

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; <http://www.mashin.ru>

5

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

Нестеров А.В., Мусолин А.К., Хориков С.М. Авто-
матизация процессов измерения размеров и контро-
ля формы поковок при свободной механической
ковке 3

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Неусыпин К.А., Шэнь Кай. Модификация нелинейно-
го фильтра Калмана с использованием генетическо-
го алгоритма 9

Ухов В.И., Ковцова И.О. Разработка и реализация
алгоритмов сбора и обеспечения полноты данных в
распределённой системе учёта энергоресурсов . . . 12

Иноземцев А.Н., Троицкий Д.И. Оценка технологич-
ности проектного решения на этапе конструкторского
проектирования 21

Елисеев А.В., Калашников Р.М., Тюрин Д.А. Алго-
ритм дискретной фильтрации в условиях динамиче-
ских помех наблюдения 26

Терёхин А.В. Алгоритм классификации выпуклых пло-
ских фигур с помощью диагональных коэффициен-
тов формы объекта 35

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Иванов А.П., Пыченкова О.С. Деловая репутация и
социальная ответственность организаций – согласо-
вание оценок 42

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Компания Cisco и ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" подписа-
ли Соглашение о намерениях по стратегическому
сотрудничеству 48

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 (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места);
телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Nesterov A.V., Musolin A.K., Khorikov S.M.
Measurement processes automation of the sizes and a
form control of forgings at free mechanical forging . . . 3

MODERN TECHNOLOGIES

Neusypin K.A., Shen Kay. Kallman nonlinear filter mod-
ification through the use of genetic algorithm 9

Ukhov V.I., Kovtsova I.O. Development and realization
of collection algorithms and ensuring data completeness
in the distributed system of the energy supply
accounting 12

Inozemtsev A.N., Troitskiy D.I. Technological
effectiveness assessment of the designed decision at a
design projecting 21

Eliseev A.V., Kalashnikov R.M., Tyurin D.A. Discrete
filtration algorithm in the conditions of supervision
dynamic hindrances 26

Terekhin A.V. Classification algorithm of the convex
plane figures by means of diagonal coefficients of the
object form 35

ECONOMIC AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITY

Ivanov A.P., Pychenkova O.S. Business reputation and
social responsibility of the organizations – coordination
of estimates are considered 42

EXHIBITION AND PRESENTATIONS

Cisco and JSC "SITRONICS CASU" signed the
Agreement of intent on strategic cooperation 48

Сдано в набор 03.03.14. Подписано в печать 24.04.14.
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 681.5:004.932

А.В. Нестеров, А.К. Мусолин, д-р техн. наук, проф.
(Рязанский государственный радиотехнический университет),
С.М. Хориков (ОАО "Тяжпрессмаш", г. Рязань)

avnester@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ И КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ПОКОВОК ПРИ СВОБОДНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОВКЕ

Рассмотрен процесс измерения размеров и контроля формы поковок при свободной механической ковке на предприятиях тяжелого машиностроения. Выявлены недостатки существующих способов. Предложена автоматизация процессов измерения на основе программно-аппаратного комплекса с применением технологий машинного зрения и оптической лазерной триангуляции. Дано описание принципов работы комплекса и основных его элементов. Выделена структура и принципы работы программного обеспечения.

Ключевые слова: поковка, размеры, профиль, измерение, машинное зрение, лазер.

Process of the sizes measurement and a form control of forgings at free mechanical forging at the heavy mechanical engineering enterprises is considered. Shortcomings of existing ways are revealed. Measurement processes automation on the basis of a software-hardware complex with application of the machine vision technologies and an optical laser triangulation is offered. The work principles description of a complex and its basic elements is given. The structure and the work principles of the software is picked out.

Key words: forging, dimensions, profile, measurement, machine vision, laser.

Введение. Кузнечно-штамповочное производство является одной из основных отраслей тяжелого машиностроения. Наиболее распространенным типомковки в данной отрасли является свободная машинная ковка, основанная на способе горячей обработки металлов давлением осуществляемого при помощи удара или нажатия бойка. При этом течение металла происходит в направлениях, не ограниченных поверхностями инструмента. Свободная машинная ковка производится на молотах и прессах (рис. 1) и применяется в мелкосерийном, а также индивидуальном производстве.

Одной из основных задач, стоящих перед кузнечным производством, является экономия металла за счёт повышения точностных характеристик поковок, получаемых в процессе свободной машиннойковки. Из 160 млн т годового выпуска стали в нашей стране ежегодно в стружку уходит около 8 млн т. Это издержки кузнечного производства, которое не всегда может обеспечить получение точных поковок без их значительной последующей обработки резанием.

Задача повышения качестваковки решается за счёт совершенствования технологических процес-

сов и развивается в нескольких направлениях. Во-первых, на базе экспериментальных и теоретических исследований, совершенствуются режимыковки с применением более совершенных конструкций бойков. Во-вторых, внедряются техниче-



Рис. 1. Свободная механическая ковка на прессе

ские средства для механизации и автоматизации процессов ковки — перемещения слитков и заготовок к молоту или прессу, подачи их в рабочую зону машины, перемещения и поворота непосредственно в процессе ковки между отдельными переходами и операциями и удаления поковок и отходов из рабочей зоны машины.

Несмотря на широкое внедрение средств механизации и автоматизации, измерение геометрических размеров поковок и контроль их формы во время ковки в большинстве случаев осуществляются при помощи ручных способов и визуального наблюдения. Это приводит к существенному снижению точностных характеристик поковок и увеличивает время процесса ковки, т. е. к снижению производительности ковочного оборудования.

Способы измерения и контроля процесса свободной машинной ковки. Для измерения длины и диаметров поковок применяются ручные способы измерения при помощи специализированных инструментов: кузнечных кронциркулей, горизонтальных кузнечных линейек — мер и вертикальных линейек, закрепляемых на прессе.

При ручном измерении необходимо периодически останавливать процесс ковки для осуществления измерений кузнечным кронциркулем, так как оператор не может контролировать форму профиля поковки в зоне бойков в самом процессе.

Помимо этого, следует отметить, что происходит изменение размеров поковки при ее охлаждении. Данные колебания могут достигать одного процента от длины поковки. Для учета температурной усадки поковок цена деления и общая длина кузнечной линейки увеличены на 1–1,5 %.

Неточности ручного способа измерений возникают также вследствие того, что промеры заготовок, нагретых до высокой температуры, физически невозможно выполнить с такой же точностью, как при нормальной температуре. Для молотовых поковок погрешность замеров составляет ± 1 мм, а для прессовых не менее ± 2 мм [1].

Наиболее существенные погрешности вызываются тем, что при свободной ковке не представляется возможным достаточно точно соразмерить силу удара или усилие нажатия прессы с необходимой в данный момент величиной деформации металла при ковке.

Используемые ручные способы измерения и контроля процесса свободной машинной ковки приводят к необходимости увеличения размеров припусков при изготовлении поковки, что ведет к увеличению потерь металла на этапе обработки резанием.

Автоматизация процессов измерения и контроля при свободной машинной ковке. Получение поковок, форма которых была бы максимально приближена к форме готовой детали, возможно при помощи автоматизации процесса измерения и контроля размеров поковок. Автоматизация данных процессов должна решать задачи непрерывного измерения размеров поковки в процессе ковки, построения её поперечного профиля, вычисления времени и необходимого усилия нажатия прессы для получения заданных размеров на основании проведенных измерений.

Из перечисленных задач, наиболее сложными являются измерения размеров поковки в процессе ковки и построения её поперечного профиля. Выбор способов измерения и технических средств ограничен особенностями технологического процесса ковки и параметрами поковок:

температура нагретой поковки достигает 1200 в начале и 800 °С в конце процесса ковки;

габаритные размеры поковок варьируются в широких пределах, так, длина поковки может составлять от 2 до 8 м и более, диаметр или высота — от 150 до 700 мм и более;

допуски при изготовлении поковок составляют от ± 5 до ± 19 мм в зависимости от размеров поковки;

форма и профиль поковок могут быть разнообразны: цилиндры, прямоугольники, полые цилиндры, кольца, многогранники;

возможны существенные ударные механические нагрузки на измерительное оборудование во время перемещения поковок в зоне прессы;

вибрация во время ковки;

конструкция прессов, форма бойков, расположение и зона передвижения подающего механизма существенно ограничивают возможности установки измерительного оборудования.

В соответствии с данными особенностями формируется перечень требований, предъявляемых к измерительной части системы:

бесконтактное непрерывное измерение во время процесса ковки;

возможность измерения поковок, нагретых до 1200 °С;

обеспечение точности измерения ± 5 мм;

контроль параметров поковок различной формы и размеров;

устойчивость к внешним механическим ударным нагрузкам и вибрации.

Обзор существующих способов и устройств измерения геометрических размеров и контроля профиля нагретых заготовок и расплавов металлов по-

казал, что всем вышеперечисленным требованиям будет соответствовать измерительная система, выполненная на основе машинного зрения (СМЗ) по принципу оптической лазерной триангуляции.

Машинное зрение – это комплексная и технологическая область научных и инженерных знаний, охватывающая все проблемы разработки практических систем: выбор схем освещения исследуемой сцены, выбор характеристик датчиков, их количества и геометрии расположения, калибровка и ориентирование, выбор и разработка оборудования для оцифровки и процессорной обработки, разработка алгоритмов и их компьютерная реализация [2]. Работа СМЗ включает три основные операции: получение (захват) изображения, обработка и анализ изображения, передача результатов обработки в систему управления технологическим процессом [3].

Метод оптической лазерной триангуляции основан на освещении объекта лазерным лучом и регистрации отраженного от объекта излучения с помощью ПЗС/КМОП-матрицы или иного регистрирующего оборудования. В наиболее распространенном случае форма объекта определяется путем вычисления координат точек поверхности, образованной проекцией лазерного луча на сканируемый объект при условии пространственного разнесения лазера и регистрирующей видеокамеры [4]. В таком случае "лазерная поверхность" будет повторять форму объекта в точках падения. Зная информацию о взаимном расположении источника лазерного излучения и регистрирующей видеокамеры, возможно вычисление реальных трёхмерных координат точек поверхности сканируемого объекта путём обработки изображений, поступающих с видеокамеры.

Компоненты СМЗ – источники лазерного излучения и видеодатчики располагаются с внешней стороны изделия на удалении, что позволяет производить бесконтактное непрерывное измерение геометрических параметров поковки.

Отсутствие контакта с поковкой во время измерения и применение источников лазерного излучения позволяют производить измерения нагретых поковок. Программное обеспечение СМЗ позволяет осуществлять фильтрацию искажений, вызванных горячими конвективными потоками вблизи поковки и неоднородностью её поверхности, а также динамическое распознавание границ объекта измерения.

Разрешения современных видеокамер, применяемых в СМЗ, основанных на методе оптической

лазерной триангуляции, делает возможными измерения с погрешностью от 1 мм для крупногабаритных объектов, что полностью удовлетворяет требованиям при контроле геометрических параметров поковок при свободной машинной ковке.

Программное обеспечение позволяет адаптировать СМЗ для контроля поковок любой формы. Возможность контроля поковок больших размеров обеспечивается за счёт применения нескольких видеодатчиков и источников лазерного излучения, располагаемых вокруг поковки. В зависимости от размеров поковки могут быть применены два, четыре или более видеодатчиков. Изображения, полученные с них, совмещаются, формируя изображение поперечного профиля поковки.

Устойчивость к внешним механическим ударным нагрузкам и вибрации обеспечивается за счёт возможности монтажа видеодатчиков и источников лазерного излучения на жёстких металлических конструкциях с применением виброгасящих компонентов.

Применение программно-аппаратного комплекса на основе машинного зрения обеспечивает непрерывную визуализацию формы текущего профиля участка поковки, находящегося в зоне бойков прессы, а также автоматическое вычисление размеров профиля и сравнение с параметрами заданного профиля.

Наряду с решением задачи измерения геометрических размеров и контроля профиля, программное обеспечение комплекса позволяет сравнивать измеренные значения с заданным, а также вычислять требуемое усилие нажатия прессы и места приложения данного усилия. Это позволяет производить поковки, форма которых наиболее приближена к форме готового изделия. Структура программно-аппаратного комплекса представлена на рис. 2.

Функциональная схема программно-аппаратного комплекса представлена на рис. 3.

Принципы работы комплекса. В процессе свободной машиннойковки на прессах поковка располагается между верхним и нижним бойками. Механический захват обеспечивает поступательное движение поковки в горизонтальной плоскости и поворот её вокруг оси.

Источники лазерного излучения, располагаемые вокруг поковки, формируют в зоне контроля яркую узкую световую линию, которая повторяет форму профиля поковки. Видеодатчики, пространственно разнесенные с источниками лазерного излучения, фиксируют участки световых линий, попадающих в

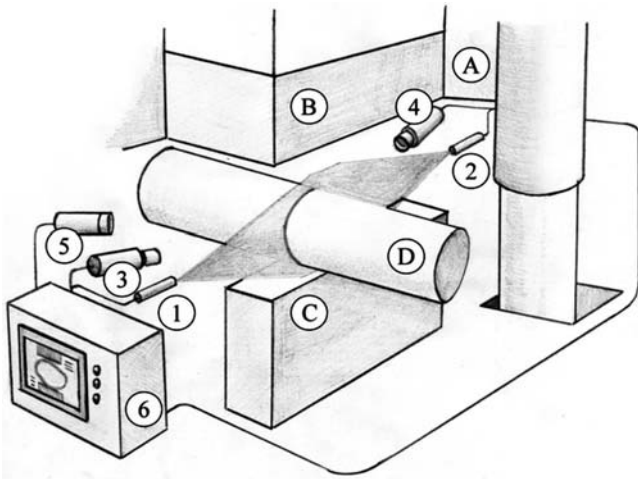


Рис. 2. Структура программно-аппаратного комплекса:
1, 2 – источники лазерного излучения; 3, 4 – видеодатчики; 5 – бесконтактный пирометр; 6 – компьютер с программным обеспечением. Для наглядности, элементы комплекса изображены совместно с элементами гидравлического прессы и поковки: А – подвижная поперечина; В – верхний боек; С – нижний боек; D – поковка

их поле зрения. Полученные изображения передаются в компьютер и поступают в программу машинного зрения. Программа реализует алгоритмы склейки изображений с нескольких видеодатчиков, формирование изображения точек контура профиля поковки, фильтрацию помех и искажений, вызванных влиянием температуры поковки и вычисление координат точек контура. На основании данных о координатах точек контура, в реальном времени, производится вычисление геометрических размеров профиля поковки. Для коррекции полученных размеров с учетом текущей температу-

ры в зоне контроля профиля в системе присутствует бесконтактный пирометр. Тем самым уменьшается погрешность измерения, вызываемая температурной усадкой металла. Полученное изображение профиля и размеры, как текущие, так и рассчитанные с поправкой, визуализируются на экране компьютера.

Оператор имеет возможность задать требуемые размеры, припуски, допуски и форму поковки. Программное обеспечение комплекса осуществит сравнение текущих размеров с заданными. Результатом сравнения является визуальное отображение участков с параметрами, выходящими за допуски. Помимо этого, одновременно осуществляется вычисление времени и необходимого усилия нажатия прессы для получения заданных размеров и приведения размеров и формы поковки к заданным. Расчёт производится на основе данных о текущих размерах поковки, её температуре и параметров прессы. Вычисленные значения передаются в программируемый контроллер, управляющий работой прессы.

По окончании процессаковки или в его промежутках оператор имеет возможность получить 3D модель поковки. Для этого манипулятор с зажатой поковкой продвигает её от начала до конца через плоскость, образуемую источниками лазерного освещения. Видеодатчики фиксируют последовательный набор участков профилей, полученных по мере продвижения поковки через зону контроля, и передают их в программное обеспечение машинного зрения. Программа формирует набор полных профилей и трехмерное изображение поковки. Вычисляются геометрические размеры. Трёхмерное изображение и вычисленные размеры визуализируются на экране компьютера.

Основные элементы комплекса. Для идентификации контура исследуемого профиля поковки требуется обеспечить постоянную подсветку контура в заданном месте, сформировав яркую узкую световую линию, которая повторит форму профиля, и свет которой будет принят видеодатчиком. Обеспечить данный тип подсветки возможно только с помощью источника лазерного излучения, но для этого должны быть выполнены два условия. Первое условие – поверхность исследуемого объекта должна быть шероховатой. Второе – длины волн видимого излучения подсветки не должны совпадать с длинами волн видимого спектра, излучаемого нагретой поверхностью поковки.



Рис. 3. Функциональная схема программно-аппаратного комплекса

В случае применения источника лазерного излучения на разогретой поковке, выполняются оба условия. Поверхность разогретой поковки – набор шероховатостей, распределённых случайным образом. Спектр видимого излучения нагретой заготовки находится в диапазоне от 575 до 625 нм температуре от 1200 до 800 °С (цвет заготовки в процессе изготовления переходит от светло-желтого к светло-красному). Длины волн лазеров, применяемых в промышленности, находятся в диапазоне 630–650 нм, т. е. диапазон излучения промышленного красного лазера не совпадает с диапазоном излучения подсвечиваемого объекта.

Наряду с теоретической возможностью применения в разрабатываемом комплексе данного типа источников имеются практические примеры применения лазеров, используемых для контроля параметров нагретого металла [5]. Так, источники лазерного излучения применяются для фиксации уровня металла, а также для контроля геометрических размеров и скорости горячего проката [6].

Для формирования контура профиля не подходит лазер, формирующий точку, в данном комплексе использованы светодиодные лазерные устройства, имеющие функцию генератора линий.

В качестве видеодатчиков, необходимых для фиксации и передачи в программу машинного зрения полученного контура профиля используются видеокamеры, располагаемые под углом к плоскости излучения лазерных генераторов линий вне рабочей зоны прессы. Количество видеокamер равно количеству источников лазерного излучения. Для обеспечения безопасного расстояния видеокamеры от подвижной боковой поверхности прессы, а также от нагретой поверхности поковки (расстояние от камеры до поковки составит 100–200 см, в зависимости от размеров поковки), и возможности получения изображения всей поверхности поковки (до высоты 1400 мм включительно) применяются объективы с большим рабочим расстоянием и фокусными расстоянием в диапазоне от 2–4 мм, обеспечивающие углы обзора от 40 до 70°. В отличие от обычных цифровых фотоаппаратов с объективами, поддерживающими функции автофокусировки, в машинном зрении применяется оптика с фиксированным фокусным расстоянием или ручной настройкой фокуса.

Бесконтактный пирометр имеет стационарное исполнение и предназначен для контроля температуры в пределах от 700 до 2200 °С. Данное устройство формирует на выходе цифровой сигнал, который посредством интерфейса RS485 передает-

ся в компьютер. Информация о температуре позволяет точнее контролировать процессковки и корректировать, при необходимости, результаты вычисления размеров профиля.

Программное обеспечение комплекса. Программное обеспечение машинного зрения комплекса разработано в среде Borland C++ Builder на основе библиотеки с открытым программным кодом OpenCV. Описание данной библиотеки и её функции подробно рассмотрены в работе [7]. Структурно программное обеспечение состоит из трёх программных модулей.

Модуль захвата изображения обеспечивает взаимодействие программы машинного зрения с драйверами видеокamер и позволяет использовать непосредственно в программе комплекс функций управления изображениями (коррекция яркости, контрастности, баланс белого, цветность и т. д.). Помимо этого, модуль захвата позволяет изменять размер кадра, скорость кадров и настраивать сжатие видеопотока (если это необходимо). На выходе модуля захвата формируются полутоновые изображения, и далее эти изображения передаются в модуль обработки.

Модуль обработки изображения обеспечивает фильтрацию шумов и искажений изображения контролируемой области. Шумы и искажения возникают вследствие специфики поверхности поковки, которая является совокупностью случайных шероховатостей. Результирующий оптический сигнал образуется как суперпозиция световых волн, рассеянных со случайными фазами на множестве центров, одновременно находящихся в пределах зондирующего оптического поля [8]. Множественная интерференция приводит к росту фазовых шумов, формирует мультифрактальный малококонтрастный сигнал и снижает точность измерений. На поверхности горячего металла непрерывно идут процессы окисления, влияющие на светорассеяние [8]. Конвективные потоки вблизи поверхности поковки вызывают значительную рефракцию, пространственно и фазово модулирующую свет [8]. Алгоритм фильтрации и восстановления позволяет убрать шумы на изображении и восстановить линию контура профиля поковки в случае сильных искажений. На выходе данного модуля формируются полутоновые изображения, пригодные для дальнейшего распознавания.

