкторско-технологической информации по аналогичным деталям для построения корреляционных зависимостей, а во-вторых, не учитывается способ представления модели детали.

С конструктивной точки зрения сложность отдельной поверхности  $C_i$  зависит прежде всего от степени её кривизны  $Cur$  (плоская, одинарной кривизны, двойной кривизны), а также от объёма дополнительной атрибутивной информации  $A$ , привязанной к данной поверхности согласно ГОСТ 2.052–2006. Кроме того, каждая поверхность входит в тот или иной конструктивный элемент (feature) детали. Для учёта сложности элементов следует принимать во внимание количество поверхностей  $N$ , смежных с рассматриваемой. Чем их больше, тем с более геометрически сложным элементом мы имеем дело. Тогда

$$C_i = f(Cur, A, N). \tag{7}$$

Соответственно, сложность всей детали, состоящей из  $n$  поверхностей, рассматривается как приведённая сумма сложностей каждой поверхности:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}. \tag{8}$$

Конкретный вид функции (7) должен учитывать следующее.

Сложность конструктивного элемента, в который входит деталь (параметр,  $N$ ), имеет высокий относительный приоритет, так как является свойством объекта более высокого уровня, чем отдельная поверхность.

По мере роста степени кривизны сложность возрастает нелинейно.

Атрибутивная информация содержит различный объём данных: геометрический допуск более информационно насыщен, чем указание на шероховатость или размерный допуск поверхности.

Тогда функция (7) запишется в виде

$$C = f_1(Cur) + N^2 + T_{dim} + 3T_{geom} + R, \tag{9}$$

$$\text{где } f_1(Cur) = \begin{cases} 1 & Cur = 1 \\ 2 & Cur = 2 \\ 3 & Cur = 3 \end{cases} \text{ — функция, возвращающая ко-}$$

эффициент, нелинейно учитывающий степень кривизны поверхности;  $N$  – количество сопряжённых поверхностей; квадратичная зависимость введена для усиле-

ния влияния данного параметра;  $T_{dim}$  – количество размерных допусков, проставленных на поверхности;  $T_{geom}$  – количество геометрических допусков, проставленных на поверхности;  $R$  – коэффициент, учитывающий наличие атрибута шероховатости поверхности.

Коэффициент 3 введён для отражения того факта, что геометрический допуск содержит в три раза больший объём информации (величина допуска, его тип и ссылку на базовую поверхность), чем размерный.

Отдельно рассмотрим такой конструктивный элемент, как резьба. По сути это поверхность двойной кривизны, однако традиционно в 3D САПР точное построение геометрии резьб не выполняется, а применяется условное обозначение. В связи с этим предлагается рассматривать резьбу как частный случай цилиндрической или конической поверхности (одинарной кривизны) с некоторым коэффициентом увеличения сложности.

Проанализирована взаимосвязь между уровнем сложности и расчётной трудоёмкостью изготовления детали, показано наличие устойчивой корреляции. Кроме того, установлено, что значительные (свыше 15 %) расхождения между уровнем сложности и нормированной трудоёмкостью чаще всего свидетельствуют об ошибке в определении трудоёмкости, что позволяет использовать параметр конструктивной сложности как инструмент контроля качества технологического проектного решения.

**Обеспечение достоверности содержащейся в МПР информации.** Предлагается следующее определение понятия "качество модели проектного решения": степень соответствия виртуальной модели изделия требованиям, предъявляемым к проектируемому объекту, позволяющая разделить собственно несоответствия в конструкторской документации и несоответствия, возникающие на более поздних этапах жизненного цикла проектного решения.

Несоответствия в МПР можно подразделить на не задерживающие производство, задерживающие производство и вызывающие брак в производстве. Проведена экспериментальная работа по выявлению наиболее часто встречающихся несоответствий в МПР. Установлено, что несоответствия, относящиеся к несоблюдению стандартов, встречаются в два раза чаще, чем конструктивные.