Изображения, полученные в данном блоке, направляются в *модуль распознавания и вычисления*, выполняющий следующие функции:

склейка изображений контуров и формирование изображения профиля;

выделение контуров на изображениях;
вычисление координат точек контура профиля;
вычисление размеров профиля;
коррекция параметров измерения с учётом информации о температуре;
индикация текущих размеров и скорректированных;
индикация текущей температуры в зонековки;
сравнение текущих размеров с заданными размерами;
вычисление места, времени и необходимого усилия нажатия пресса для приведения геометрических параметров поковки к заданным;
построение трёхмерной модели поковки.

Заключение. Разработанный программно-аппаратный комплекс планируется к внедрению на ОАО "Тяжпрессмаш" (г. Рязань). Данный комплекс позволит обеспечить непрерывное измерение размеров и контроль формы поковки при свободной машинной ковке на гидравлических прессах при производстве поковок различных размеров и формы.

Внедрение данного комплекса на предприятиях, использующих свободную механическую ковку, позволит обеспечить повышенную точность измерений, непрерывность и наглядность данного процесса, что в свою очередь приведёт к экономии

металла при последующей механической обработке поковок.

Библиографические ссылки

1. **Самойлов С.И.** Технология тяжёлого машиностроения. 2-е изд.. М.: Машиностроение, 1967. 585 с.
2. **Обработка** и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практических занятий / Ю.В. Визильтер [и др.]. М: Физматкнига, 2010. 672 с.
3. **Лысенко О.** Машинное зрение от SICK/IVP // Компоненты и технологии. 2007. № 1. С. 80–85.
4. **Ахмадуллин И.И., Акульшин А.И.** Метод лазерной триангуляции в измерениях интермодуляционных искажений акустических систем // XIX Туполевские чтения: Междунар. молодёжная науч. конф. (24–26 мая 2011 г.): материалы конф. Том IV. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та. С. 193–194.
5. **Базыкин Д.** Метрологическое обеспечение основных техпроцессов в металлургии [Электронный ресурс] // КИПинфо. 2012. № 11. С. 13–15. URL: http://kipinfo.ru/files/kipinfo_11_2012.pdf (дата обращения: 25.08.2013).
6. **Аникин А., Федосейский А.** Лазерные доплеровские измерители в системе учёта горячего проката // Современные технологии автоматизации. 2007. № 1. С. 24–28.
7. **Gary Bradski, Adrian Kaehler.** Learning OpenCV. Computer Vision with the OpenCV Library. O'Reilly Media. 2008. 580 p.
8. **Меледин В.Г.** Оптико-лазерные измерительные технологии для металлургии // Межотраслевой альманах ДСР. 2012. № 37. С. 24–27.



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 621.391

К.А. Неусыпин, д-р техн. наук, проф., Шэнь Кай
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)
neysipin@mail.ru

МОДИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Рассмотрены алгоритмические методы коррекции инерциальных навигационных систем с помощью нелинейного фильтра Калмана. Предложены способы модификации нелинейного фильтра Калмана с использованием генетического алгоритма.

Ключевые слова: инерциальная навигационная система, алгоритм коррекции, нелинейный фильтр Калмана, генетический алгоритм.

Algorithmic correction methods of inertial navigation systems by means of Kallman nonlinear filter are considered. Modification means of the Kallman nonlinear filter through the use of genetic algorithm are offered.

Key words: inertial navigation system, correction algorithm, Kallman nonlinear filter, genetic algorithm.

Введение. Навигационная система летательных аппаратов (ЛА) часто представляет собой инерциальную навигационную систему (ИНС) с невысокими точными характеристиками, обусловленными требованиями низкой себестоимости системы. Подобные ЛА, как правило, снабжаются дополнительным источником внешней информации, в качестве которого применяются радиолокационные системы, датчики различных поверхностных физических полей Земли и др. Одной из самых распространённых систем является ГЛОНАСС.

К точности решения поставленных задач на современных ЛА предъявляются жёсткие требования. Поэтому в практических приложениях используется комплексирование бортовых информационных систем ЛА. Комплексирование ИНС и бортового датчика внешней информации осуществляется нелинейным фильтром Калмана и генетическим алгоритмом (ГА) [1].

Нелинейный фильтр Калмана. Способы реализации нелинейного фильтра Калмана рассмотрены ниже.

Когда уравнение для вектора состояния имеет вид [2, 3]:

$$x_k = \Phi_k(x_{k-1}) + w_k, \quad (1)$$

где $\Phi_k(x_{k-1})$ – нелинейная матрица модели, и часть вектора состояния измеряется:

$$z_k = H_k x_k + v_k, \quad (2)$$

где z_k – вектор измерений; H_k – матрица измерений; w_k и v_k – дискретные аналоги гауссовского белого шума с нулевыми математическими ожиданиями и матрицами ковариаций Q_k и R_k соответственно,

то некоррелированные между собой, уравнения фильтра Калмана запишутся в виде [3]:

$$\begin{aligned} \hat{x}_k &= \hat{x}_{k/k-1} + K_k (\hat{x}_{k-1}) [z_k - H_k \hat{x}_{k/k-1}], \\ \hat{x}_{k/k-1} &= \Phi_k(\hat{x}_{k-1}), \\ K_k(\hat{x}_{k-1}) &= P_{k/k-1} H_k^T (H_k P_{k/k-1} H_k^T + R_k)^{-1}, \\ P_{k/k-1} &= \frac{\partial \Phi_k(\hat{x}_{k-1})}{\partial x_{k-1}^T} P_{k-1} \left[\frac{\partial \Phi_k(\hat{x}_{k-1})}{\partial x_{k-1}^T} \right]^T + Q_k, \\ P_k &= (I - K_k(\hat{x}_{k-1}) H_k) P_{k/k-1}, \end{aligned} \quad (3)$$

где I – единичная матрица; P_k – ковариационная матрица ошибок оценивания.

Этот подход используется только при унимодальном характере апостериорной плотности. При многоэкстремальной апостериорной плотности используется алгоритм, в котором апостериорная плотность представлена набором дельта-функций [2].

В таком представлении общее количество узлов сетки, их расположение и значения весов подбираются так, чтобы обеспечить наиболее точное совпадение характеристик действительной апостериорной плотности и вычисляемых её значений с помощью приближения.

Недостатком представления апостериорной плотности в виде дельта-функций является отсутствие возможности учёта локального поведения функции Φ_k в окрестности узлов сетки x_k^j . Увеличение количества узлов сетки позволяет повысить точность, но приводит к увеличению объёма вычислений, что вызывает существенные трудности при реализации таких алгоритмов в БЦВМ.

Алгоритм, позволяющий учесть локальное поведение функций Φ_k , построен на полигауссовской аппроксимации апостериорной плотности.

Распространённые варианты реализаций нелинейного фильтра Калмана предполагают линеаризацию модели погрешностей ИНС с помощью ряда Тейлора, представление апостериорной плотности в виде набора дельта-функций или замену апостериорной плотности системой частных гауссовских плотностей, взятых с различными весами [2]. В итоге в фильтре Калмана применяются линейные модели погрешностей ИНС.

Использование нелинейных моделей в фильтре Калмана в общем случае затруднительно ввиду того, что апостериорная плотность вектора состояния не является гауссовской, и, следовательно, легко получить алгоритмизируемые рекуррентные соотношения для вычисления оценок вектора состояния не представляется возможным.

Наиболее полно учесть все особенности характера изменения погрешностей ИНС и, что особенно важно, конкретной ИНС со специфическими особенностями, в условиях каждого полёта можно с помощью построения нелинейной модели методом самоорганизации [4, 5], нейронных сетей или ГА.

Модификация нелинейного фильтра Калмана.

Рассмотрим один из подходов к задаче оценивания ошибок ИНС, который заключается в синтезе нелинейного фильтра Калмана и алгоритма самоорганизации. В нелинейном фильтре Калмана модель исследуемого процесса предлагается получать с помощью алгоритма самоорганизации [5].

Для построения модели фильтра Калмана предлагается использовать алгоритм самоорганизации с резервированием трендов [4]. При резервировании трендов модели вместо построения модели заново возможно использовать тренды, что сократит объём вычислений и время, необходимое для получения модели оптимальной сложности. Преимущество такой модификации алгоритма самоорганизации заключается в возможности использовать линейный фильтр Калмана для получения грубой

оценки на интервалах горизонтального полёта с постоянной скоростью, а также при реализации банка фильтров Калмана [2].

Таким образом, использование алгоритма самоорганизации с резервированием трендов позволяет строить простые модели, сокращать время построения сложных нелинейных моделей, а применение трендов в различных модификациях фильтра Калмана приводит к упрощению их реализации на борту ЛА. Синтез компактного алгоритма самоорганизации осуществляется с помощью включения в ансамбль критериев селекции критерия простоты модели [6], увеличения селекционного дифференциала [1] и др.

Решение задачи оценивания погрешностей ИНС можно осуществить с использованием нелинейной модели, полученной с помощью ГА в качестве эталона. Применение ГА актуально при синтезе алгоритмического обеспечения высокоточных ИНС, так как он наиболее точно отражает каждый исследуемый процесс изменения погрешностей конкретной ИНС.

На первом этапе функционирования ГА генерируется начальная популяция особей. Затем моделируется размножение внутри этой популяции: случайно отбираются несколько пар моделей, проводится кроссинговер (скрещивание между хромосомами в каждой паре), а полученные новые хромосомы помещаются в популяцию нового поколения.

В ГА сохраняется основной принцип естественного отбора – чем лучше приспособлен индивидум (чем больше соответствующее ему значение целевой функции), тем с большей вероятностью он будет участвовать в скрещивании.

После этого моделируются мутации, затем старая популяция частично или полностью уничтожается, и процесс циклически повторяется. Популяция следующего поколения в большинстве бортовых реализаций ГА содержит столько же особей, сколько начальная, но в силу отбора приспособленность в ней в среднем выше. Процессы отбора, скрещивания и мутации повторяются для этой популяции до получения значения удовлетворяющего оптимальному решению задачи в пределах заданной точности.

ГА являются высокоточными алгоритмами построения математических моделей, например нелинейных моделей ошибок ИНС. В процессе функционирования ЛА с течением времени модель изменения погрешностей ИНС в фильтре

Калмана становится неадекватной реальному процессу. Момент появления этой ситуации определяется сравнением оценок фильтра Калмана и прогноза погрешностей ИНС, полученных с помощью нелинейной эталонной модели, которая строится в процессе функционирования ИНС с участием ГА.

Другой подход к решению задачи оценивания ошибок ИНС заключается в применении комбинированной схемы обработки навигационной информации [2]. Комбинированная схема предполагает симбиоз линейного фильтра Калмана и нелинейного блока коррекции. Линейный фильтр Калмана вырабатывает грубую оценку вектора состояния, включающего ошибки ИНС. С помощью нелинейного блока коррекции осуществляется подстройка линейного фильтра Калмана. Нелинейный блок коррекции, в частности, может быть реализован с помощью ГА.

Заключение. В практических приложениях, когда на ИНС влияет большое количество возмущающих факторов, принятая в классическом фильтре Калмана модель будет ещё хуже отражать реальный процесс изменения погрешностей ИНС. В то же время ГА позволяет учесть влияние всех изменяющихся факторов в модели, так как информация о них содержится в измерительных сигналах, используемых для построения модели. Поэтому относительная точность оценивания с помощью предложенных модификаций нелинейного фильтра Калмана по сравнению с традиционным нелинейным фильтром Калмана в условиях полёта будет несколько выше, так как априорные модели исследуемых процессов с течением времени часто

становятся неадекватными, что снижает точность оценивания.

Представлены адаптивные модификации нелинейного фильтра Калмана, которые заключаются в применении ГА для построения нелинейной модели погрешностей ИНС или её коррекции. Полученная ГА нелинейная модель используется в качестве эталонной модели для обеспечения адекватности модели фильтра Калмана и реального процесса изменения погрешностей ИНС. Комбинирование нелинейного фильтра Калмана с ГА позволяет проводить адаптивную подстройку модели оцениваемого процесса на основе текущих измерений.

Библиографические ссылки

1. **Неусыпин К.А.** Современные системы и методы навигации, навигации и управления летательными аппаратами. М.: Изд-во МГОУ, 2009. 500 с.
2. **Степанов О.А.** Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации. СПб.: Изд-во ГНЦ РФ – ЦНИИ "Электроприбор", 1998. 370 с.
3. **Браммер К., Зиффлинг Г.** Фильтр Калмана–Бьюси. М.: Наука, 1982. 186 с.
4. **Ивахненко А.Г., Мюллер Й.Я.** Самоорганизация прогнозирующих моделей. М.– Киев: Техника, 1985. 375 с.
5. **Неусыпин К.А., Шелухина Н.А.** Коррекция навигационной информации посредством нелинейного фильтра Калмана // Автоматизация и современные технологии. 2000. № 4. С. 43–45.
6. **Синтез** ансамбля критериев селекции компактного алгоритма самоорганизации для коррекции бесплатформенных навигационных систем / А.В. Пролетарский, К.А. Неусыпин, Д.О. Шолохов, С.В. Власов // Системы и приборы управления. 2011. № 3. С. 56–59.

Вниманию авторов!

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

УДК 621.311.1

В.И. Ухов, канд. физ.-мат. наук, доцент, **И.О. Ковцова**

(Международный университет природы, общества и человека "Дубна", филиал "Протвино")

kovtsova_irina@mail.ru

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ СБОРА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОТЫ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЕ УЧЁТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Рассматривается архитектура распределённой системы учёта энергоресурсов. Описаны основные принципы и схема сбора информации Сервером учёта с устройств сбора и передачи данных. Представлен универсальный формат обмена на основе технологии XML. Рассматриваются алгоритмы поиска и дозпроса отсутствующих архивных данных. Описаны методы, позволяющие замещать отсутствующие результаты измерений.

Ключевые слова: сбор данных, тип архива, отсутствующие данные, ручной ввод, принудительный опрос, замещение.

The distributed system architecture of the energy supply accounting system is considered. The basic principles and the information collection scheme by the account Server from devices of the data collection and transmission are described. The universal exchange format on the basis of the XML technology is presented. Algorithms of the missing archival data search and additional request are considered. The methods, allowing to replace missing measurements results are described.

Key words: data collection, archive type, missing data, manual data input, forced request, substitution.

Электроэнергетика по праву считается одной из ключевых, стратегически важных отраслей, обеспечивающих функционирование жизнедеятельности как отдельного индивида, так и общества в целом. Сегодня с постоянным ростом цен все более актуальной становится проблема эффективного управления энергоресурсами.

Главная цель комплексной системы учёта "Энергоресурс" – это осуществление непрерывного технического и коммерческого учёта, на основе которого можно производить нормирование, оценивать точную картину потребления энергоресурсов как в целом всего объекта, так и отдельных его узлов.

Одной из главных задач автоматизированной системы учёта "Энергоресурс" является организация сбора и долговременное хранение учётных данных от первичных измерительных устройств. Архивная информация, как правило, хранится на нескольких уровнях системы. В связи с этим становится актуальным вопрос об организации межуровневого обмена данными, а также обеспечения полноты и достоверности информации в распределённой системе учёта. Данная система является многоуровневой и строится по иерархическому принципу [1]. Можно выделить следующие базовые уровни (рис. 1).

Уровень первичных измерительных устройств (нижний уровень) – счётчики, вычислители (ниж-

ний уровень). Система предусматривает использование на нижнем уровне практически любых измерительных устройств, которые снабжены цифровыми интерфейсами.

Уровень сбора и передачи данных (средний уровень), к нему относятся устройства сбора и передачи данных (УСПД). УСПД осуществляет круглосуточный сбор с территориально распределённых приборов учёта, накопление, обработку и передачу данных на верхний уровень. УСПД обеспечивает промежуточное резервное хранение данных, снижение нагрузки на линии связи, повышение надёжности сбора данных.

Уровень обработки, хранения и предоставления информации (верхний уровень), к нему относится Сервер учёта и автоматизированные рабочие места (АРМ). Сервер учёта обеспечивает сбор, обработку и хранение информации от УСПД или приборов учёта. На автоматизированных рабочих местах осуществляется отображение информации в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления).

Рассматриваемая архитектура допускает построение системы с иерархией серверов.

Архивные данные представляют собой показания приборов, на основании которых определяются объёмы потребления ресурсов в точке учёта за различные периоды времени. Точка учёта – это

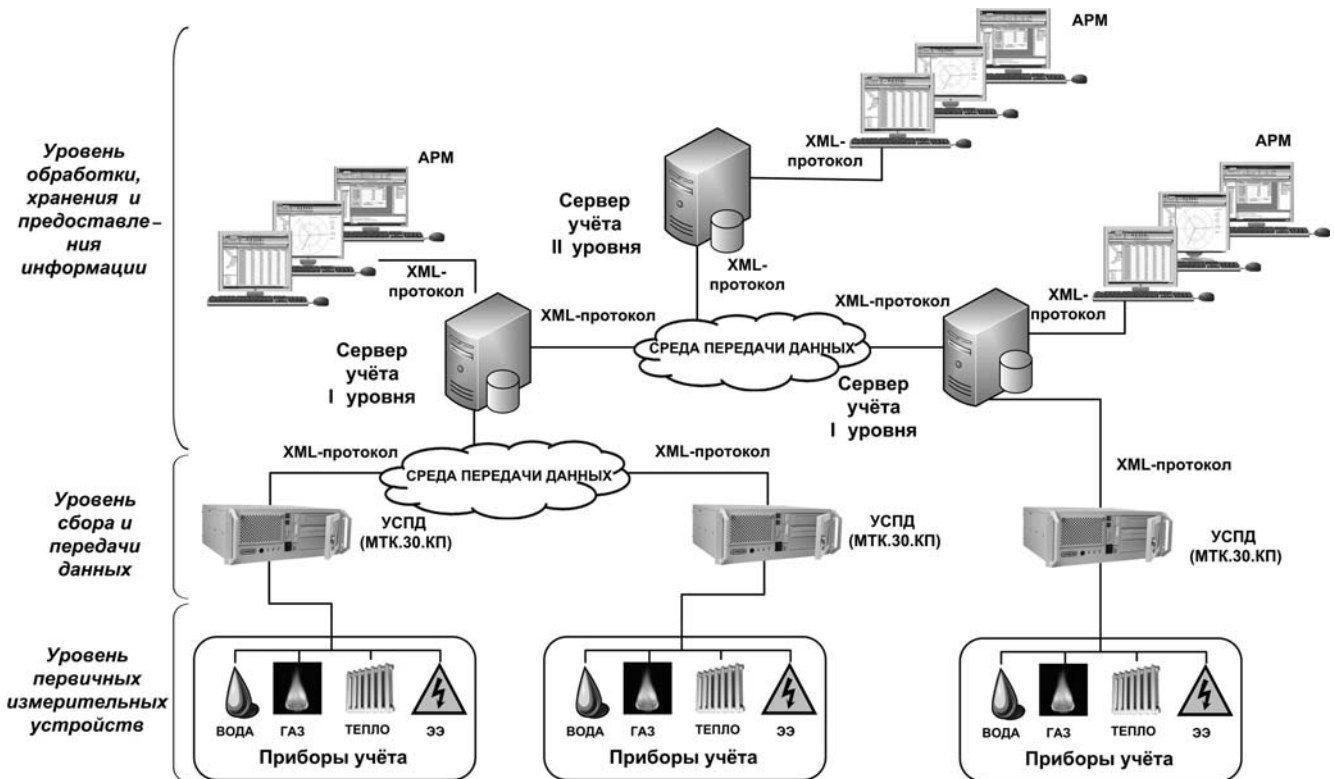


Рис. 1. Архитектура комплексной системы учёта ресурсов "Энергоресурс"

специально организованное место, физическая точка на элементе сети, в которой измеряется потребление или расход энергоресурса, проходящего по данному элементу. Результаты измерений каждого прибора за минуту, 30 мин, за час, показания на начало суток и на начало месяца представляют различные типы архивов. Все эти данные передаются от УСПД к серверу, а от сервера учёта – на рабочие места операторов.