Модель на основе метода анализа иерархий Т. Саати [3] (рис. 2) раскрывает сущность конфликта между участниками процесса: разработчи-

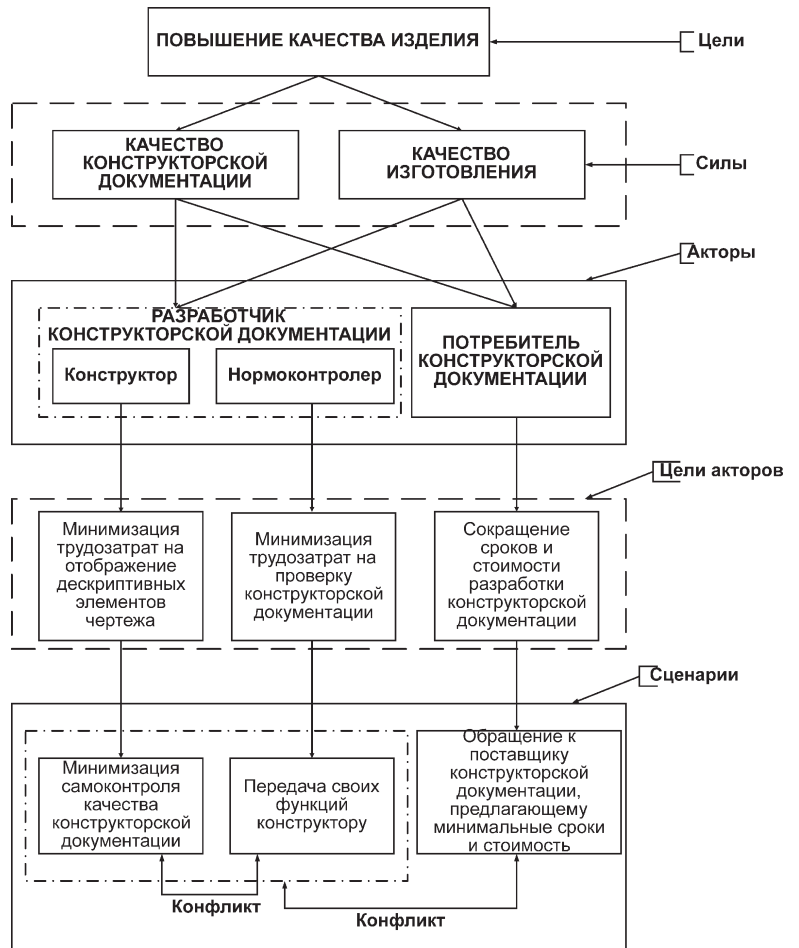


Рис. 2. Модель конфликтов профессиональных интересов в процессе разработки конструкторской документации

ком МПР и её потребителями на последующих этапах ЖЦИ, а также внутренний конфликт разработчика: между конструктором и нормоконтролёром. Данный конфликт требует глубокого исследования, так как является составной частью процесса разработки МПР.

Взаимодействие участников процесса при нормоконтроле математически описывается моделью игры с ненулевой суммой, предусматривающей наличие и конфликтов, и согласованных действий игроков. Потребитель конструкторской документации заинтересован в получении качественной документации в установленные сроки при низкой цене, а разработчик, в целях конкурентоспособности, – в постоянном улучшении качества своих разработок. Следовательно, цели у них совпадают, поэтому взаимодействие разработчика и потребителя конструкторской документации можно представить как коалиционную игру, каждый из участников которой имеет свой набор стратегий поведения:

$$\tilde{A} = \langle X, Y, H_x \rangle, \tag{10}$$

где  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots\}$  – множество стратегий разработчика конструкторской документации;  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots\}$  – множество стратегий потребителя документации;  $H_x$  – функция выигрыша разработчика.

Стратегия  $x^* \in X$  разработчика конструкторской документации оптимальна, если  $H(x^*, y) > v$ , где  $v(\Gamma)$  – значение игры  $\Gamma$ , равное экономической эффективности внедряемой  $i$ -й стратегии разработчика документации, т. е.

$$v = \max(\Sigma E_{x^*}(F)), \min(\Sigma C_{x^*}), \quad (11)$$

где  $\Sigma C_{x^*}$  – затраты на внедрение и эксплуатацию стратегии  $x^*$ ;  $\Sigma E_{x^*}(F)$  – эффективность стратегии  $x^*$  в зависимости от множества  $F$  текущих факторов производства.

Так как  $x_i = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in}, \dots\}$ , где  $\{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in}, \dots\}$  – множество элементов  $i$ -й стратегии разработчика документации, то следовательно:

$$e_{in} = \langle \Sigma C_{in}, \Sigma E_{in}(F) \rangle, \quad (12)$$

где  $\Sigma C_{in}$  – затраты на внедрение и эксплуатацию  $n$ -го элемента  $i$ -й стратегии;  $\Sigma E_{in}(F)$  – эффективность  $n$ -го элемента  $i$ -й стратегии в зависимости от множества  $F$  текущих факторов производства.

Выявлены стратегии разработчика МПР и их элементы, стратегии потребителя МПР, а также фиксированные условия выполнения заказа. Чаще всего на предприятии одновременно реализуются несколько элементов стратегий. Поэтому возможно формирование оптимальной стратегии индивидуально для каждого проекта.

Ряд элементов стратегий могут оказаться несовместимыми. Например, невозможно внедрить САПР при отсутствии компьютерной техники. Для учёта данного обстоятельства введена матрица совместимости.

Оценивать затраты на внедрение и эксплуатацию той или иной стратегии следует, исходя из годового фонда заработной платы (ГФЗ) нормоконтролера. При закреплении функций нормоконтролера за конструктором затраты заключаются в повышении заработной платы конструктору за совмещение должностей. Расходы на работу нормоконтролёра рассчитываются, исходя из его заработной платы. Затраты на внедрение и эксплуатацию при приобретении САПР рассчитываются в зависимости от общей стоимости владения одним лицензионным местом. При любых параметрах заказа к оптимальным стратегиям относятся: внедрение специализированных САПР, обучение

персонала и внедрение автоматизированного рабочего места нормоконтролёра для оперативного контроля конструкторской документации и ведения протокола несоответствий в условиях электронного документооборота.

Вопрос выбора оптимальной стратегии нормоконтроля более подробно освещён в работе [4].

**Применение атрибутов МПР.** Наличие атрибутов 1-го и 2-го рода в МПР снижает энтропию проектного решения до уровня, гарантирующего предотвращение наиболее часто встречающихся КПИ. При принятии решения о разработке изделия в зависимости от свойств заказа (срочность, вид заказчика, объём выпуска и пр.) руководство предприятия назначает нормативные значения атрибутов 2-го рода для данного проекта. Например, в оборонной промышленности наличие на предприятии представителя заказчика как ещё одного участника процесса контроля качества конструкторской документации повышает важность атрибута "уровень достоверности", а жёсткие сроки выполнения заказа повышают важность атрибута "технологичность".

В итоге разработчик МПР самостоятельно оценивает значения атрибутов 2-го рода и сравнивает их с нормативными: (уровень технологичности  $>$  нормативный уровень технологичности) И (уровень логистического риска  $>$  нормативный уровень логистического риска) И (уровень достоверности  $>$  нормативный уровень достоверности). При необходимости разработчик самостоятельно принимает решение о корректировке МПР. Выполнение данного условия позволяет устранить КПИ.

**Заключение.** Таким образом, решена задача применения основных оценок качества модели проектного решения для предотвращения конфликтов профессиональных интересов в ходе КТПП изделий машиностроения. Предложенные модели реализованы и внедрены на ряде предприятий и позволили достичь повышения качества проектных решений.

#### **Библиографические ссылки**

1. **Теория сложности:** монография / Ю.С. Шарин, Б.А. Якимович, В.Г. Толмачев, А.И. Коршунов. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 1999. 132 с.
2. **Фоминых Р.Л., Коршунов А.И., Якимович Б.А.** Оценка трудоёмкости машиностроительного изделия и организационно-технического уровня производства // Экономика и производство. 2003. № 4 (37). С. 43.
3. **Иноземцев А.Н., Григорьева Н.С., Троицкий Д.И.** Роль нормоконтроля в управлении качеством конструкторской документации // Стандарты и качество. 2004. № 12. С. 46–50.
4. **Саати Т.** Принятие решений: метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 268 с.



### ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛОВ

**Технологии сборки и регулирования преднатяга в подшипниковых узлах редукторов ведущих мостов автомобилей.** *Автомобильная промышленность.* 2013. № 3.

Проведён анализ точности регулирования преднатяга подшипников, контролируемого в предварительно собранном подшипниковом узле с силовым замыканием последнего. Дается новое техническое решение, повышающее точность такого регулирования.