УСПД вынуждено поддерживать большое количество различных протоколов обмена данными (порядка 20), так как для первичных измерительных устройств нет единообразного формата передачи архивной информации. Дальше межуровневый обмен данными в комплексной системе учёта энергоресурсов осуществляется унифицированным образом при помощи специализированного XML-протокола [2].

Язык XML является наиболее подходящим и перспективным средством для создания протокола взаимодействия. XML имеет ряд преимуществ: позволяет передавать информацию в структурированном виде, легко расширяем, информация, оформленная в виде XML, может обрабатываться не только машинами, но и человеком [3].

В процессе эксплуатации комплекса могут возникать различные сбои, такие как:

пропадание каналов связи между различными элементами системы;

ошибки конфигурирования устройств;
ошибки при замене устройств;
выход из строя различных элементов системы и т. п.

Это приводит к тому, что данные могут отсутствовать или быть неполными. В данной статье рассматривается алгоритм и основные принципы сбора данных Сервером учёта, а также методы, применяемые для обеспечения полноты архивной информации.

Схема сбора данных с УСПД. Программное обеспечение Сервера учёта построено на основе современных информационных технологий и имеет объектную многопоточную архитектуру. Вся нужная и актуальная информация хранится в оперативной памяти Сервера, что позволяет более эффективно использовать вычислительные возможности процессора.

Схема взаимодействия Сервера учёта и УСПД строится по клиент-серверной архитектуре. При старте Сервер учёта рассылает XML-запрос на идентификационную информацию во все открытые каналы связи, относящиеся к УСПД. Сервер по полученным данным делает привязку УСПД к каналу связи и затем отправляет XML-запрос на получение списка заведенных на УСПД приборов. Получив ответ на такой запрос, Сервер учёта для каждого УСПД регистрирует принадлежащие ему

устройства. На основе этих данных Сервер выстраивает информационную модель, отображающую реальную топологию сбора данных в системе, по которой и будет осуществляться опрос данных.

Итак, исходя из внутренней структуры хранения информации о топологии сбора данных, возможны две схемы опроса архивной информации. Сервер учёта начинает последовательно опрашивать все зарегистрированные УСПД и:

за один проход цикла опрашивает все приборы одного УСПД;

за один проход цикла опрашивает только один прибор одного УСПД.

Первый вариант наиболее простой и очевидный, но он имеет один очень существенный недостаток – УСПД требуется некоторое время на обработку запроса и выдачу архива. Поэтому предпочтительна вторая схема опроса, когда за один проход Сервер опрашивает у каждого УСПД по одному прибору. В данном случае на УСПД значительно сокращается нагрузка.

Последующий опрос будет произведён согласно расписанию, которое осуществляется по типу архива. Например, получасовка запрашивается каждые полчаса, дневной архив запрашивается на начало суток, месячный архив запрашивается на время 00:00 первого дня месяца. Сервер учёта знает, какие типы архивов поддерживает каждый прибор и в зависимости от этого формирует запросы. Как показала практика, отправка запроса на начало временного интервала оказывается не эффективной, поскольку УСПД тоже требуется время на сбор архивов с устройств. Поэтому отсылка запроса Сервером учёта осуществляется с временной задержкой на несколько минут.

Данная схема сбора позволяет обеспечить мониторинг потоков энергоресурсов в течение суток. Во многих системах выкачивание архивной информации на Сервер происходит один раз в сутки, что соответствует требованиям предоставления данных АТС (администратору торговой системы), но не обеспечивает оперативный контроль потребления ресурсов в течение дня.

При старте Сервера учёта опрос начинается от последнего зарегистрированного архива в системе. В случае, когда у нас отсутствуют какие-либо архивные данные, необходимо их поднять. Существуют две возможные схемы поведения:

запросить все архивы с начала времен по сей час;

запросить все архивы с текущего времени по начало времён.

Если архивов много (например, архивы за 3–5 месяцев), то их поднятие может занять длительное время, поскольку кроме суточных и месячных архивов мы поднимаем и получасовые. При первом варианте мы не увидим в ближайшее время текущих данных, например последний архив за 30 мин, до тех пор пока Сервер не поднимет все предыдущие архивы, так как последующий запрос данных всегда осуществляется от времени последнего пришедшего архива. Поэтому предпочтителен второй вариант, когда данные запрашиваются от текущего времени в прошлое.

В табл. 1 приведены XML-запрос и -ответ для передачи учетной и технологической информации между УСПД и Сервером учёта.

При организации сбора данных важное место занимает синхронизация устройств и различных уровней распределенной системы по времени. Например, если время будет разным на Сервере учёта, УСПД или приборах, то логика опроса будет нарушена во всей системе. Для синхронизации времени в системе учёта энергоресурсов используется протокол NTP (Network Time Protocol) со специально настроенными сервисами на узлах комплекса. Как правило, источником точного времени является система GPS/ГЛОНАСС.

Поиск и заполнение отсутствующих архивных данных в БД. По некоторым причинам в собранных архивных данных на Сервере учёта могут присутствовать пропуски. Такая ситуация возникает при обрыве канала связи между Сервером и УСПД. Данная ситуация является критической и недопустимой, поскольку оператор должен своевременно получать достоверную и полную информацию по потреблению энергоресурсов на объекте. Также немаловажным фактором является то, что точка учёта, к которой прикреплен прибор, может включаться в балансную группу. Балансная группа – объединение некоторых точек учёта для расчёта суммы потребления ресурса по данной группе. Если по устройству будут отсутствовать данные, то, следовательно, балансная группа будет рассчитана неправильно. Расчёт балансных групп, составленных пользователями на основании логики функционирования объекта автоматизации, является крайне важным пунктом оценки работы комплекса.

Данная проблема решается автоматическим поиском пропусков в архивных данных и запросом отсутствующих профилей. Эти действия выполняются параллельно стандартной схеме опроса в фоновом режиме. На рис. 2 представлен алгоритм поиска отсутствующих архивов.

Таблица 1

Структура XML-кадров для передачи архивных данных

Запрос от сервера к УСПД:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Request_Archive XmlId="1/1" AT="H" US="\1\7956704" USPD=\Uspd\3
TimeFrom="399758400000" TimeTo="399844800000" />
```

Ответ УСПД серверу:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Archive XmlId="1\1" XmlPart="1\5" US="\1\7956704" AT="H" UnitId="29" USPD="\Uspd\3">
  <ROW St="1" Ts="399758400000" D="1.09.12" DT="00:00:00">
    <P N="514" T="1" S="17" V="3758.44" RV="62/6407"/>
    <P N="517" T="2" S="17" V="3707.79" RV="61.7965"/>
  </ROW>
  <ROW ST="1" Ts="399760200000" D="1.09.12" DT="00 : 30 : 00">
    <P N="514" T="1" S="17" V="3759.55" RV="62.7506"/>
    <P N="517" T="2" S="17" V="3700.00" RV="60.7965"/>
  </ROW>
  <ROW> ...</ROW>
</Archive>
```

XmlID – идентификатор XML-сообщения

XmlPart – часть архива

AT – тип архива:

- ✓ M – N-минутный профиль измерений
- ✓ H – 30-минутный профиль измерений
- ✓ F – часовой профиль измерений
- ✓ D – суточные показания (на начало суток)
- ✓ T – месячные показания

US – сигнатура, идентификатор прибора учёта

Вид сигнатуры: UT\SN\N (UT – номер типа устройства, SN – серийный номер, N – номер присоединения (точки учёта) к устройству);

UnitId – идентификатор прибора учёта

TimeFrom – время, с которого необходимо запросить архив в мс с 2000 г.

Time To – время, по которое необходимо запросить архив в мс с 2000 г.

USPD – идентификатор УСПД, которому принадлежит прибор учёта

<Row> – запись

St – признак качества данных;

Ts – время архива в мс от 01.01.2000; а также TimeFrom, TimeTo в мс;

D – DDMMYY – день, месяц, год;

DT – HHMMSS – час : минуты : секунды;

<P> – снимаемые с устройства параметры;

N – номер параметра в устройстве;

T – номер типа измеряемой величины;

S – статус измерения;

V – значение;

RV – значение до тарировки

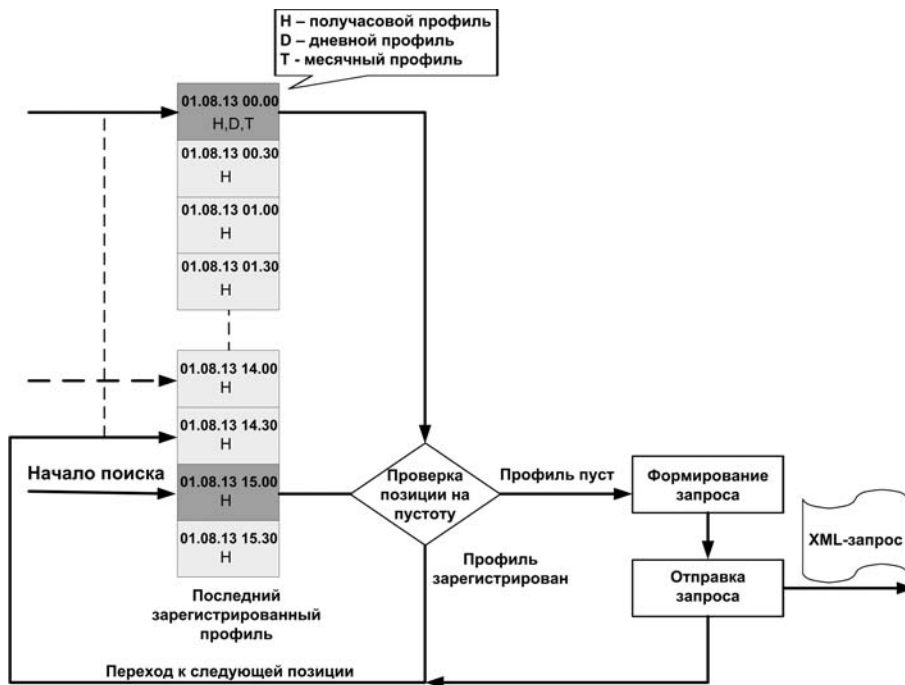


Рис. 2. Алгоритм поиска отсутствующих данных

Итак, данная подсистема при старте начинает просматривать архивную базу данных на наличие пропусков по всем приборам учёта от последнего зарегистрированного профиля в прошлое. В данном случае глубина поиска по времени является настраиваемым параметром. Движение осуществляется с интервалом в 30 мин. У каждой позиции по типу профиля (получасовой, часовой, суточный, месячный) смотрится признак пустоты. Если профиль пуст, то формируется запрос на данные. Обработка ответа Сервером на запрос происходит в обычном режиме приёма архивной информации от УСПД. Таким образом, Сервер учёта заполняет пропуски в архивных данных, обеспечивая целостность и полноту информации.

Обновление архивного профиля по некоторому устройству влечёт за собой перерасчёт всех балансных групп, с которыми данный прибор учёта связан (связь прибора учёта с группами осуществляется через точку учёта).

Ручной ввод. Как правило, Сервер учёта архивные данные по прибору получает от УСПД, но в некоторых случаях данные могут поступать и от оператора. Опция "ручной ввод" позволяет выполнять: ввод в БД визуально снятых показаний счётчиков, с которых по некоторым причинам не осуществляется автоматический сбор;

коррекцию значений параметров точек учёта на интервалах времени;

восстановление данных, утраченных при заменах счётчиков и выходе счётчиков из строя и т. п.

Межуровневый обмен информацией между клиентом и сервером осуществляется посредством XML-сообщений. Формат передачи архивных данных при ручном вводе аналогичен приведённому в табл. 1, только вместо идентификатора прибора указывается идентификатор точки учёта.

Принудительный опрос по запросу оператора. Одним из важнейших сервисов, которым должна обладать система учёта ресурсов, является принудительный опрос или опрос по запросу оператора. Как правило, данная функциональность необходима в силу того, что оператор должен иметь возможность в любое время запросить данные непосредственно с прибора учёта или УСПД. Данная возможность также оказывается полезной при осуществлении

диагностики работы распределенной многоуровневой системы. Принудительный опрос позволяет:

получать архивные данные за указанный промежуток времени с любого узла системы, не меняя логики опроса, которая, как правило, осуществляется по расписанию;

получать текущие данные: например, при возникновении аварийных режимов предусмотрено получение трёхминутных интервалов усреднения мощности по запросу оператора.

Рассмотрим основные моменты организации принудительного опроса в Сервере учёта.

I. Хранение запросов в Сервере и формирование уникального идентификатора: Сервер, получив запрос на принудительный опрос от оператора, выставляет необходимые дополнительные атрибуты, такие как LogTime (время, когда был получен данный запрос), XMLId (идентификатор XML-сообщения) и др. XMLId является очень важным атрибутом, так как позволяет однозначно определять XML-сообщение в системе. Затем формируется запрос к УСПД со своим XMLId, который определяется способом хранения данного запроса в Сервере (индекс дня/порядковый индекс запроса в данном дне). УСПД является конечным устройством, выполняющим принудительный опрос.

II. Контроль выполнения запроса, формирование статуса: после того, как запрос на принудительный опрос отправлен УСПД, ему выставляется статус AcceptCommand (запрос принят к исполне-

нию) и взводится таймер. Статус запроса может изменяться в процессе выполнения принудительного опроса и принимать одно из следующих значений:

AcceptCommand – команда принята к исполнению (п);

RejectCommand – команда отклонена (о);

WaitAnswerCommand – ожидание ответа на команду (п);

DoneCommand – команда выполнена (о);

ErrorCommand – ошибка при выполнении команды (о);

TimeOutCommand – превышен интервал ожидания на выполнение команды (п);

BlockCommand – команда заблокирована (о);

RejectTryLimitCommand – превышен лимит повторно выполняемых команд (о).

По истечении времени таймера осуществляется проверка статуса запроса. Статус может быть промежуточным (п) или окончательным (о). Если промежуточный статус, например, время ожидания ответа истекло (TimeOutCommand), то запрос посылается повторно и заново взводится таймер. Количество повторно выполненных запросов устанавливается, как правило, равным трём, но по желанию может настраиваться, как и время ожидания ответа. При отсутствии ответа и по истечении всех попыток устанавливается статус RejectTryLimitCommand. После того, как статус запроса станет окончательным, таймер будет остановлен.

В целях повышения надёжности и прозрачности работы системы хранится история изменения статуса запроса. При восстановлении системы после сбоя запросы, которые имеют промежуточный статус (прерванный запрос), будут выполнены. Все запросы должны иметь окончательный статус.

III. Обработка ответа: Сервер, получив ответ от УСПД, обновляет статус запроса. Статус запроса берётся из ответа, что позволяет при неуспешном выполнении команды получать детальный анализ возникшей проблемной ситуации. При успешном выполнении команды Сервер получает архивные данные, которые он должен обработать.

Если данные за запрашиваемый период отсутствуют, то Сервер записывает их в базу данных. Если эти данные у Сервера уже есть, то необходимо решить, как с ними поступить. Решение принимается в зависимости от статуса данных.

Данные могут иметь один из следующих статусных признаков: достоверные, недостоверные, замешанные, ручной ввод.

Логика работы с пришедшими архивными данными такова:

пришедшие данные достоверны и совпадают с данными Сервера – данные отбрасываются;

пришедшие данные достоверны, а у Сервера недостоверные – данные перезаписываются;

данные недостоверны, а у Сервера достоверны – данные отбрасываются;

данные достоверные, а у Сервера ручной ввод с разрешением перезаписи – данные перезаписываются;

без разрешения перезаписи – данные отбрасываются;

данные достоверные, а в Сервере замещение с разрешением перезаписи – данные перезаписываются;

без разрешения перезаписи – данные отбрасываются;

данные недостоверны, а у Сервера ручной ввод или замещение – данные отбрасываются;

недостоверные данные и у Сервера недостоверные, но данные различны – данные отбрасываются, пишется предупреждение в LogFile;

данные достоверны и у Сервера данные достоверны, но значения различны – данные отбрасываются, пишется предупреждение в LogFile.

IV. Формирование ответа клиенту: в ходе выполнения Сервером принудительного опроса Сервер должен информировать клиента о ходе выполнения запроса и его завершении. Клиенту отправляется XML-ответ, когда запрос принят к исполнению или в случае ошибки. При успешном выполнении принудительного опроса Сервер информирует об этом клиента и о том, что идет поступление данных.

Аналогичная логика работы и у УСПД. Получив запрос, он его обрабатывает, формирует ответ Серверу о статусе запроса и начинает его выполнение. Если запрос на принудительный опрос УСПД, то УСПД делает выборку данных. Если это запрос на принудительный опрос прибора учёта, то УСПД начинает опрашивать измерительное устройство. Получив данные и сформировав ответ, УСПД отправляет его Серверу либо сообщает об ошибке.

Таким образом, описанный способ организации принудительного опроса или опроса по запросу оператора позволяет запрашивать текущие и архивные данные в любое время, что делает систему более удобной и функциональной. Предложенный механизм обеспечивает гарантированное выполнение и получение результата за конечное число шагов и время, а также обеспечивает корректное завершение выполнения запросов после сбоя или

остановки системы. Данное решение может быть применимо для выполнения любых операций в асинхронном режиме работы.

Замещение данных на Сервере. Сервер учёта умеет в автоматическом режиме производить замещение недостоверных или отсутствующих данных. Данная функциональность нужна, когда приборы учёта отсутствуют или по ним нет данных, а нам необходимо знать примерное потребление учитываемого ресурса [4]. Алгоритмы замещения должны быть согласованы в договоре о присоединении к торговой системе.

Возможен режим замещения данных в автоматическом режиме и с подтверждением оператора, а также остается актуальным режим ручного ввода.

Существует несколько способов замещения:

берутся данные резервного прибора учёта;

Сервер рассчитывает данные по формулам, которые прописаны в договоре;

отсутствующие данные замещаются последним достоверным значением;

отсутствующие данные замещаются следующим достоверным значением;

отсутствующие данные замещаются средним значением, рассчитанным из последнего и следующего достоверного;

отсутствующие данные замещаются значением, рассчитанным из составления балансовых уравнений;

отсутствующие данные замещаются значением типового потребления, например:

за предыдущий день,

за предыдущий месяц,

за предыдущий год;

(можно выделить типовые дни с учётом поддержки тарифных зон и времени суток:

понедельник;

вторник, среда, четверг;

пятница;

суббота;

воскресение и праздничные дни);

отсутствующие данные замещаются показаниями, взятыми или рассчитанными из значений SCADA-системы;

отсутствующие данные замещаются значением, рассчитанным из принципа предельной достоверности.

Процедура замещения данных на Сервере учёта выполняется аналогично поиску и заполнению отсутствующих архивных данных параллельно стандартной схеме опроса.

Архивы событий. Комплексная система учёта энергоресурсов во время работы фиксирует события разного рода в журнале событий. Журнал событий ведётся на каждом установленном приборе учёта. УСПД обеспечивает сбор и хранение событийной информации от устройств, а также передачу её на верхний уровень – Серверу учёта. УСПД осуществляет фиксацию событий, происходящих на нём.

Журнал событий может содержать такую информацию, как:

попытки несанкционированного доступа;

связи с прибором, приведшие к каким-либо изменениям данных;

перезапуск устройства (при пропадании напряжения, заикливания и т. п.);

изменение текущих значений времени и даты при синхронизации времени;

отключение питания и т. п.

На Сервере учёта логически можно выделить события УСПД, прибора учёта, точки учёта, системы. События УСПД и прибора учёта – это события, которые произошли на устройстве. События по точке учёта включают в себя события тех устройств, которые были примонтированы на данный момент к этой точке учёта. События системы включают в себя события Сервера учёта.

Сервер учёта опрашивает УСПД на наличие событий УСПД и приборов учёта с определённым временным интервалом, например, раз в 30 с.

Для логической и временной идентификации событий на Сервере учёта фиксируется время получения и время происхождения события на источнике, а также номер данного события в течение дня. Нумерация в течение дня осуществляется отдельно для каждого устройства.

Обмен событийной информацией между УСПД и Севером осуществляется в XML-формате. Часть данных о событиях Сервер учёта хранит в XML-формате, что значительно упрощает их обработку, хранение и дальнейшую передачу клиенту. В табл. 2 приведена структура XML-сообщений для передачи журнала событий.

Подобная структура позволяет передавать полную информацию о произошедшем событии в унифицированном и структурированном виде.

Организация доступа к учётной, технологической и событийной информации осуществляется с автоматизированных рабочих мест с помощью разработанного XML-протокола. Клиент посылает XML-запрос Серверу, аналогичный тому, который приведен в табл. 1 и 2. Сервер получает и обраба-

Таблица 2

Структура XML-кадров для передачи событийных архивов

Запрос от сервера к УСПД:

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>
<Request_Journal XmlId="32128" JrType="UNIT" UnitId="2" TimeFrom="315608430000"
TimeTo="328006800000" />
```

Ответ УСПД серверу: <?xml version="1.0" encoding="windows-1251" ?>

```
<Journal_Report XmlId = " " XmlPart = "1/1" JrType = "UNIT" UnitId = "2">
  <EventUnit N = "1" PrimaryIndex = "1" Type = "L" UnitId = "2" Ts = "318343323000"
D = "01.02.10" >
  < P Name="EventCode" Value="12"/>
  <P Name="DevEventNumber" Value="1.42"/>
  <P Name="OffPhase" Value="AC"/>
  <P Name="Report" Value="Выключение фазы: AC."/>
  <P Name="NewValue" Value="80"/>
  <P Name="OldValue" Value="0"/>
  <P Name="EventText" Value="Появление/пропадание фазовых напряжений"/>
</EventUnit>
<EventUnit N = "3" PrimaryIndex = "3" Type = "P" UnitID = "2" Ts = "318343323000" D = "01.02.10" >
  <P Name="EventCode" Value="11"/>
  <P Name="DevEventNumber" Value="1.44"/>
  <P Name="TurnOffTime" Value="318343323000"/>
  <P Name="Report" Value="Выключение счётчика"/>
  <P Name="EventText" Value="Включение/выключение счётчика"/>
</EventUnit>
</Journal_Report>
```

JrType – тип журнала:

PLACE – по точке учёта

UNIT – по прибору учёта

USPD_ALL – выдаёт все события (УСПД+события принадлежащих ему приборов учёта)

USPD_UNIT – выдаёт события только принадлежащих ему приборов учёта

USPD_USPD – выдаёт только события УСПД

N – номер события на устройстве;

PrimaryIndex – номер события от начала суток на УСПД для каждого прибора учёта свой;**Type** – код события**Коды событий:**

L – выход параметров за технические пределы

M – ошибка измерений (датчиков)

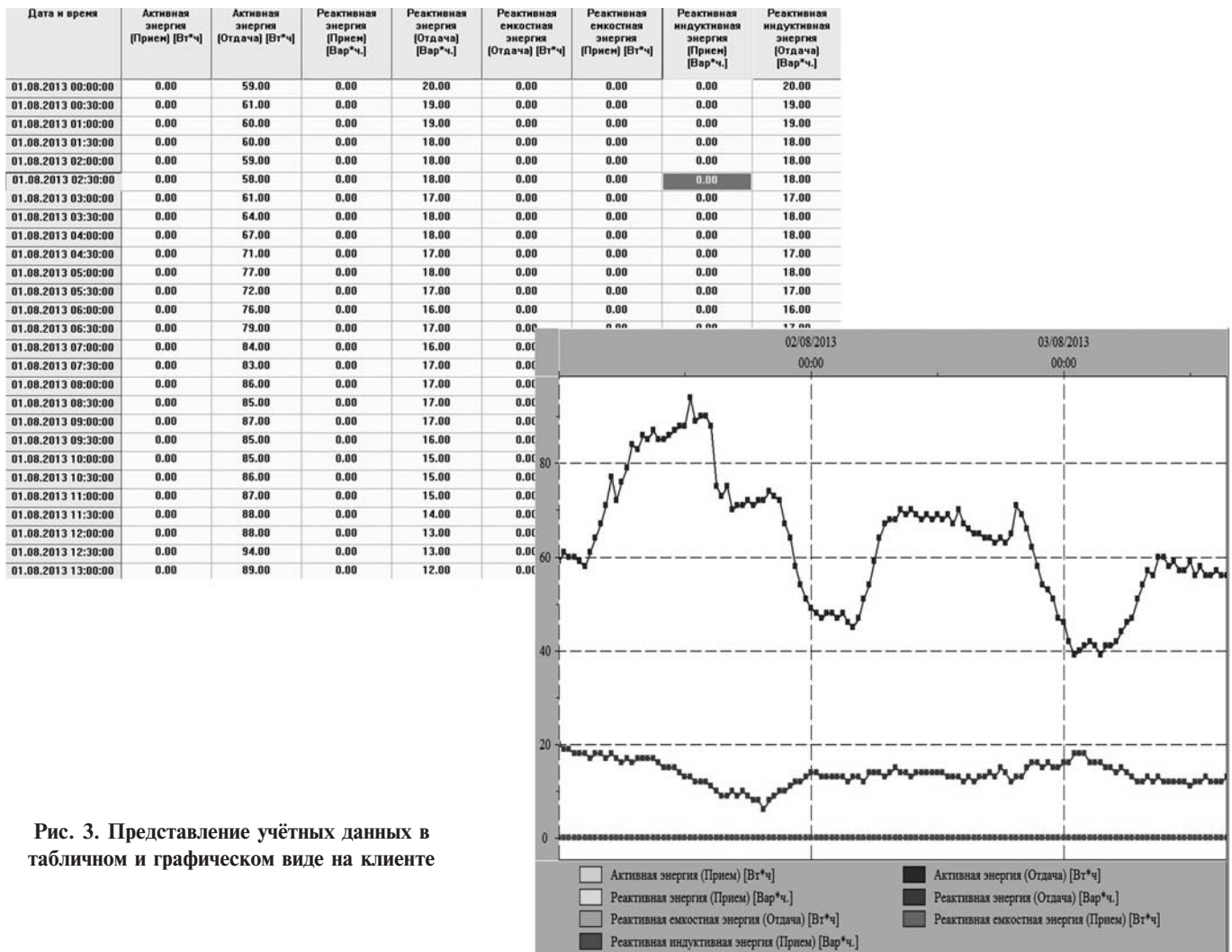
C – ошибка конфигурации

T – корректировка времени

F – корректировка расчётных коэффициентов (factor)
P – сбой питания (power supply)
A – сбой архива
G – сбой связи (glitch)
O – остальные события (other)
 <P> – описывает параметры события
Name – название параметра
Value – значение параметра
EventCode – код события на устройстве
EventText – описание события
Report – сообщения для клиента

тывает запрос, а затем осуществляет выборку данных из оперативной БД, формирует XML-ответ и отправляет его клиенту. На рис. 3 и 4 представлено отображение данных на клиенте.

Основные результаты. Полученный опыт показывает, что процесс сбора данных, построенный с использованием технологии XML, действительно позволяет создать универсальный, читабельный и



Дата и время	Код события	Тип события	Событие
01.08.2013 10:00:00	1	Включение счётчика	Включение счётчика
01.08.2013 10:30:00	3	Коррекция времени	Коррекция времени
01.08.2013 11:00:00	5	Выключение фазы 1	Выключение фазы 1
01.08.2013 11:30:00	4	Включение фазы 1	Включение фазы 1
01.08.2013 12:00:00	7	Выключение фазы 2	Выключение фазы 2
01.08.2013 12:30:00	6	Включение фазы 2	Включение фазы 2
01.08.2013 13:00:00	9	Выключение фазы 3	Выключение фазы 3

Рис. 4. Событийная информация

расширяемый протокол взаимодействия. При этом унификация и масштабируемость распространяются не только на развитие функциональности системы, но имеют и межуровневый характер.

Продуманная логика сбора информации с приборов учёта и УСПД позволяет повысить доступность и оперативность архивных данных. Алгоритмы поиска отсутствующих данных и их замещения, а также ручной ввод и принудительный опрос позволяют обеспечивать полноту архивной информации в нестандартных ситуациях.

Все описанные выше решения применяются в комплексной системе учёта "Энергоресурс" компании ООО "СИСТЕЛ". Данная система установлена

на ряде объектов энергетики и промышленности. В частности, на Стойленском ГОК ведется информационный обмен с 32 УСПД, для которых источниками данных выступают 526 счётчиков Протон, Меркурий, СЭТ, Энергомера, по ним осуществляется получасовой, суточный, месячный и годовой учёты.

Библиографические ссылки

1. Ковцова И.О., Мандрик А.В. Архитектура комплексной системы учёта энергоресурсов // Радиотехника, электротехника и энергетика: 18-я Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Москва (1–2 марта, 2012): Тезисы докл. Т. 2. М.: Моск. энергетический ин-т (техн. ун-т), 2012.

2. Ковцова И.О., Ухов В.И. Организация обмена данными в многоуровневых распределённых системах // "Вестник" Международного университета природы общества и человека "Дубна". 2010. № 2. С. 45–50.

3. Холзнер С. XML. Энциклопедия. 2-е изд. СПб.: Питер, 2004. 1101 с.

4. Осика Л.К. Коммерческий и технический учёт электрической энергии на оптовом и розничном рынках: Теория и практические рекомендации. СПб.: Политехника, 2005. 360 с.

УДК 621.9

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

dtroitsky@tsu.tula.ru

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ НА ЭТАПЕ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Решена задача повышения качества конструкторских проектных решений на основе количественной оценки параметров качества на ранних этапах подготовки производства с помощью анализа информации, содержащейся в расширенной модели проектного решения.

Ключевые слова: модель проектного решения, технологичность, производственный риск.

The quality enhancement problem of designed decisions on the grounds of quality criteria quantitative evaluation at early stages of the production preparation by means of information analysis contained in the extended design decision model of the designed decision is solved.

Key words: designed decision model; manufacturability; production risk.

Введение. Основной тенденцией развития современных систем автоматизированного проектирования является повышение информационного насыщения моделей проектного решения (МПР) добавлением к геометрическому представлению изделия дополнительной информации — сведений

о качестве поверхности, размерной точности, свойствах материалов и пр. Наличие такой информации позволяет решить ряд задач. Во-первых, уйти от идеализированной "абсолютно точной" геометрической модели и учитывать реально существующий разброс размеров и отклонения формы.

Во-вторых, значительно уменьшить потребность в оформлении чертежей, так как 3D-модель уже содержит всю информацию, необходимую для выполнения последующих этапов подготовки производства.

Однако наличие подобной МПР позволяет решать принципиально новые задачи прогнозирования параметров качества проектного решения на этапе принятия конструкторских проектных решений. В частности, количественная оценка технологичности и производственного риска позволит принимать более обоснованные и оптимальные проектные решения.

Постановка задачи. Задача заключается в повышении качества конструкторских проектных решений на основе оперативной оценки их параметров непосредственно в ходе проектирования и создания обратной связи, позволяющей конструктору принимать оптимальные решения.

Рассматриваются два основных параметра качества: трудоёмкость изготовления как основная составляющая технологичности и логистический риск (надёжность поставок выбранного сортамента материала) как основная составляющая производственного риска – при отсутствии нужного материала производство изделия вообще невозможно.

Оценка технологичности конструкторского проектного решения. Очевидно, что наиболее значимым параметром технологической сложности детали является трудоёмкость её изготовления (ГОСТ 14.201–83). Проведённые исследования показали, что наличие 3D модели позволяет уже на стадии конструкторского проектирования выполнить анализ трудоёмкости изготовления предлагаемой конструкции детали, что позволяет конструктору иметь обратную связь по этому важнейшему параметру качества проектного решения.

Рассмотрим оценку основного времени механической обработки детали. Приведённый пример ориентирован на фрезерование. Однако предлагаемый подход применим ко всем видам обработки резанием, которые, в отличие от других видов обработки, имеют наибольшую трудоёмкость.

Трудоёмкость является многофакторной функцией, поэтому при расчёте необходимо учитывать сразу несколько параметров. Для построения регрессионной математической модели необходимо определить коэффициенты уравнений регрессии, структура которых известна из работы [1]. Для этого проведён ряд виртуальных экспериментов, в ходе которых в САМ-системе Delcam PowerMill моделировались процессы обработки резанием раз-

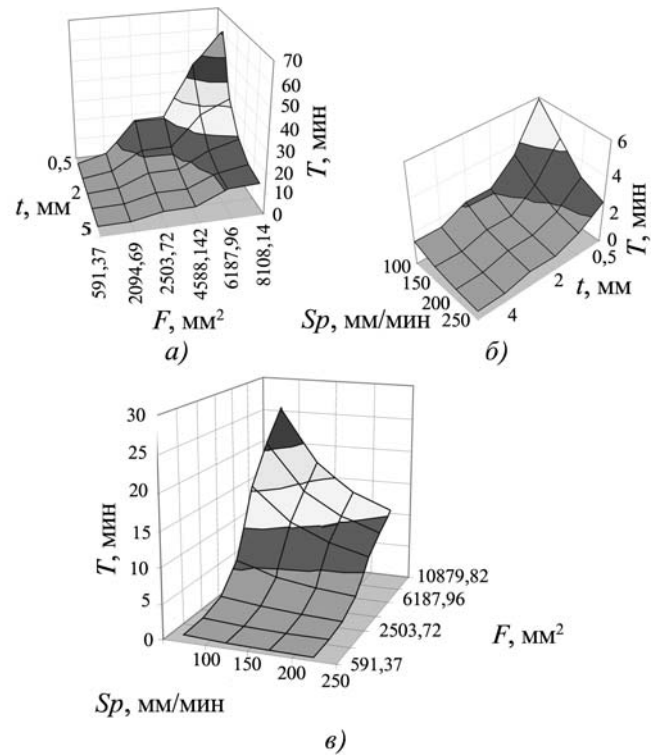


Рис. 1. Графики зависимости времени обработки от площади поверхности F (а), рабочей подачи S (б) и припуска t (в) на примере фрезерования шпоночного паза

личных конструктивных элементов деталей (для разных материалов и с разными режимами) с определением времени обработки каждого элемента. В качестве заготовки принимался сортмент металлопроката наиболее близкий по форме и размеру к изготавливаемой детали. В результате численных экспериментов получены зависимости времени обработки от площади обрабатываемой поверхности, рабочей подачи и припуска на обработку. Пример полученных результатов для конструктивного элемента "шпоночный паз" (фрезерная обработка, сталь 40Х) показан на рис. 1.

Согласно методу регрессионного анализа корреляционную связь между трудоёмкостью и входными параметрами модели можно представить в виде уравнения множественной регрессии:

$$T = F \left(M, \sum_{i=1}^n f(S_i, Ra_i, t_i) \right) k_{\text{мат}}, \quad (1)$$

где M – масса детали; S_i – площадь обрабатываемой i -й поверхности; Ra – требуемая шероховатость i -й поверхности; t_i – допуск (качество точности) i -й поверхности; $k_{\text{мат}}$ – коэффициент, учитывающий обрабатываемость материала.

Таблица 1

Уравнения регрессии для конструктивных элементов при фрезерной обработке

Элемент	Уравнение
Плоскость (фрезерование)	$T_{пл} = 10^{4,07} \cdot S^{-0,6} Ra^{-0,25} t^{-1,07}$
Паз под призматическую шпонку (фрезерование)	$T_{паз. призм} = 10^{-3,04} \cdot S^{0,098} t^{-0,34} d^{3,67}$
Отверстие глухое	$T_{отв. гл} = 10^4 \cdot S^{-0,84} Ra^{-0,11} t^{-0,92}$
Отверстие сквозное	$T_{отв. ск} = 10^{4,03} \cdot S^{-0,68} Ra^{-0,34} t^{-0,72}$
Паз (фрезерование)	$T_{паз} = 10^{4,01} \cdot S^{-0,65} Ra^{-0,14} t^{-1,27}$
Уступ (фрезерование)	$T_{уступ} = 10^4 \cdot S^{-0,77} Ra^{-0,31} t^{-0,14}$

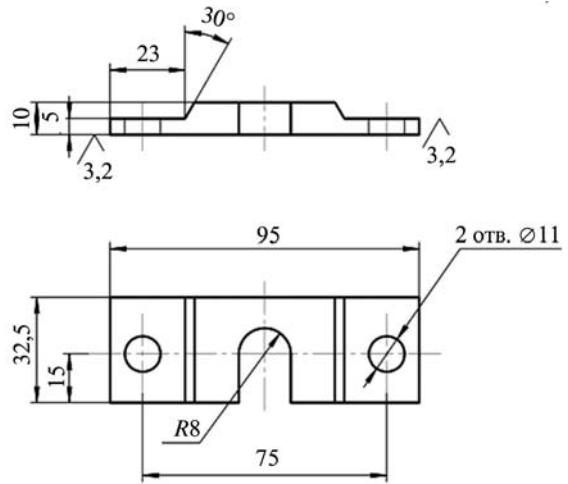


Рис. 2. Деталь "Планка"

Риск принятия неоптимального проектного решения вызван наличием неопределённости, из-за чего назначается такой исходный материал, кото-

После решения уравнения методом регрессионного анализа трудоёмкость T запишется в виде:

$$K = a_0 S^{x_1} Ra^{x_2} t^{x_3}; \tag{2}$$

$$T = b_0 I^{y_1} K^{y_2}, \tag{3}$$

где $a_0, b_0, x_1, x_2, x_3, y_1, y_2$ – коэффициенты уравнения регрессии, подлежащие определению экспериментально.

После преобразований получены следующие зависимости для основных конструктивных элементов (табл. 1):

Пример расчёта трудоёмкости. Рассмотрим деталь "Планка", материал — сталь 40X (рис. 2).

Согласно чертежу, поверхности имеют следующие параметры (табл. 2).

При расчёте по формулам, приведённым в табл. 1, получаем $T_{дет} = 4,718$ мин. Трудоемкость, подсчитанная по таблицам норм времени [2, 3], составляет 5,2 мин. Таким образом, расхождение результатов составляет 11 %, что показывает адекватность предложенной модели, так как нормативный метод расчёта завышает нормы времени на 10–15 %.

Оценка логистического риска. Введём понятие "логистический риск", определяемое как риск невыполнения цели производственного процесса по причине нерационального выбора сортов материалов.

Количественной оценкой риска служит мера риска p , включающая в себя вероятность наступления нежелательного события p и ущерб от наступления события W :

$$c = f(W, p). \tag{4}$$

Таблица 2

Параметры поверхностей детали "Планка"

Тип поверхности	Площадь, мм ²	Параметр	Обработка
Плоскость	652,47	Ra 3,2	Фрезерование
	652,47		
	1044,33	Ra 6,3	
	2536,902	Ra 3,2	
	162,50	Ra 6,3	
	162,50		
	272,78		
	272,78		
	705,57		
	187,64		
187,64			
187,64			
Паз	Плоскость	162,50	576,33
	Плоскость	162,50	
	Цилиндрическая	251,33	
Цилиндрическая (отверстие)	172,79		Сверление
Цилиндрическая (отверстие)	172,79		Сверление

рый поставляется с перебоями, либо выбирается сортament, закупка которого в масштабах предприятия невыгодна ввиду малого объёма партии.

Для прогнозирования логистического риска разработана математическая модель определения сортамента материала по 3D-модели детали и её атрибутам при изготовлении детали из стандартного металлопроката. Анализ показал, что при долговременной программе выпуска четырёх машиностроительных предприятий Тулы и Тульской области, заготовки из металлопроката используются для изготовления 60–80 % всех оригинальных деталей. Для выявления необходимого сортамента определяются общие припуски на обработку нормативным методом, так как применение поэлементного метода на этапе конструкторского проектирования невозможно ввиду неопределённости технологического проектного решения.

Анализ нормативного метода назначения припуска показал, что припуск T можно представить как дискретную функцию вида:

$$T = f_1(N_T, S, K), \quad (5)$$

где S – обрабатываемый размер; N_T – количество технологических переходов при обработке размера S ; K – вид размера S (диаметр, длина, внутреннее отверстие и т. д.).

В свою очередь, число переходов – это функция

$$N_T = f_2(K_V, R_Z), \quad (6)$$

где K_V – качество точности обрабатываемого размера; R_Z – параметр шероховатости обрабатываемой поверхности.

С одной стороны, технолог стремится минимизировать объём снимаемого припуска и назначить размер материала, максимально близкий к размеру заготовки. С другой стороны, служба снабжения, принимая во внимание экономические факторы (надёжность поставщика, предысторию поставок, расстояние до поставщика, размер партии, способ платежа и т. д.), выполняет симплификацию размерного ряда исходных материалов (РРИМ) [4], приводящую к замене материалов и пересмотру материальных норм.

При генерации технологически оптимального РРИМ по критерию минимизации объёма снимаемого припуска средняя величина потерь \bar{W}_T запишется в виде

$$\bar{W}_T = \sum_{i=1}^N \int_{D_{i-1}}^{D_i} \int_0^{\infty} f(D_3, L) W_T(D_3, D'_i) dL dD, \quad (7)$$

где $f(D_3, L)$ – функция распределения (плотность распределения) диаметров D_3 и длин L заготовок, получен-

ная в соответствии с производственной программой предприятия на заданный период времени; $W_T(D_3, D'_i)$ – функция определения объёма припуска при изготовлении заготовки с определяющим размером D_3 из материала с размером D'_i .