**Автоматический блокиратор шестерёнчатого дифференциала.** *Автомобильная промышленность.* 2013. № 3.

Рассматривается конструкция механизма автоматической блокировки шестерёнчатого дифференциала и принцип его работы, основанный на использовании тангенциальных сил инерции, которые возникают при буксовании ведущего колеса АТС.

**Обоснование конструктивных параметров модуля работа на основе анализа характеристик вибрации.** *Вестник машиностроения.* 2013. № 3.

Рассмотрена динамическая модель работа с рекуператором механической энергии, содержащим упругий элемент. Предложено определять размеры деталей с учётом параметров вибрации элементов конструкций.

**Использование низкоуглеродистой стали при изготовлении деталей электрооборудования транспортных средств холодной штамповкой.** *Вестник машиностроения.* 2013. № 3.

Приведены примеры использования низкоуглеродистой стали с повышенными эксплуатационными свойствами при изготовлении холодной штамповкой деталей электрооборудования транспортных средств.

**Принципы обеспечения надёжности ресурсного проектирования несущих систем мобильных машин.** *Грузовик.* 2013. № 3.

Разработаны научные принципы обеспечения надёжности и ресурсного проектирования по критериям сопротивления усталости с учётом эксплуатационной нагруженности несущих систем, конструкций и деталей мобильных машин на стадиях

проектирования. Подход состоит в системном имитационном моделировании условий эксплуатации, динамики и нагруженности машины, расчётном прогнозировании характеристик сопротивления усталости и ресурса несущих конструкций и деталей в соответствии с заданными нормами надёжности на ранних стадиях проектирования.

**Инновационная технология штамповки компрессорных лопаток небольшой длины.** *Заготовительные производства в машиностроении.* 2013. № 3.

Рассмотрена инновационная технология штамповки компрессорных лопаток небольшой длины со значительным перепадом площадей поперечного сечения путём формирования объёмов с помощью комбинирования процессов выдавливания и высадки.

**К вопросу о построении диаграмм рекристаллизации металла.** *Заготовительные производства в машиностроении.* 2013. № 3.

Предложено усовершенствование методики построения диаграмм рекристаллизации металла с помощью программных продуктов, что уменьшает число выполнения необходимых экспериментов, позволяет определять деформированное состояние металла и проводить подсчёт размеров его структурных составляющих на цифровых фотографиях микроструктур, полученных на шлифах в конкретных объёмах заготовки.

**Управление импульсным движением электродной проволоки при механизированной сварке за счёт изменения шага подачи.** *Заготовительные производства в машиностроении.* 2013. № 3.

Рассмотрены вопросы, связанные с импульсной подачей электродной проволоки при дуговой механизированной сварке в среде защитных газов. Показано, что импульсный алгоритм подачи проволоки с управляемыми параметрами позволяет оказывать существенное влияние на сварочный процесс, улучшить его характеристики. Выявлено, что новые системы импульсной подачи, позволяющие регулировать шаг подачи, являются более эффективными в сравнении с известными системами. Представлены результаты экспериментального исследования процесса сварки с управляемой

импульсной подачей за счёт изменения шага подачи.

**Расчет повреждённости металла при угловом прессовании по схеме "конформ".** *Наноинженерия*. 2013. № 3.

Получен и опробован алгоритм применения модели разрушения материала – модифицированной модели Кокрофта–Латама для расчёта повреждённости металла и определения рациональных термических и механических условий деформации длинномерной заготовки равноканальным угловым прессованием по схеме "конформ". Показано хорошее согласование результатов прогнозирования разрушения металла и физического эксперимента.

**Метод химического диспергирования как способ получения нанодисперсного порошка оксида алюминия для изготовления конструкционных нанокерамик с уникальными свойствами.** *Наноинженерия*. 2013. № 3.

Проведённые эксперименты показали, что традиционные способы получения порошков не обеспечивают размерных требований, которые предъявляются к частицам исходных порошков высококачественной керамики. Было выявлено, что оптимальным способом получения таких порошков является применение химических методов, а в частности – метода химического диспергирования.

**Использование ультразвуковых технологий при получении лакокрасочных покрытий в машиностроении.** *Научноёмкие технологии в машиностроении*. 2013. № 3.

Приведены результаты исследований по подготовке лакокрасочного материала с помощью ультразвуковой обработки и по влиянию данного метода на качество пневматического распыления.