Для определения функции $f(D_3, L)$ на трёх машиностроительных предприятиях с разными типами производства проведена статистика по размерной применимости металлопроката. Анализировались полные программы выпуска основного производства за три года. Объём выборки составил от 6000 до 8000 деталей. Решалась задача аппроксимации эмпирического распределения размеров одним из теоретических. Рассматривались нормальное и логарифмически нормальное распределение. По критерию Колмогорова–Смирнова доказано соответствие эмпирического распределения логарифмически нормальному виду:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \mu)^2} & \text{при } x > 0, \\ 0 & \text{при } x \leq 0, \end{cases} \quad (8)$$

где μ, σ – параметры распределения.

Уровень значимости составил 0,05 (рис. 3) для наиболее применяемых профилей.

Минимизация логистического риска предполагает, что связи в производственном процессе должны выбираться по критерию вероятности их существования. Особенно это относится к связям предприятия с внешней средой, влияние на которые ограничено. Опрос специалистов служб снабжения показал, что в настоящее время имеет место принятие этими службами технологических проектных решений о замене размеров материалов (симплификация РРИМ) на основе эмпирических подходов, основанных исключительно на личном опыте и интуиции. Однако следует рассматривать последствия замены размеров материалов для производственного процесса.

Рост объёма снимаемого припуска влечёт увеличение риска невыполнения производственного задания. К нежелательным последствиям симплификации также относятся рост потерь материала; увеличение трудоёмкости обработки; повышение расхода режущего инструмента; повышение расхода электроэнергии; увеличение потребности в оборудовании; увеличение потребности в рабочей силе в зависимости от того, какой из параметров производственного процесса (штучное время, число станков) принимается постоянным.

Перечисленные выше технологические факторы могут оперативно оцениваться технологом при



Рис. 3. Распределение длин заготовок из листа (углеродистая сталь) предприятия ОАО "Станкотехника" г. Тула (трёхлетняя программа выпуска):
 тест Колмогорова–Смирнова ($d = 0,370597$ при $p < 0,05$);
 параметры распределения ($\sigma = 1,20549$; $\mu = 4,27423$)

использовании автоматизированной интегрированной системы конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). Однако учёт логистических факторов затруднен ввиду трудноформализуемости таких понятий, как "надёжность

Таблица 3

Исходные данные для применения метода попарных сравнений

Критерий оптимизации	
Минимизация локальных производственных рисков	
Сравниваемые проектные решения:	
включение i -го размера материала в РРИМ и изготовление из него рассматриваемой детали	использование $i+1$ -го размера материала для изготовления рассматриваемой детали
Действующие факторы:	
технологические:	логистические:
рост потерь материала	форма платежа
увеличение трудоёмкости обработки	наличие посредников
повышение расхода режущего инструмента	продолжительность работы с данным поставщиком
увеличение потребности в оборудовании	предыстория поставок проката данным поставщиком
повышение расхода электроэнергии	размер партии проката данного размера
увеличение потребности в рабочей силе	расстояние до поставщика

поставщика" или "предыстория поставок". Следовательно, необходим механизм формирования оптимального проектного решения, основывающийся как на количественных оценках, так и на производственном опыте. Для этого предложена методика, основанная на методе попарных сравнений Т. Саати. В табл. 3 приведены факторы, выбранные для оценки оптимальности проектного решения.

При опросе экспертов выполняется попарное сравнение каждого фактора, оценивая, насколько сильнее первый фактор влияет на вероятность достижения цели производственного процесса, чем второй (предложена пятибалльная шкала сравнений). На основе полученной матрицы коэффициентов рассчитываются нормализованные оценки компонент собственного вектора матрицы и устанавливается наиболее значимый фактор. Если этот фактор технологический, то следует принимать решение о закупке требуемого размера исходного материала, так как его замена большим ведёт к неоправданному росту технологических потерь; если же решающим фактором оказывается экономический, то следует назначить другой размер исходного материала.

Таким образом, разработанная модель позволяет выполнить оценку логистического риска в зависимости от геометрических параметров, свойств материала и значений атрибутов МПР.

Заклучение. Таким образом, решена задача прогнозирования двух важнейших параметров качества проектного решения на основе анализа данных, содержащихся в расширенной модели проектного решения. Предложенные модели были реализованы и внедрены на ряде предприятий и позволили повысить качество проектных решений.

Библиографические ссылки

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. / пер. с англ. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 1986. 366 с.
2. **Общемашиностроительные** нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. М.: Экономика, 1990. 472 с.
3. **Ковешников В.А., Трушин Н.Н.** Оценка трудоёмкости обработки деталей на металлорежущих станках // Автоматизация и современные технологии. 2003. № 10. С. 36–40.
4. **Троицкий Д.И.** Выбор стратегий формирования размерного ряда металлопроката в заготовительном производстве // Заготовительные производства в машиностроении. 2006. № 5. С. 50–53.

УДК 621.391

А.В. Елисеев, д-р техн. наук, доц., **Р.М. Калашников**, **Д.А. Тюрин**
(Федеральный научно-производственный центр (ФНПЦ)
Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи")

eliseev_av65@mail.ru

АЛГОРИТМ ДИСКРЕТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОМЕХ НАБЛЮДЕНИЯ

Рассмотрена задача дискретной фильтрации при наличии в канале наблюдения динамических кусочно-непрерывных помех, имеющих конечное число разрывов первого рода на всём отрезке наблюдения и описываемых на интервалах непрерывности степенными полиномами с неизвестными коэффициентами. Предложена обобщённая структурная схема разработанного фильтра. Приводится иллюстративный пример.

Ключевые слова: дискретный фильтр, динамическая помеха, кусочно-непрерывная помеха, конечные разности.

Discrete filtration task in the presence of the dynamic piecewise continuous hindrances in the observation channel having final number of the first sort ruptures on the whole observation segment and described on continuity intervals by degree polynomial with unknown coefficients is considered. The generalized block diagram of the developed filter is proposed. The illustrative example is adduced.

Key words: discrete filter, dynamic hindrance, piecewise

Введение. Известно, что в современных радиотехнических системах различного назначения при оценке значений информативных параметров нестационарных случайных процессов, используемых для описания элементов вектора состояния динамического объекта, например, вектора положения и движения летательного аппарата (ЛА), находят применение алгоритмы как аналоговой, так и дискретной фильтрации. Рост производительности микропроцессорных устройств, входящих в состав бортовых и наземных радиотехнических систем, обеспечивает возможность использования в их информационно-математическом обеспечении (ИМО) алгоритмов дискретной фильтрации [1].

Наиболее простые аппаратно-программные решения имеют алгоритмы на основе дискретного фильтра Калмана и его модификаций, которые применяются на практике, например, в аппаратуре потребителей спутниковой навигационной системы GPS/ГЛОНАСС [1], в ИМО вторичной обработки измерений радиолокационных систем.

Данные фильтры эффективны, когда в канале измерений присутствуют только случайные помехи [2]. Однако реальные измерения могут сопровождаться и другими типами помех, например мультиструктурными с известной структурой их математической модели и неизвестными параметрами [2, 3]. Ещё более сложной является задача оцени-

вания при наличии в измерениях помех, подобных описанным выше, но со случайной сменой структур, принадлежащих некоторому априорно заданному множеству. Данные помехи далее будем называть динамическими помехами.

Подобные помехи в канале наблюдения могут возникать в ситуации, когда ЛА, имеющий несколько режимов полёта, осуществляет их смену в случайные моменты времени, при резком изменении режима функционирования вследствие внезапных отказов, при работе аппаратуры потребителей космической навигационной системы в случае перехода от оптимального созвездия навигационных космических аппаратов к неоптимальному [4]. Так, например, из анализа рис. 1, представленного на сайте Прикладного потребительского центра на базе Информационно-аналитического центра ЦУП ЦНИИмаш [5], можно сделать вывод, что при использовании системы ГЛОНАСС в составе информационно-измерительного комплекса для оценивания параметров движения ЛА, возможно изменение погрешности измерений в зависимости от местоположения ЛА на трассе полёта и используемого созвездия навигационных космических аппаратов. Изменение погрешности, приводящее к её мультиструктурности, обусловлено различным количеством доступных для навигации космических аппаратов в каждый момент времени по-

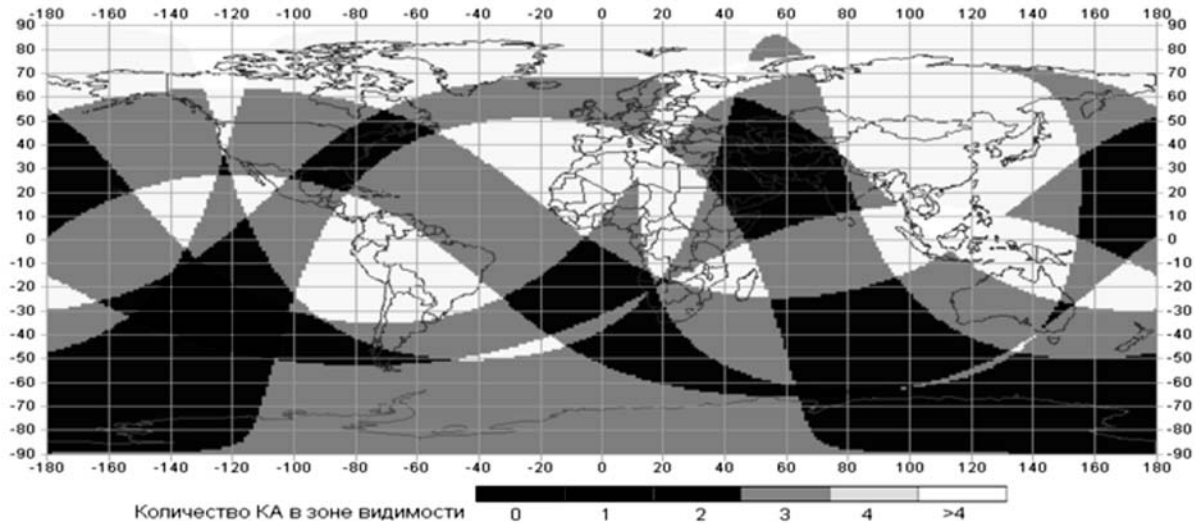


Рис. 1. Мгновенная доступность навигации системы ГЛОНАСС

лётa и их положением относительно ЛА (значением геометрического фактора) [1].

На рис. 1 в виде областей различного цвета показано количество видимых навигационных космических аппаратов системы ГЛОНАСС на текущий момент времени по земной поверхности при угле их наблюдения относительно плоскости горизонта (угол места) 5°. Видно, что существуют пространственные области, где потребителю доступно для приёма навигационных сигналов не более трёх космических аппаратов. В таких областях навигационные измерения будут содержать ошибки, в том числе и динамические.

Указанные ошибки увеличивают погрешность дискретной фильтрации из-за неадекватности принятого уравнения наблюдения реальному процессу измерений.

Цель данной работы – повышение точности дискретной фильтрации в условиях наличия в канале измерений динамических помех.

Ниже решена следующая задача: разработка алгоритма дискретной фильтрации, устойчивого к помехам переменной структуры, модели которых представлены кусочно-непрерывными функциями времени. При этом под устойчивостью алгоритма дискретной фильтрации понимается способность фильтра сохранять допустимую ошибку оценивания в условиях действия в канале наблюдения динамической помехи.

Математическая постановка задачи. Пусть модель оцениваемого процесса $X(j) = X(t_j) = [x_s(j), s = \overline{1, q}]^T$ на интервале $[t_0, T]$ задана разностным уравнением [1]

$$X(j+1) = \Phi(X(j), j) + \Gamma(X(j), j) N_x(j), \quad (1)$$

$$j = 0, 1, 2, \dots,$$

а наблюдаемая случайная последовательность представлена уравнением

$$Y(j) = B(X(j), j) + H(j) + N_y(j), \quad (2)$$

$$j = 0, 1, 2, \dots,$$

где $\Phi(X(j), j) = [\varphi_s(X(j), j), s = \overline{1, q}]^T$; $B(X(j), j) = [b_k(X(j), j), k = \overline{1, p}]^T$; $\Gamma(X(j), j) = [\gamma_{sk}(X(j), j), s = \overline{1, q}, k = \overline{1, m}]$ – известные векторно-матричные непрерывно дифференцируемые функции; $H(j) = [h_s(j), s = \overline{1, p}]^T$ – динамическая помеха со случайной сменой структуры; $N_x(j) = [n_{xs}(j), s = \overline{1, m}]^T$,

$N_y(j) = [n_{ys}(j), s = \overline{1, p}]^T$ – случайные шумы объекта (1) и канала наблюдения (2) соответственно.

Известно, что

$$M\{N_x(j)\} = 0; \quad M\{N_y(j)\} = 0;$$

$$M\{N_x(j) N_x^T(k)\} = V_x(j) \delta(j-k); \quad (3)$$

$$M\{N_y(j) N_y^T(k)\} = W_y(j) \delta(j-k);$$

$$M\{N_x(j) N_y^T(k)\} = 0,$$

где $M\{\cdot\}$ – символ математического ожидания; $\delta(\cdot)$ – символ Кронекера; $V_x(j) = \text{diag}[v_{xss}(j), s = \overline{1, m}]$; $W_y(j) = \text{diag}[w_{yys}(j), s = \overline{1, p}]$ – симметричные неотрицательно-определённая и положительно-определённая матрицы соответственно.

Помеха $H(j)$ относится к классу кусочно-степенных помех, т. е. на отрезке $[t_0, T]$ имеется конечное количество точек разрыва первого рода и на интервалах непрерывности $(t_{s,i-1}^*, t_{s,i}^*)$ описывается степенными полиномами

$$h_{si}(j) = \sum_{l=0}^{M_{si}} b_{s,il} (t_j - t_{s,i-1}^*)^l, \quad (4)$$

$$M_{si} \in \{0, 1, 2, \dots\}, \quad t_j \in (t_{s,i-1}^*, t_{si}^*] \subset [t_0, T],$$

$$\text{где } [t_0, T] = \left\{ [t_{s_0}^*, t_{s_1}^*] \cup \left[\bigcup_{i=2}^{L_s} (t_{s,i-1}^*, t_{si}^*] \right], \quad t_{s_0}^* = t_0, \right. \\ \left. t_{s L_s}^* = T \right\}, \quad s = \overline{1, P}, \quad i = \overline{1, L_s}.$$

Полагаем, что точки разрыва помехи, а также параметры M_{si} , $b_{s,il}$ и L_s неизвестны.

Требуется по результатам текущих наблюдений $Y = \{Y(0), Y(1), \dots, Y(N)\}$ получить оптимальную в среднеквадратическом смысле оценку $\hat{X}(j)$ фильтрации вектора состояния $X(j)$ в условиях действия помехи (4).

Алгоритм фильтрации в условиях динамических помех. Для синтеза алгоритма фильтрации будем использовать конечные разности различного порядка [6]. Рассмотрим на отрезке $[t_0, T]$ произвольную скалярную функцию $f(t)$, заданную отсчётами $f(t_j) = f(j)$, $j = \overline{0, N}$.

Определение [6]. Под k -й конечной разностью от $f(t)$ будем понимать следующую дискретную функцию аргумента j

$$\Delta^k [f(j)] = \Delta^k [f(t_j)] = \sum_{i=0}^k (-1)^{i+k} C_k^i f(j-i), \quad (5)$$

$$k \in \{0, 1, \dots, n\}, \quad j = \overline{k, N},$$

$$\text{где } C_k^i = k! / (i!(k-i)!).$$

Если функцию $f(t)$ задать на равномерной сетке $\{t_j\}_{j=0}^N$ с шагом τ , то формула (5) примет вид

$$\Delta^k [f(j)] = \sum_{i=0}^k (-1)^{i+k} C_k^i f[t_0 + \tau(j-i)], \quad (6)$$

$$k \in \{0, 1, 2, \dots, n\}, \quad j = \overline{k, N}.$$

Из анализа выражений (5) и (6) можно сделать два принципиальных вывода [7]:

1. По аналогии с операторами дифференцирования можно подобрать такой порядок n оператора $\Delta^n [\cdot]$, что

$$\Delta^n [h_{si}(j)] = \Delta^n [h_{si}(t_j)] = \\ = \Delta^n \left[\sum_{l=0}^{M_{si}} b_{s,il} (t_j - t_{s,i-1}^*)^l \right] \equiv 0, \quad \forall t_j \in (t_{s,i-1}^*, t_{si}^*], \quad (7)$$

$$\text{где } n > M^*, \quad M^* = \max_{i,s} M_{si},$$

т. е. оператор $\Delta^n [\cdot]$ при выполнении условия $n > M^*$ полностью подавляет кусочно-степенную помеху $h_{si}(t)$ на любом интервале непрерывности $(t_{s,i-1}^*, t_{si}^*]$.

2. В операторах $\Delta^k [\cdot]$ (где $k = \overline{0, n}$) отсутствуют некорректные операции деления на число τ^k и предельного перехода при $\tau \rightarrow 0$, характерные для оператора k – кратного дифференцирования.

Если помеху $h_s(t)$ рассматривать не только на интервале $(t_{s,i-1}^*, t_{si}^*]$, а на всем отрезке наблюдения $[t_0, T]$, то применение оператора $\Delta^n [\cdot]$ позволяет почти всюду подавить помеху $h_s(t)$, за исключением, может быть, конечного числа L_s точек разрыва первого рода. Например, при вычислении конечной разности первого порядка

$$\Delta^1 [h_s(t_j)] = h_s(t_j) - h_s(t_{j-1}),$$

$$\text{где } t_{j-1} \in (t_{s,i-1}^*, t_{si}^*), \quad t_j \in (t_{s,i}^*, t_{s,i+1}^*),$$

т. е. на стыке двух степенных полиномов $h_{s,i}(t)$ и $h_{s,i+1}(t)$ появляется скачок (выброс):

$$h_s(t_j) - h_s(t_{j-1}) = h_{s,i+1}(t_j) - h_{s,i}(t_{j-1}) = \\ = \sum_{l=0}^{M_{s,i+1}} b_{s,i+1,l} (t_j - t_{s,i}^*)^l - \\ - \sum_{l=0}^{M_{si}} b_{s,i,l} (t_{j-1} - t_{s,i-1}^*)^l \neq 0. \quad (8)$$

Аномальные выбросы вида (8) могут привести к появлению грубых погрешностей в результатах фильтрации. По аналогии с работой [7] рассмотрим процедуру их отбраковки.

Аномальность будем анализировать применительно к произвольному элементу $y_s(t_j)$ ($s \in \overline{1, p}$) вектора наблюдения $Y(t_j)$. Полагаем, что задана вероятность $P_s^{[0]}$ того, что на отрезке $[t_0, T]$ значения шума $\{n_{ys}(j)\}_{j=0}^N$ не выйдут за пределы интервала $[-d_s^{[0]}, d_s^{[0]}]$, где $d_s^{[0]} > 0$. Используя статистические характеристики помехи, несложно определить вероятность $P_s^{[n]}$ события, состоящего в том, что значения n -й конечной разности $\{\Delta^n [n_{ys}(j)]\}_{j=0}^N$ останутся внутри интервала $[-d_s^{[n]}, d_s^{[n]}]$. Интервал $[-d_s^{[n]}, d_s^{[n]}]$ будем рассматривать как доверительный интервал надёжности $1 - \delta_s^{[n]}$ (с уровнем значимости $\delta_s^{[n]} > 0$), т. е. вероят-

ность попадания значения $\Delta^n [n_{ys}(j)]$ в этот интервал

$$P_s^{[n]} = P(-d_s^{[n]} \leq \Delta^n [n_{ys}(j)] \leq d_s^{[n]}) \geq 1 - \delta_s^{[n]}.$$

Несложно убедиться [7], что для выбранной на $[t_0, T]$ сетке $\omega_\tau = [t_j = t_0 + j\tau, j = 1, \overline{N}, \tau N = T - t_0]$ можно задаться величинами $\varepsilon_s^{[k]}, k = \overline{0, n}$, удовлетворяющими следующим соотношениям для произвольного элемента $x_s(j), (s = \overline{1, q})$ вектора $X(j)$ модели (1):

$$\begin{aligned} \max_j |\Delta^k [x_s(j)]| = \\ = \max_j \left| \sum_{i=0}^k (-1)^{i+k} C_k^i x_s(t_{j-i}) \right| \leq \varepsilon_s^{[k]}, \quad k = \overline{0, n}. \end{aligned} \quad (9)$$

Очевидно, что для модели (1) будет выполняться условие $\varepsilon_s^{[n]} \leq \varepsilon_s^{[n-1]} \leq \dots \leq \varepsilon_s^{[1]} \leq \varepsilon_s^{[0]}$, при этом $\varepsilon_s^{[n]} \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

В соответствии с неравенством треугольника алгоритм сортировки измерений на нормальные и аномальные имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \mathfrak{S}_{1s} : |\Delta^n [y_s(j)]| > \varepsilon_s^{[n]} + d_s^{[n]}, \\ \forall s = \overline{1, p}, j = 0, 1, 2, \dots, \\ \mathfrak{S}_{2s} : |\Delta^n [y_s(j)]| \leq \varepsilon_s^{[n]} + d_s^{[n]}, \\ \forall s = \overline{1, p}, j = 0, 1, 2, \dots, \end{aligned} \quad (10)$$

где \mathfrak{S}_{1s} – гипотеза, заключающаяся в аномальности измерения $\Delta^n [y_s(j)]$; \mathfrak{S}_{2s} – гипотеза, заключающаяся в нормальности измерения $\Delta^n [y_s(j)]$.

Аномальные измерения из дальнейшей обработки исключаются и в алгоритме оценивания вместо отбракованного значения $\Delta^n [y_s(j)]$ используется пороговое значение $\Delta^n [\tilde{y}_s(j)] = \varepsilon_s^{[n]} + d_s^{[n]}$.

С учётом рассмотренного выше проведём синтез алгоритма дискретной фильтрации в соответствии с математической постановкой задачи.

Применим по аналогии с работой [7] к наблюдению (2) разностный оператор $\Delta^k [\cdot]$:

$$\begin{aligned} \Delta^k [Y(j)] = \Delta^k [B(X(j), j)] + \Delta^k [H(j)] + \\ + \Delta^k [N_y(j)], \quad k = \overline{0, n}. \end{aligned}$$

Тогда при $k = n$ имеем

$$\begin{aligned} \Delta^n [Y(j)] = \Delta^n [B(X(j), j)] + \Delta^n [N_y(j)], \\ j \in \{n, n+1, n+2, \dots\}. \end{aligned} \quad (11)$$

Из выражения (11) видно, что в $\Delta^n [Y(j)]$ отсутствует динамическая помеха вида (4).

С учетом выражений (5) и (6), пренебрегая выбросами (8), выражение (11) преобразуется к виду

$$\begin{aligned} \Delta^n [Y(j)] = \sum_{i=0}^n (-1)^{i+n} C_n^i [B(X(j-i), j-i)] + \\ + \sum_{i=0}^n (-1)^{i+n} C_n^i N_y(j-i), \quad j \geq n. \end{aligned}$$

Аналогично применим оператор $\Delta^n [\cdot]$ к уравнению для вектора состояния (1)

$$\begin{aligned} \Delta^n [X(j+1)] = \Delta^n [\Phi(X(j), j)] + \\ + \Delta^n [\Gamma(X(j), j) N_x(j)] = \\ = \sum_{i=0}^n (-1)^{i+n} C_n^i [\Phi(X(j-1), j-1)] + \\ + \sum_{i=0}^n (-1)^{i+n} C_n^i [\Gamma(X(j-1), j-1) N_x(j-i)], \\ j \in \{n, n+1, n+2, \dots\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Применяя к уравнениям (11) и (12) известные уравнения субоптимальной дискретной фильтрации [1], получим для оценки $\hat{X}^{[n]}(j)$ следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \hat{X}^{[n]}(j+1) = \hat{X}^{[n]}(j+1|j) + Q^{[n]}(j+1) [\Delta^n [Y(j+1)] - \Delta^n [B(\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1)]]; \\ \hat{X}^{[n]}(j+1|j) = \Phi(\hat{X}^{[n]}(j), j), \quad \Delta^n [Y(j+1)] = \sum_{i=0}^n (-1)^{i+n} C_n^i Y(j+1-i); \\ Q^{[n]}(j+1) = K^{[n]}(j+1|j) B_{(x)}^T (\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1) [B_{(x)}(\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1) \times \\ \times K^{[n]}(j+1|j) B_{(x)}^T (\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1) + W_y^{[n]}(j+1)]^{-1}; \\ K^{[n]}(j+1|j) = \Phi_{(x)}(\hat{X}^{[n]}(j), j) K^{[n]}(j) \Phi_{(x)}^T(\hat{X}^{[n]}(j), j) + \Gamma(\hat{X}^{[n]}(j), j) V_x^{[n]}(j) \Gamma^T(\hat{X}^{[n]}(j), j); \\ K^{[n]}(j+1) = [I - Q^{[n]}(j+1) B_{(x)}(\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1)] K^{[n]}(j+1|j), \quad j \geq n, \end{aligned} \quad (13)$$

где $B_x(\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1) = \frac{\partial B(\hat{X}^{[n]}(j+1|j), j+1)}{\partial \hat{X}^{[n]}(j+1|j)}$;

$\Phi_x(\hat{X}^{[n]}(j), j) = \frac{\partial \Phi(\hat{X}^{[n]}(j), j)}{\partial \hat{X}^{[n]}(j)}$ – верхний индекс n в

квадратных скобках $[\cdot]$ указывает на использование в алгоритме фильтрации конечной разности n -го порядка; $\hat{X}^{[n]}(j)$ – оценка вектора состояния $X(j)$; $\hat{X}^{[n]}(j+1|j)$ – оценка прогноза вектора состояния на момент $j+1$; $K^{[n]}(j+1|j)$ – симметричная матрица ошибок прогнозирования; $K^{[n]}(j+1)$ – ковариационная матрица ошибок фильтрации $\varepsilon(j+1) = X(j+1) - \hat{X}^{[n]}(j+1)$; $V_x^{[n]}(j)$, $W_y^{[n]}(j)$ – матрицы интенсивностей случайных последовательностей $\Delta^{[n]}[N_x(j)]$ и $\Delta^{[n]}[N_y(j)]$ соответственно; I – единичная матрица.

Для расчёта $K^{[n]}(j)$ и $K^{[n]}(j+1|j)$ необходимо определить $V_x^{[n]}(j)$ и $W_y^{[n]}(j)$.

С учётом (5) и характеристик шумов (3) можно записать

$$V_x^{[n]}(j) = M\{\Delta^n[N_x(j)]\Delta^n[N_x(j)]^T\} = \text{diag}[v_{xii}^{[n]}(j), i = \overline{1, m}];$$

$$W_y^{[n]}(j) = M\{\Delta^n[N_y(j)]\Delta^n[N_y(j)]^T\} = \text{diag}[w_{yii}^{[n]}(j), i = \overline{1, p}].$$

где $x_{xii}^{[n]}(j) = M\{\Delta^n[n_{xi}(j)]\Delta^n[n_{xi}(j)]\} = \sum_{i_1=0}^n (C_n^{i_1})^2 v_{xii}^{[0]}(j)$;

$$w_{yii}^{[n]}(j) = M\{\Delta^n[n_{yi}(j)]\Delta^n[n_{yi}(j)]\} = \sum_{i_1=0}^n (C_n^{i_1})^2 w_{yii}^{[0]}(j). \tag{14}$$

В общем случае исходная матрица $W_y(j) = W_y^{[0]}(j)$ является диагональной $W_y(j) = \text{diag}[w_{yii}(j) = \sigma_{yi}^{2[0]}, i = \overline{1, p}]$, где $\sigma_{yi}^{2[0]}$ – дисперсия шума i -го измерения. Следует отметить, что при цифровой обработке измерений необходимо учитывать шум квантования, дисперсия которого при равномерном квантовании определяется формулой [4]:

$$\sigma_{\text{кв}}^2 = \sum_{j=1}^{L_{\text{кв}}} \int_{y_{\text{кв}}^{(j)} - \Delta y_{\text{кв}}/2}^{y_{\text{кв}}^{(j)} + \Delta y_{\text{кв}}/2} (y - y_{\text{кв}}^{(j)})^2 w(y) dy,$$

где $y_{\text{кв}}^{(j)}$ – уровень квантования; $\Delta y_{\text{кв}}$ – шаг квантования; $w(y)$ – плотность распределения вероятностей мгновенных значений сигнала $y(t)$.

При равномерном распределении результатов измерений приведённая выше формула принимает вид $\sigma_{\text{кв}}^2 = (\Delta y_{\text{кв}})^2 / 12$. С учётом шума квантования исходную матрицу $W_y(j) = W_y^{[0]}(j)$ следует задавать в виде $W_y(j) = \text{diag}[w_{yii}(j) = \sigma_{\Sigma i}^{2[0]}, i = \overline{1, p}]$, где $\sigma_{\Sigma i}^{2[0]} = \sigma_{yi}^{2[0]} + \sigma_{\text{кв}i}^2$.

Из выражения (14) видно, что при нахождении k -й конечной разности на основе формулы (11) происходит процесс "подчеркивания шумов", приводящий к увеличению дисперсии шума измерений, например $\sigma_{\Sigma 11}^{2[1]} = 2\sigma_{\Sigma 11}^{2[0]}$, $\sigma_{\Sigma 21}^{2[1]} = 6\sigma_{\Sigma 21}^{2[0]}$. Таким образом, при принятии решения о целесообразности применения разработанного алгоритма оценивания на основе конечных разностей целесообразно использовать априорную информацию о соотношении случайной погрешности и неисключенной систематической погрешности. В соответствии с рекомендацией МИ 1552–86 "Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей результатов измерений" для определения вида наиболее значимой погрешности необходимо проверить условия:

1. Если $(\Delta_c(P_D) / \sigma_y) < 0,8$, то в качестве погрешности результата измерения принимаются доверительные границы случайных погрешностей.
2. Если $(\Delta_c(P_D) / \sigma_y) > 8$, то в качестве погрешности результата измерения принимаются границы неисключенных систематических погрешностей.
3. Если $0,8 \leq (\Delta_c(P_D) / \sigma_y) \leq 8$, то доверительную границу погрешности результата измерения вычисляют по формуле

$$\Delta_{\Sigma}(P_D) = K_1 [\Delta_c(P_D) + \overset{\circ}{\Delta}(P_D)].$$

В приведённых выражениях приняты следующие обозначения: σ_y – среднеквадратическое отклонение случайной погрешности; $\Delta_c(P_D)$ – доверительная граница суммарной неисключённой систематической погрешности; P_D – доверительная вероятность; $\overset{\circ}{\Delta}(P_D)$ – доверительная граница случайной погрешности; K_1 – табулированный коэффициент, зависящий от доверительной вероятности P_D .

На основе анализа данных условий можно сделать вывод, что применение разработанного алгоритма для уменьшения влияния мультиструктурной помехи, являющейся разновидностью систематической помехи, целесообразно при выполнении второго или третьего условий.

При задании начальных условий для алгоритма (14) следует учесть, что его применение возможно только с момента времени t_n , когда получен массив измерений, достаточный для реализации n -й конечной разности. По этой причине начальные условия $\hat{X}^{[n]}(j)|_{j=n-1} = \hat{X}^{[n]}(n-1|n-2)$ и $K^{[n]}(j)|_{j=n-1} = K^{[n]}(n-1)$ формируются на основе рекуррентного алгоритма:

$$\begin{aligned} \hat{X}^{[n]}(0) &= \hat{X}(0); \quad K^{[n]}(0) = K(0); \\ \hat{X}^{[n]}(j+1|j) &= \Phi(\hat{X}^{[n]}(j), j); \\ K^{[n]}(j+1|j) &= \Phi_{(x)}(\hat{X}^{[n]}(j), j)K^{[n]}(j) \times \\ &\times (j) \Phi_{(x)}^T(\hat{X}^{[n]}(j), j) + \\ &+ \Gamma(\hat{X}^{[n]}(j), j)V_x^{[n]}(j)\Gamma^T(\hat{X}^{[n]}(j), j); \\ K^{[n]}(j+1) &= [I - Q^{[n]}(j+1)B_{(x)}(\hat{X}^{[n]}(j+1|j), \\ &j+1)]K^{[n]}(j+1|j), \end{aligned} \tag{15}$$

где $j = \overline{0, (n-2)}$ (если $n=1$, то в качестве начальных условий принимаются следующие значения: $\hat{X}^{[1]}(n-1) = \hat{X}^{[1]}(0) = \hat{X}(0)$, $K^{[1]}(0) = K(0)$).

Очевидно, что рассмотренный выше подход к компенсации кусочно-непрерывной помехи в задаче субоптимальной нелинейной фильтрации распространяется и на линейную фильтрацию.

Структура устройства фильтрации. Структурная схема устройства, реализующего разработанный алгоритм фильтрации, имеет вид, представленный на рис. 2.

Анализатор сигнала, шума и помехи (АСШП) на основе априорной информации $I_{\text{апр}} = \{X(j), M^* = \max_{i,s} M_{s_i}, P_s^{[0]}\}$ о модели информационного процесса $X(j)$ вида (2), значении наибольшего порядка M^* полинома, описывающего помеху вида (4), значении доверительной вероятности $P_s^{[0]}$, а также предварительного анализа наблюдаемой

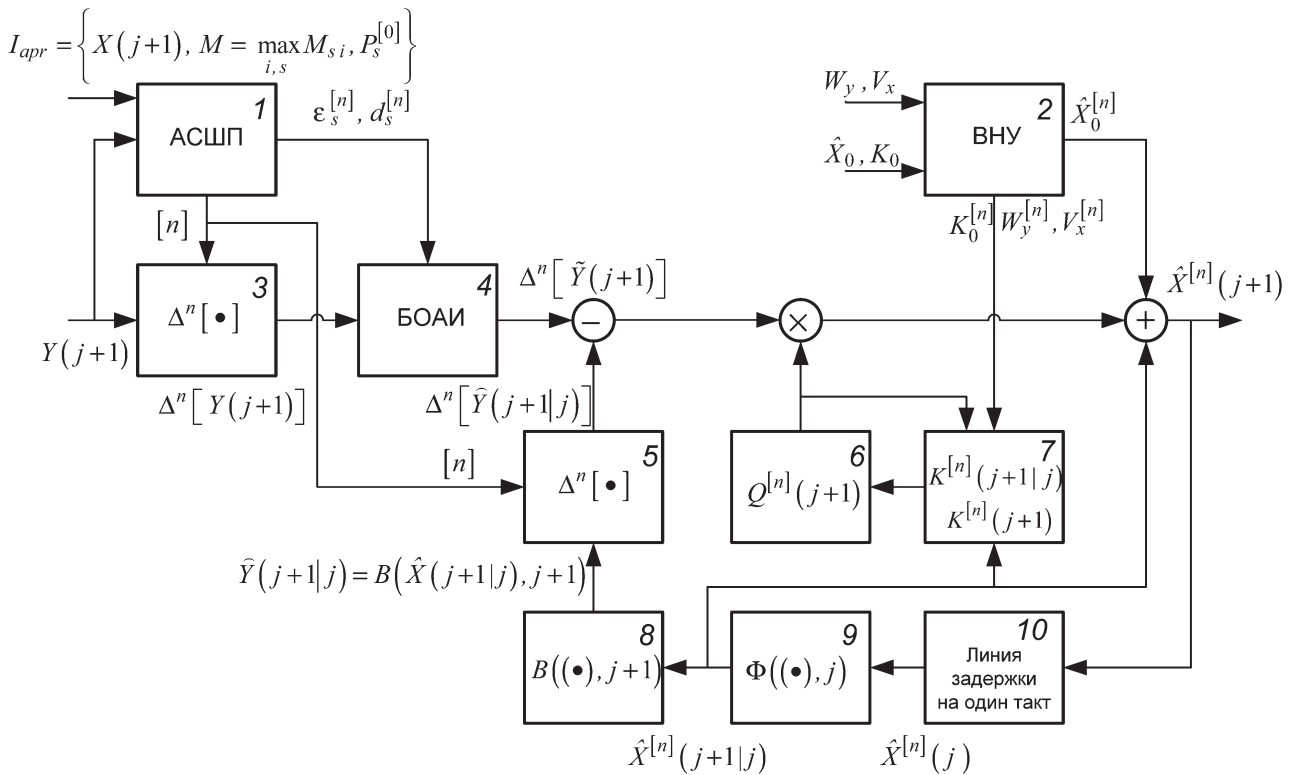


Рис. 2. Структура дискретного фильтра:

1 – анализатор сигнала, шума и помехи (АСШП); 2 – вычислитель начальных условий (ВНУ) фильтрации; 3 – вычислитель конечной разности порядка $[n]$ для наблюдаемого процесса $Y(j)$; 4 – блок отбраковки аномальных измерений; 5 – вычислитель конечной разности порядка $[n]$ для предсказанного значения наблюдаемого процесса $\hat{Y}(j)$; 6 – вычислитель матричного коэффициента усиления фильтра $Q^{[n]}(j)$; 7 – вычислитель предсказанной $K^{[n]}(j+1|j)$ и текущей $K^{[n]}(j)$ ковариационной матрицы ошибок фильтрации; 8 – вычислитель предсказанного значения наблюдаемого процесса $\hat{Y}(j)$; 9 – вычислитель предсказанного значения фильтруемого процесса $\hat{X}^{[n]}(j+1|j)$; 10 – линия задержки на один такт оценки фильтруемого процесса $\hat{X}^{[n]}(j)$

реализации $Y(j)$ назначает порядок конечной разности $[n]$ и рассчитывает параметры $\varepsilon_s^{[n]}$, $d_s^{[n]}$ на основе выражения (9). Выходные параметры блока АСШП передаются в блоки 3, 4 и 5.

Следует отметить, что исходной информацией для АСШП могут являться результаты измерений $Y^*(j)$, полученные с использованием "эталонных" (на порядок более точных, по отношению к анализируемому средству) измерительных средств [2]. При этом к эталонным значениям измеряемых параметров предъявляются требования несмещённости и минимальности дисперсии. Так, например, при определении систематических погрешностей измерения угловых координат радиолокационными станциями указанным требованиям наиболее полно удовлетворяют параметры, определённые соответствующим пересчётом значений координат, полученных по данным измерений оптических траекторных систем. Практика показывает, что величина погрешности измерений оптической траекторной системы в основном определяется случайными погрешностями со средними квадратическими отклонениями, на порядок меньшими, чем средние квадратические отклонения измерения угловых координат радиолокационной станцией [2].

Блок отбраковки аномальных измерений (БОАИ) осуществляет на основе алгоритма (10) обнаружение аномальных измерений, источником которых могут быть причины как внешние по отношению к устройству фильтрации, так и внутренние, обусловленные особенностями формирования конечных разностей в точках разрыва функции помех, что поясняется формулой (8).

В блоках 3 и 5 формируются конечные разности порядка $[n]$ для наблюдаемого процесса $Y(j+1)$ и оценки наблюдаемого процесса $\hat{Y}(j+1) = \Delta^n [B(\hat{X}(j+1|j), j+1)]$. Следует отметить: если блок АСШП выдает значение порядка конечной разности $[n]=0$, то разработанный алгоритм фильтрации вырождается в классический алгоритм расширенного фильтра Калмана.

В вычислителе начальных условий (ВНУ) на основе априорной информации о начальных условиях фильтрации (\hat{X}_0 , K_0) и значениях элементов матриц интенсивностей формирующего шума и шума наблюдения (V_x , W_y) рассчитываются новые начальные условия ($\hat{X}_0^{[n]}$, $K_0^{[n]}$) и новые интенсив-

ности шумов ($V_x^{[n]}$, $W_y^{[n]}$) с привлечением алгоритмов (15) и (14) соответственно.

В блоке 9 на основе задержанного на один такт в блоке 10 значения оценки процесса $\hat{X}^{[n]}(j)$ формируется предсказанная оценка $\hat{X}^{[n]}(j+1|j)$. В блоке 8 на основе оценки $\hat{X}^{[n]}(j+1|j)$ формируется предсказанное значение наблюдаемого процесса $\hat{Y}(j+1|j)$. В блоке 7 вычисляются предсказанное $K^{[n]}(j+1|j)$ и текущие значения ковариационной матрицы ошибок фильтрации, а точнее – её аналога для нелинейного фильтра. В блоке 6 на основе данных блока 7 рассчитывается матричный коэффициент усиления фильтра $Q^{[n]}(j+1)$.

Математическое моделирование. Пусть модель движения объекта и уравнение наблюдения имеют вид

$$X(j+1) = \Phi X(j) + \Gamma N_x(j), \quad j=0, 1, 2, \dots, \quad (16)$$

$$Y(j) = BX(j) + H(j) + N_y(j), \quad j=0, 1, 2, \dots, \quad (17)$$

где $X(j) = [x_s(j), s=1, \overline{3}]^T = [r(j), v(j), a(j)]^T$ – вектор параметров траектории, включающий координату (r), скорость изменения координаты (v) и ускорение (a); $N_x(j) = [n_a(j)]$, $N_y(j) = [n_{yr}(j), n_{yv}(j)]^T$ – формирующий шум и шум наблюдения, с заданными ковариационными матрицами $V_x = [\sigma_{xa}^2] = [10^{-2}]$, $W_y = \text{diag}[\sigma_{yr}^2, \sigma_{yv}^2] = \text{diag}[7^2, 5^2]$; $Y(j) = [y_1(j), y_2(j)]^T$ – вектор измерений.

Для упрощения записей размерности величин не приводятся.

Модель (16) характеризует изменение вектора состояния аэродинамической цели. Уравнение наблюдений (17) соответствует дальномерно-доплеровской радиолокационной системе.

Функциональные матрицы в выражениях (16) и (17) имеют вид [6]:

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & \tau & \tau^2/2 \\ 0 & 1 & \tau \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \Gamma = \begin{bmatrix} \tau^2/2 \\ \tau \\ 1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

где $\tau = t_{j+1} - t_j = 0,01$ с, $j = \overline{0,1000}$.

Кусочно-степенная помеха $H(j) = [h_r(j), h_v(j)]^T$ задана в следующем виде:

$$h_r(j) = \begin{cases} 12 + 2\tau j, & \text{при } 0 \leq j \leq 500, \\ -10 - 2\tau j, & \text{при } 500 < j \leq 1000, \end{cases} \quad h_v(j) = \begin{cases} 10 + 7\tau j, & \text{при } 0 \leq j \leq 25, \\ 5 - 10\tau j, & \text{при } 25 < j \leq 1000. \end{cases} \quad (18)$$

Полагаем, что априорная информация о структуре модели помехи (4) позволяет блоку АСШП принять $n = 2$, т. е. целесообразно использовать конечно-разностный оператор второго порядка $\Delta^2[\cdot]$.

С учетом принятой модели (16) и соотношения (9) находим

$$\varepsilon^{[2]} = [\varepsilon_r^{[2]}, \varepsilon_v^{[2]}]^T = [\max_j |\Delta^2[r(j)]|, \max_j |\Delta^2[v(j)]|]^T = [1 \cdot 10^{-3}, 2,8 \cdot 10^{-5}]^T.$$

Задаваясь доверительной вероятностью $P^{[2]} = 0,997$, определяем значения допусков: $d^{[2]} = [d_r^{[2]}, d_v^{[2]}]^T = [126, 90]^T$.

Алгоритм отбраковки аномальных измерений (10) примет вид

$$\begin{aligned} \mathfrak{S}_{21} &: |\Delta^2[y_1(j)]| \leq 126 + 10^{-3}; \\ \mathfrak{S}_{11} &: |\Delta^2[y_1(j)]| > 126 + 10^{-3}; \\ \mathfrak{S}_{22} &: |\Delta^2[y_2(j)]| \leq 90 + 2,8 \cdot 10^{-5}; \\ \mathfrak{S}_{12} &: |\Delta^2[y_2(j)]| > 90 + 2,8 \cdot 10^{-5}, \end{aligned}$$

где $\mathfrak{S}_{21}, \mathfrak{S}_{22}$ – гипотезы, заключающиеся в нормальности измерений $\Delta^2[y_i(j)], \Delta^2[y_2(j)]; \mathfrak{S}_{11}, \mathfrak{S}_{12}$ – гипотезы, заключающиеся в аномальности этих измерений.

Отбракованные отсчёты заменяются на пороговые значения $(\max_j |\Delta^2[r(j)]|, \max_j |\Delta^2[v(j)]|)$.

С учётом (15)–(17) алгоритм фильтрации (14) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \hat{X}^{[2]}(j+1) &= \hat{X}^{[2]}(j+1|j) + Q^{[2]}(j+1)[\Delta^2[Y(j+1)] - B\Delta^2[\hat{X}^{[2]}(j+1|j)]]; \hat{X}^{[2]}(j+1|j) = \Phi\hat{X}^{[2]}(j), \\ Q^{[2]}(j+1) &= K^{[2]}(j+1|j) + B^T[BK^{[2]}(j+1|j)B^T + W_y^{[2]}]^{-1}; \\ K^{[2]}(j+1|j) &= \Phi K^{[2]}(j)\Phi^T + \Gamma V_x^{[2]}\Gamma^T; \\ K^{[2]}(j+1) &= [I - Q^{[2]}(j+1)B]K^{[2]}(j+1|j); \\ W_y^{[2]} &= \sum_{i=0}^2 (C_n^i)^2 W_y^{[0]}, \quad V_x^{[2]} = \sum_{i=0}^2 (C_n^i)^2 V_x^{[0]}, \quad (19) \end{aligned}$$

где в качестве начальных условий используются величины $\hat{X}^{[2]}(j)_{j=1} = X^{[2]}(1|0), K^{[2]}(j)_{j=1} = K^{[2]}(1)$, рассчитанные с использованием алгоритма (15).

Для оценки эффективности фильтрации введём показатель среднеквадратической ошибки $\rho(\hat{X}, \hat{X}^{[n]})$ вида

$$\rho(\hat{X}(j), \hat{X}^{[n]}(j)) = \sqrt{\frac{1}{1+N-n} \sum_{j=n}^N (\hat{X}(j) - \hat{X}^{[n]}(j))^{[n]}}, \quad n \in \{0, 2\}, \quad (20)$$

где \hat{X} – оценка процесса (16), полученная на основе алгоритма (13) при отсутствии в наблюдении (17) кусочно-степенных помех (18) (в этом случае в выражении (14) $n = 0$); $X^{[n]}$ – оценка процесса на основе алгоритма (19) при наличии кусочно-степенной помехи.

В результате моделирования получены следующие значения показателя (20):

$$\begin{aligned} \rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[0]}) &= \rho(\hat{r}, \hat{r}^{[0]}) = 62,8, \\ \rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[2]}) &= \rho(\hat{r}, \hat{r}^{[2]}) = 43,7, \end{aligned}$$

где $\hat{x}_1(j) = \hat{r}(j), \hat{x}_1^{[0]}(j) = \hat{r}^{[0]}(j)$ – оценка для случая, когда в канале измерений присутствует помеха вида (18), а для обработки принят порядок конечной разности $n = 0$, т. е. алгоритм (19) вырождается в классический фильтр [1]; $\hat{x}_1^{[2]}(j) = \hat{r}^{[2]}(j)$ – оценка для случая, когда $n = 2$, т. е. используется разработанный фильтр вида (19).

Видно, что в условиях мультиструктурных динамических помех значение показателя среднеквадратической ошибки для разработанного фильтра примерно в 1,4 раза меньше значения аналогичного показателя для классического фильтра Калмана. Следует отметить, что при моделировании классического фильтра Калмана расширение вектора состояния за счёт включения в его состав элементов модели мультиструктурной помехи не проводилось.

Представляет интерес исследование зависимости ошибки фильтрации от вида полинома, характеризующего кусочно-степенную помеху, и правильности выбора порядка конечной разности $[n]$, используемого при синтезе фильтра. Результаты

Таблица 1

Зависимость показателя ошибки фильтрации от величины максимальной степени полинома помехи M^* и используемого в фильтре порядка конечной разности $[n]$

Показатель ошибки вида (20) $\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[n]})$	Максимальная степень полинома помехи вида (4) $M = \max_{i,s} M_{si}$		
	0	1	2
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[0]})$	591,5	604,4	1459,0
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[1]})$	7,9	230,6	321,4
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[2]})$	31,8	10,3	23,4
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[3]})$	33,6	33,7	40,5

Таблица 2

Зависимость показателя ошибки фильтрации от амплитуды кусочно-непрерывной помехи

Показатель ошибки вида (20) $\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[n]})$	Значения коэффициентов степенной функции (4), характеризующей кусочно-непрерывную помеху		
	$b_{1,10}=19, b_{1,11}=200, b_{1,20}=-90, b_{1,21}=-120$	$b_{1,10}=30, b_{1,11}=300, b_{1,20}=-100, b_{1,21}=-130$	$b_{1,10}=40, b_{1,11}=400, b_{1,20}=-110, b_{1,21}=-140$
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[0]})$	590,5	700,5	830,6
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[1]})$	220,6	233,4	246,3
$\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[2]})$	16,3	16,9	16,5

указанного экспериментального исследования приведены в табл. 1.

Из анализа следует, что наименьшая ошибка фильтрации наблюдается в том случае, когда выполняется условие

$$M^* < n < M^{**}, \tag{21}$$

где M^* – максимальная степень полинома, описывающего помеху вида (4); n – порядок конечной разности; M^{**} – степень полинома, аппроксимирующего информационный процесс вида (1).

Для конкретной модели (16) с учётом вида матрицы Φ можно принять $M^{**} = 2$. Из табл. 1 следует, что условию (21) соответствуют случаи:

$$M^* = 0, n = 1, \rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[1]}) = 7,94$$

и $M^* = 1, n = 2, \rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[2]}) = 10,3.$

При $M^* < n$ и $M^{**} < n$ (результаты представлены в последней строке табл. 1), т. е. когда порядок конечной разности превышает как максимальную степень полинома помехи (4), так и степень полинома, аппроксимирующего информационный процесс (1), наблюдается рост ошибки фильтрации, обусловленный как увеличением дисперсии шумов измерений из-за явления "подчеркивания шумов", свойственного процедуре вычисления конечных разностей, так и возрастанием степени подавления информационного процесса при $M^{**} < n$.

В табл. 2 приведены результаты исследования зависимости ошибки фильтрации от амплитуды помехи. Видно, что в случае правильного выбора порядка конечной разности на основе достоверной

априорной информации о максимальной степени полинома помехи ($n = 2$ при $M^* = 1$, строка в таблице $\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[2]})$) ошибка фильтрации практически не зависит от изменения амплитуды помехи, так как помеха, как следует из свойства (7), будет практически полностью подавлена.

При неправильном выборе порядка конечной разности ($n = 1$ при $M^* = 1$, строка в таблице $\rho(\hat{x}_1, \hat{x}_1^{[1]})$) виден рост ошибки при увеличении амплитуды помехи, что обусловлено наличием не полностью подавленной помехи по причине невыполнения условия $M^* < n$.

Результаты моделирования свидетельствуют об эффективности применения разработанного алгоритма вида (19) при наличии в измерении мультиструктурных кусочно-степенных помех.

Заключение. Разработанный алгоритм дискретной фильтрации применим при наличии в измерениях мультиструктурных динамических помех, позволяет повысить (в условиях примера в 1,4 раза) эффективность обработки измерений без расширения вектора состояния.

Применение разработанного подхода целесообразно при оценивании траекторий летательных аппаратов на участках маневра, посадки и т. д. Алгоритм также может быть использован при обработке информации в бортовых комплексированных навигационных системах, в которых, как правило, каждый измерительный канал на различных интервалах наблюдений характеризуется своей помехой.

Библиографические ссылки

1. **Глобальная** спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / под ред. В.Н. Харисова, А.И. Петрова, В.А. Болдина. М.: ИПРЖР, 1999. 560 с.
2. **Жданюк Б.Ф.** Основы статистической обработки траекторных измерений. М.: Сов. Радио, 1978. 384 с.
3. **Леонов В.А., Поплавский Б.К.** Метод линейных преобразований идентификации динамических систем // Техническая кибернетика. 1990. № 2. С. 73–79.
4. **Информационные** технологии в радиотехнических системах / под ред. И.Б. Федорова. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 672 с.
5. **Мгновенная** доступность навигации системы ГЛОНАСС // Официальный сайт Прикладного потребительского центра (ППЦ) на базе Информационно-аналитического центра (ИАЦ) ЦУП ЦНИИмаш [Электронный ресурс]. URL: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru> (дата обращения: 25.10.2010).
6. **Корн Г.А., Корн Т.М.** Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. 831 с.
7. **Бульчев Ю.Г., Елисеев А.В., Лапсарь А.П.** Повышение точности динамических измерений с использованием метода конечных разностей // Измерительная техника. 2006. № 4. С. 16–21.

УДК 004.932.2

А.В. Терёхин

(Муромский институт ВлГУ – филиал Владимирского университета)

terehin_murom@mail.ru

**АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ ВЫПУКЛЫХ ПЛОСКИХ ФИГУР
С ПОМОЩЬЮ ДИАГОНАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФОРМЫ ОБЪЕКТА***Предложены алгоритмы вычисления диагональных признаков формы, иерархическая классификация фигур. Приведены результаты исследований.***Ключевые слова:** признак, форма, классификация, объект, диагональный коэффициент формы.*A computing algorithm of the form diagonal features and the figures hierarchical classification are proposed. The results of investigations are adduced.***Key words:** sign, shape, classification, object, form diagonal factor.

Введение. В настоящее время на производстве все чаще используются системы технического зрения (СТЗ). В зависимости от поставленной задачи они различаются техническим оснащением, но их объединяет то, что для идентификации конкретных объектов они используют наборы предварительно преобразованных признаков, конкретные значения которых формируют эталоны объектов [1, 2]. Признаки, используемые в СТЗ, можно разделить на первичные (получаемые при непосредственном наблюдении: длина, ширина, периметр, площадь и т. д.); вторичные (расчётные, получаемые из первичных через математические преобразования: различные коэффициенты, признаки контура, кривизны и т. д.); третичные (качественно описывающие объект, не имеющие числового описания, обычно характеризующие отдельное "качество" объекта: короткий/длинный, круглый/квадратный и т. д.) [3–5].

В настоящее время при классификации объектов достаточно точно форму объекта можно описать с помощью методов контурного анализа [2, 8]. Однако они являются довольно трудоёмкими в расчётах, и временные затраты на их вычисление возрастают прямо пропорционально количеству объектов. Поэтому задача предварительной классификации объектов по признакам формы является актуальной.

Большинство существующих признаков формы [5–7] опираются на первичные признаки и не дают широкой классификации объектов. Такие признаки, как площадь, периметр, отношение периметра к площади и многие другие коэффициенты [5–7], дают описание только отдельного объекта и не могут различить группу похожих по форме объектов (например, два объекта могут иметь одинаковую пло-

щадь, но при этом быть совершенно разными по форме). То же самое относится и к периметру. Многие геометрические коэффициенты дают числовые значения, которые нельзя объединить в группы, — они являются определёнными признаками конкретного объекта, которые отличают его от других объектов из выборки. Важность признаков формы заключается в простоте их реализации и минимальных временных затратах на вычисления.

Прямоугольный коэффициент формы (ПКФ) $k_{пр}$ характеризует отношение меньшей стороны объекта к большей и вычисляется по алгоритму, описанному в работах [1, 2]. Данный признак позволяет отсеивать объекты по их "вытянутости", т. е. классифицировать объекты, одни из которых можно "вписать" в квадрат, а другие — в "прямоугольник" (рис. 1). Область значений коэффициента находится в диапазоне (0;1]:

$$k_{пр} = 1, \text{ если } a = b;$$

$$k_{пр} \rightarrow 0, \text{ если } a \gg b,$$

где a, b — стороны описанного прямоугольника.

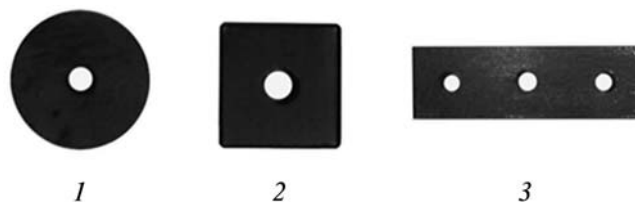


Рис. 1. Пример объектов геометрических фигур:
1 — круглая деталь; 2 — квадратная деталь; 3 — прямоугольная деталь

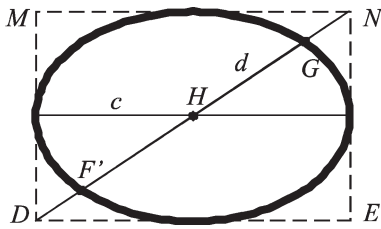


Рис. 2. Пример плоской геометрической фигуры, вписанной в прямоугольник

Одним из недостатков данного признака является то, что он может разделить все объекты не более чем на две группы. Объекты 1 и 2 на рис. 1 имеют одинаковое значение $k_{пр}$, а объект 3 – отличное от них значение. Отсюда его второй недостаток – невозможно различить объекты, отношение ширины/длины которых одинаково.

Поэтому появляется задача введения новых признаков формы, позволяющих расширить классификацию. Для её реализации предложены диагональный коэффициент формы и коэффициенты диагональных отрезков.

Введём определения.

Максимальный отрезок объекта – отрезок, соединяющий две точки контура объекта и имеющий максимальную длину (рассчитывается по алгоритму, описанному в работах [1, 2]). На рис. 2, *c* показано, что максимальный отрезок объекта считается его *главной диагональю*.

Побочная диагональ объекта – отрезок, соединяющий противоположные точки контура объекта и находящийся на линии, проходящей через центр объекта, соединяя правую нижнюю и левую верхнюю вершины описанного прямоугольника (рис. 2, *d*).

Диагональный коэффициент k_d – признак формы, вычисляющий соотношения между главной и побочной диагоналями объекта.

Диагональный отрезок описанного прямоугольника – отрезок, соединяющий центр фигуры и одну из её вершин (данный отрезок лежит на диагонали прямоугольника *HN* (см. рис. 2)).

Диагональный отрезок объекта – отрезок *HG* (см. рис. 2), лежащий на одной из диагоналей описанного вокруг него прямоугольника и соединяющий центр объекта и точку пересечения контура объекта с этой диагональю ($k_{до1}$, $k_{до2}$, $k_{до3}$, $k_{до4}$ – коэффициенты диагональных отрезков).

Половинчатые объекты – объекты, в которых середина максимального отрезка лежит на одной из граней описанного вокруг него прямоугольника (рис. 3, 1).

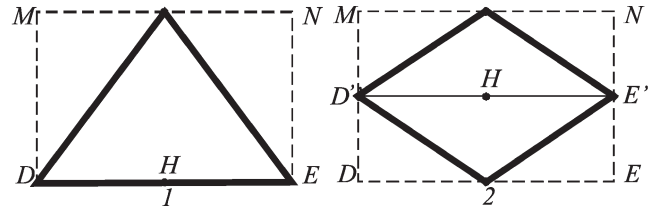


Рис. 3. Пример "половинчатой" (1) и "полной" (2) фигур

Полные объекты – объекты, в которых середина максимального отрезка находится внутри описанного вокруг него прямоугольника (рис. 3, 2).

Данные коэффициенты позволяют расширить возможности классификации объектов с использованием прямоугольного коэффициента формы.

Алгоритм

1. Находятся длина, ширина объекта по алгоритму, описанному в работах [1, 2].

2. Вычисляется прямоугольный коэффициент формы по формуле, представленной в работах [5–7].

3. Выполняется I этап классификации:

3.1. Если $k_{пр}=1$, то объект можно вписать в квадрат, и выполняется этап классификации II (пункт 4 алгоритма).

3.2. Если $0 < k_{пр} < 1$, то объект можно вписать в прямоугольник, и выполняется этап классификации III (пункт 5 алгоритма).

4. Диагонали объекта, близкого по форме к кругу, будут равны между собой (диаметры), следовательно, $k_d=1$.

Если объект близок по форме к квадрату, то главная диагональ будет гипотенузой в прямоугольном треугольнике, а побочная диагональ – катетом (рис. 4, 1).

Отсюда находим

$$k_d = \frac{a}{c}.$$

В прямоугольном треугольнике *DNE* получим

$$c^2 = a^2 + a^2 = 2a^2, \quad c = a\sqrt{2};$$

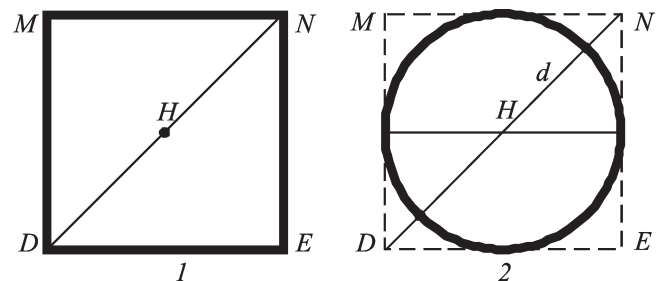


Рис. 4. Изображение квадратного (1) и круглого (2) объектов:

$a = DE$; $c = DN$; a – сторона квадрата; c – главная диагональ объекта

$$k_D = \frac{a}{c} = \frac{a}{a\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Следовательно, для квадрата минимальное значение $k_D = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

Если $k_D=1$, т. е. главная и побочная диагональ равны, то объект является кругом (рис. 4, 2).

Таким образом, $\frac{\sqrt{2}}{2} < k_D < 1$ при $k_{пр} \rightarrow 1$ (крайние значения ДКФ описывают форму, близкую к окружности и квадрату).

5. Для нахождения отличия половинчатой фигуры от полной (см. рис. 3) необходимо определить положение середины максимального отрезка. Точка H в обоих случаях обозначает центр самого длинного отрезка в фигуре, соединяющего две точки контура. В первом случае точка H лежит на одной из граней описанного прямоугольника (см. рис. 3, 1), во втором случае – внутри (см. рис. 3, 2).

Разделение объектов на группы по данному признаку классификации осуществляется проверкой точки на принадлежность линии и определяется по формуле прямой:

$$Ax + By + C = 0.$$

Для вычисления коэффициентов A, B, C вместо x, y подставляются координаты начала и конца отрезка DE , затем решается система двух уравнений. После нахождения A, B, C в полученное уравнение прямой подставляются координаты точки H :

если полученное равенство верное, то $H \in DE$, и объект – "половинчатый";

если полученное равенство ложное, то $H \notin DE$, и объект – "полный".

5.1. Половинчатые фигуры. По значениям коэффициентов диагональных отрезков половинчатые фигуры делятся на подклассы: треугольники и полукруг.

5.1.1. Треугольники.

На рис. 5 диагональными отрезками объектов являются HF, HG , а диагональными отрезками

описанных прямоугольников – HM, HN . Они находятся по формуле Евклидова расстояния:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

где $(x_1, y_1); (x_2, y_2)$ – координаты начала и конца отрезков.

Для вычисления координат точек F и G находится решение системы уравнений прямых:

$$\begin{cases} Ax + By + C = 0; \\ A'x + B'y + C = 0, \end{cases}$$

где A, B, C и A', B', C' – постоянные коэффициенты, причём A и B и, соответственно, A' и B' не равны нулю одновременно; (x, y) – координаты точки пересечения прямых.

Коэффициенты диагональных отрезков для треугольников и полукруга рассчитываются по следующим формулам:

$$k_{до1} = \frac{HF}{HM};$$

$$k_{до2} = \frac{HG}{HN}.$$

5.1.1.1. Произвольный треугольник. В прямоугольнике $HH'MD$ (рис. 5, 1–2) отрезки HM и DH' являются диагоналями, они равны, и их пересечение делит эти отрезки пополам, следовательно, $HF = HG, MF = GN$, а для произвольного треугольника данные диагональные отрезки и, соответственно, коэффициенты диагональных отрезков не будут равны между собой:

$$k_{до1} \neq k_{до2}.$$

5.1.1.2. Равносторонний треугольник. В соответствии с рассуждениями в 5.1.1.1 для равностороннего треугольника получим

$$k_{до1} = k_{до2} = \frac{1}{2}.$$

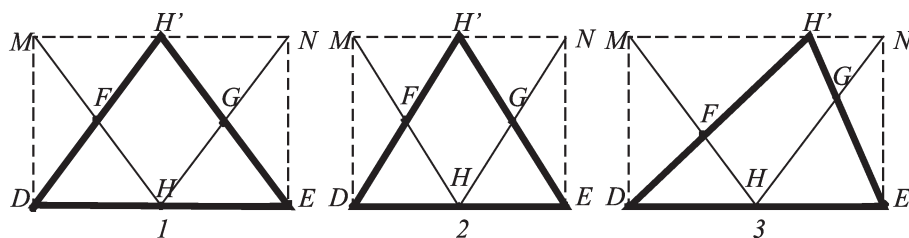


Рис. 5. Различные виды треугольников

Данный коэффициент делает различие между двумя видами треугольников и полукругом.

Для отличия равностороннего треугольника и полукруга от равнобедренного треугольника вводится коэффициент радиусов k_p .

В равностороннем треугольнике $HG = HE$ (рис. 5, 2) коэффициент радиусов запишется:

$$k_p = \frac{HG}{HE} = 1.$$

Для того чтобы отличить между собой равнобедренный и равносторонний треугольники, необходимо снова воспользоваться прямоугольным коэффициентом формы.

Из прямоугольного треугольника HNE (см. рис. 5, 2) $HG = GN$; $HG = HE$; $HN^2 = NE^2 + HE^2$; $(2HE)^2 = NE^2 + HE^2$; $NE^2 = HE^2 - 4HE^2 = 3HE^2$; $NE = HE \sqrt{3}$.

Так как H является серединой DE , то $DE = 2HE$. Для равностороннего треугольника:

$$k_{np} = \frac{NE}{DE} = \frac{HE \sqrt{3}}{2HE} = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Так как равносторонний треугольник является частным случаем равнобедренного, то, чтобы различить их между собой, значение k_{np} не должно быть равным $\frac{\sqrt{3}}{2}$:

$$k_{np} \neq \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

5.1.1.3. *Равнобедренный треугольник.* Для равнобедренного треугольника описанные выше коэффициенты принимают следующие значения (аналогично рассуждениям в 5.1.1.1):

$$k_{до1} = k_{до2} = \frac{1}{2}.$$

В равнобедренном треугольнике (см. рис. 5, 1) $HG \neq HE$:

$$k_p = \frac{HG}{HE} = \frac{HF}{HD} = \frac{\sqrt{NE^2 + HE^2}}{2HE^2}$$

(при $NE = HE \sqrt{3}$ треугольник будет равносторонним);

$$k_{np} \neq \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

5.1.2. *Полукруг.* Так как HF, HD (рис. 6) в полукруге являются радиусами, то $HF = HD = HJ$; $HJ = MD$, следовательно, $HF = HD = HJ = MD$. Из прямоугольного равнобедренного треугольника HMD

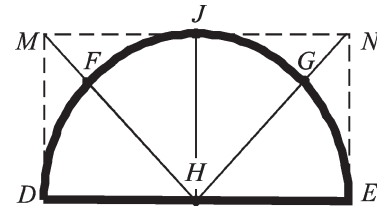


Рис. 6. Полукруг

получим: $HM^2 = MD^2 + HD^2 = HF^2 + HF^2 = 2HF^2$, $HM = HF \sqrt{2}$.

Для полукруга (см. рис. 6) коэффициенты будут выглядеть следующим образом:

$$k_{до1} = \frac{HF}{HM} = k_{до2} = \frac{HG}{HN} = \frac{HF}{HF \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

В полукруге (см. рис. 6) $HG = HE = HF = HD$ и, соответственно, коэффициент радиусов примет вид:

$$k_p = \frac{HF}{HD} = 1.$$

Так как в полукруге HD, HF, HG, HE являются радиусами, то, соответственно, $DE = 2HD$, $MD = HD$. Отсюда находим ПКФ:

$$k_{np} = \frac{MD}{DE} = \frac{HD}{2HD} = \frac{1}{2}.$$

Для вычисления координат точек F, G необходимо решить систему уравнений окружности и прямой, на пересечениях которых они находятся:

$$\begin{cases} Ax + By + C = 0; \\ (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2, \end{cases}$$

где (x, y) ; (x_0, y_0) – координаты искомой точки, центра окружности; R – радиус окружности.

Решение аналитических описаний прямой и кривых для нахождения точек пересечений (общих точек) осуществляется стандартными программами при известных координатах концов отрезка, центра окружности и величине радиуса окружности.

5.2. *Полные фигуры.* Так как для "полных" фигур (рис. 7) точка H находится в центре описанного прямоугольника, то для их описания уже потребуется не два коэффициента диагональных отрезков, а четыре.

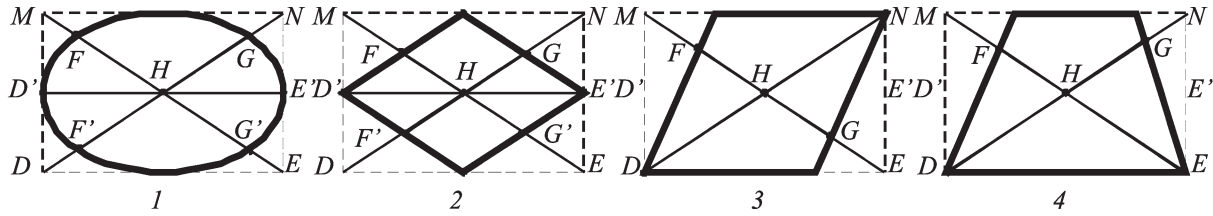


Рис. 7. "Полные фигуры":

1 – эллипс; 2 – ромб; 3 – параллелограмм; 4 – трапеция

5.2.1. *Группа фигур с одинаковыми коэффициентами диагональных отрезков.* К данной группе относятся эллипс и ромб (рис. 7, 1–2).

$$k_{до1} = \frac{HG}{HN}; k_{до2} = \frac{HF}{HM};$$

$$k_{до3} = \frac{HG'}{HE'}; k_{до4} = \frac{HF'}{HD'}$$

Объединяет объекты в этой группе равенство между собой всех четырёх диагональных отрезков:

$$k_{до1} = k_{до2} = k_{до3} = k_{до4}$$

А различает значение коэффициентов:
ромб

$$k_{до1} = k_{до2} = k_{до3} = k_{до4} = \frac{1}{2};$$

эллипс

$$k_{до1} = k_{до2} = k_{до3} = k_{до4} \neq \frac{1}{2}$$

5.2.2. *Группа фигур с различающимися между собой коэффициентами диагональных отрезков.* Коэффициенты диагональных отрезков следующие:

для параллелограмма

$$k_{до1} = \frac{HN}{HN} = 1; k_{до2} = \frac{HG}{HE} < 1;$$

$$k_{до3} = \frac{HD}{HD} = 1; k_{до4} = \frac{HF}{HM} < 1;$$

для трапеции

$$k_{до1} = \frac{HF}{HM} < 1; k_{до2} = \frac{HG}{HN} < 1;$$

$$k_{до3} = \frac{HD}{HD} = 1; k_{до4} = \frac{HE}{HE} = 1$$

(при $k_{до1} = k_{до2}$ трапеция будет равнобедренной).

Различие данной группы объектов от предыдущей в том, что коэффициенты диагональных отрезков в данном случае не все равны между собой. Внутригрупповое различие заключается в том, что в параллелограмме попарно равны коэффициенты противоположных диагональных отрезков, а в трапеции – двух смежных.

На основе рассчитанных выше признаков была составлена иерархическая модель классификации, изображённая на рис. 8.

Исследование. По предложенным алгоритмам были проведены исследования на тестовых геометрических объектах. Было сгенерировано по 1000 объектов каждого типа формы со случайно выбранными параметрами, характеризующими их размеры.

Целью исследования было экспериментальное подтверждение математических расчётов и сопоставление соответствующих значений коэффициентов отдельных объектов.

В результате проведённых испытаний из 1000 случайно сгенерированных разносторонних треугольников правильно были распознаны 1000, при этом частные случаи среди классифицированных фигур (равнобедренные и равносторонние) составили 26 % от всего количества.

При генерации равнобедренных треугольников случайным образом задавался угол у основания и

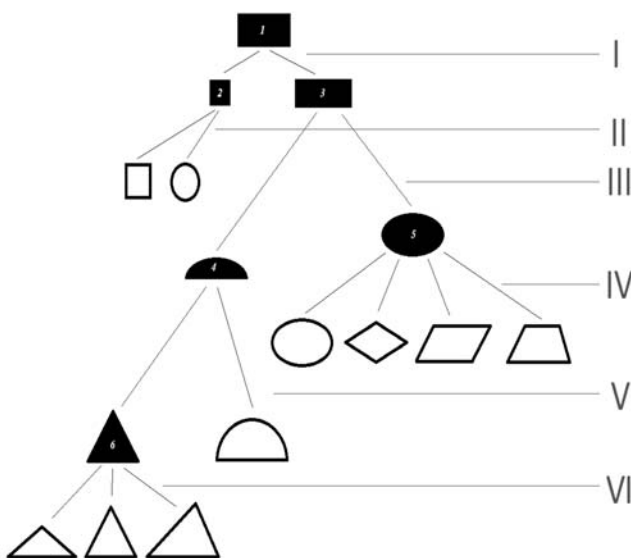


Рис. 8. Иерархическая модель классификации геометрических фигур:

I–VI – этапы классификации; 1 – объект; 2–6 – классы; незакрашенные фигуры – подклассы

Таблица 1

Средние значения коэффициентов

Название	$k_{пр}$	k_p	$k_{до1}$	$k_{до2}$	$k_{до3}$	$k_{до4}$
Разносторонний треугольник	0,4157	–	0,4171	0,6747	–	–
Равносторонний треугольник	0,8573	0,9874	0,5126	0,5147	–	–
Равнобедренный треугольник	0,4454	0,7862	0,5048	0,5125	–	–
Полукруг	0,4903	0,9948	0,7184	0,6989	–	–
Ромб	0,6431	–	0,5042	0,5158	0,5142	0,5058
Эллипс	0,5567	–	0,7016	0,7095	0,7016	0,6973
Параллелограмм	0,4935	–	0,6249	0,9844	0,9791	0,6198
Трапеция	0,5818	–	0,6549	0,9571	0,8382	0,9785

длины сторон. Количество неправильно классифицированных объектов – 0.

При генерации равносторонних треугольников случайным образом задавались длины сторон. Количество неправильно классифицированных объектов – 0.

При генерации полукругов случайным параметром выбирался радиус. Все объекты были успешно классифицированы по описанным выше признакам.

Результаты классификации полных фигур:

ромб – 0 % ошибок;

эллипс – 0 % ошибок;

Таблица 2

Расчётные значения коэффициентов

Название	$k_{пр}$	k_p	$k_{до1}$	$k_{до2}$	$k_{до3}$	$k_{до4}$
Разносторонний треугольник	л	–	л	л	–	–
Равносторонний треугольник	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	–	–
Равнобедренный треугольник	$л\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$	л	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	–	–
Полукруг	0,5	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	–	–
Ромб	л	–	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Эллипс	л	–	$л\left(\frac{1}{2}\right)$	$л\left(\frac{1}{2}\right)$	$л\left(\frac{1}{2}\right)$	$л\left(\frac{1}{2}\right)$
Параллелограмм	л	–	л	л	л	л
Трапеция	л	–	л	л	л	л

Примечание: "–" – не рассчитываемый для данной фигуры коэффициент; "л(х)" – любое значение, кроме х; "л" – любое значение. В полях, обозначенных буквой "л", происходит сравнение между собой коэффициентов либо сравнение со значениями частных случаев.

параллелограмм – 0 % ошибок;
трапеция – 0 % ошибок.

При генерации фигуры трапеция 47 % объектов были классифицированы как частные случаи (равнобедренная трапеция – коэффициенты смежных диагональных отрезков были попарно параллельны).

Средние значения коэффициентов, полученные в процессе исследования, представлены в табл. 1, расчётные значения коэффициентов – в табл. 2.

Заключение. В ходе проведённых исследований были получены следующие результаты:

сформирована иерархическая модель классификации геометрических фигур;

реализована программа, выполняющая расчёт предложенных признаков;

проведены исследования на сгенерированных объектах со случайными значениями параметров, характеризующих их размер;

экспериментально подтверждены математически рассчитанные диапазоны значений параметров предложенных коэффициентов формы объектов;

все фигуры были классифицированы правильно, и ошибки классификации составили 0 %.

Библиографические ссылки

1. **Садыков С.С., Савичева С.В.** Предварительная обработка изображений плоских объектов в системах технического зрения // Приборостроение. 2012. № 2. С. 19–24.
2. **Гонсалес Р., Вудс Р.** Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. **Грановская Р.М., Березная И.Я., Григорьева А.И.** Восприятия и признаки формы. М.: Наука, 1981. 208 с.
4. **Прэтт У.** Цифровая обработка изображений / пер. с англ. М.: Мир, 1982. 788 с.
5. **Розенфельд А.** Распознавание и обработка изображений с помощью вычислительных машин. М.: Мир, 1972. 232 с.
6. **Садыков С.С., Стулов Н.Н.** Методы и алгоритмы выделения признаков объектов в системах технического зрения. М.: Горячая линия–Телеком, 2005. 204 с.
7. **Хорн Б.К.П.** Зрение роботов / пер. с англ. М.: Мир, 1989. 487 с.
8. **Фурман Я.А.** Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов. М.: Физматлит, 2002. 297 с.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ УЧЕБНИК

В.Ф. Безъязычный

2013 г. Объем 568 с. Формат 60x88 1/16 Переплет ISBN 978-5-94275-669-7 Цена 1000 р.



Изложены основы технологии машиностроения в соответствии с программой учебного курса. Даны основные понятия и положения, основы базирования, основы проектирования технологических процессов, общие принципы обработки деталей, причины возникновения погрешностей при механической обработке. Приведены расчет режимов резания, методика выбора способа обработки деталей, основы технического нормирования, пути повышения производительности станочных операций. Показана последовательность проектирования технологических процессов сборки.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Конструкторско-технологическое обеспечение».

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



УДК 65.9

А.П. Иванов, д-р экон. наук, проф.
(Московский государственный университет путей сообщения),
О.С. Пыченкова (Оренбургский государственный университет)
ark@e-diva.ru

ДЕЛОВАЯ РЕПУТАЦИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ОРГАНИЗАЦИЙ – СОГЛАСОВАНИЕ ОЦЕНОК

Рассмотрены содержание категорий "деловая репутация" и "социальная ответственность", их сходства и различия, факторы и условия для оценки соответствующих показателей. Раскрыто содержание признаков, характеризующих сферу использования указанных категорий.

Ключевые слова: деловая репутация, социальная ответственность, благотворительность, корпоративная отчетность, стандарты верификации.

The content of the categories "business reputation" and "social responsibility", their similarities and distinction, factors and conditions for an assessment of