**Исследование влияния ультразвуковой упрочняющей обработки на структуру и свойства поверхности сварного шва методами атомно-силовой микроскопии.** *Научноёмкие технологии в машиностроении*. 2013. № 3.

Приведены результаты исследований субмикроструктуры поверхности сварного шва после ультразвуковой упрочняющей обработки.

**Применение ультразвуковых колебаний для разборки соединений деталей.** *Научноёмкие технологии в машиностроении*. 2013. № 3.

Рассмотрена возможность применения ультразвуковых колебаний для разборки соединений де-

талей. Проанализированы модели непрерывной и импульсной передачи колебаний сопрягаемым деталям. Предложены пути оптимизации ультразвуковой разборки.

**Адаптивная цифровая система управления рулевого привода перспективного маневренного самолёта.** *Полёт*. 2013. № 3.

Рассматриваются основные проблемы, возникающие при разработке прецизионного рулевого привода маневренного самолёта, связанные с формированием его алгоритмов управления. На примере проекта перспективного рулевого привода маневренного самолёта рассматриваются основные методические подходы по решению указанных проблем.

**Методы реинжиниринга в задаче обеспечения живучести автоматических КА зондирования Земли.** *Полёт*. 2013. № 3.

Рассмотрены вопросы обеспечения отказоустойчивого функционирования космических аппаратов на основе методов реинжиниринга при появлении в полёте аномальных ситуаций, обусловленных отказами бортовых систем. Приведены модели реализации этих методов при отказах аппаратных и программных компонентов бортовых систем, а также результаты их применения на космическом аппарате дистанционного зондирования Земли "Ресурс-ДК1".

**Проектирование упругого кинематического соединения манипулятора с нелинейной характеристикой восстанавливающей силы при неопределённой закономерности внешнего воздействия.** *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2013. № 3.

Рассмотрено решение задачи управления конструкцией, в узлах которой размещены управляемые упругие кинематические соединения. Оценка времени деформации кинематического соединения проведена на основе решения задачи о брахистохроне. Предложен метод нейросетевого управления конструкцией.

**Разработка основных принципов интегрированного управления качеством конструкторско-технологических решений на всех стадиях жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов.** *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2013. № 3.

Дано обоснование понятия интегрированного управления качеством и разработаны его основные

принципы на примере базовых конструкторско-технологических решений радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов.

**Методика исследования трибологических характеристик компонентов смазочного блока, работающего в трибоконтакте "колесо–рельс".** *Трение и смазка в машинах и механизмах.* 2013. № 3.

Разработана методика бесконтактного термомониторинга трибоконтакта "колесо–рельс" в условиях смазочной среды, позволяющая исследовать трибологические характеристики компонентов смазочного блока, работающего в трибоконтакте "колесо–рельс". Усовершенствован метод исследования динамики формирования фактической площади касания принципиально новой схемой трибоконтакта "смазочный блок–колесо" и методом бесконтактного термомониторинга.

**Разработка модельного ряда автоматизированных вакуумно-дуговых установок для нанесения износостойких покрытий.** *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2013. № 3.

Описан ряд из трёх вакуумно-дуговых установок для нанесения износостойких покрытий. Приведены описания основных узлов и систем, а также краткие описания технологических процессов, осуществляемых на установках.

**Особенности получения восстанавливаемых покрытий электроконтактной приваркой металлической ленты.** *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2013. № 3.

Показан способ получения восстанавливаемых покрытий электроконтактной приваркой металлической ленты. Рассмотрены особенности образования соединения покрытия с основой в три стадии: образование физического контакта; активация контактных поверхностей (образование активных центров); объёмное взаимодействие. Предложены основные направления интенсификации процессов образования соединений покрытия и основы при электроконтактной приварке лент.



**ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ**

## ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

**Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов**

2013 г.    Объем 256 с.    Формат 60x88 1/16    ISBN 978-5-94275-607-9    Цена 800 р.



Приведены нормативные материалы, необходимые технологу-машиностроителю для расчета и выбора припусков на механическую обработку, даны рекомендации по выбору вида заготовок, составлению маршрута обработки, нормы точности, а также операционные припуски на обработку различных поверхностей деталей.

Для инженеров-технологов заводов, проектно-конструкторских организаций, а также может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

**Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:**

по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru  
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU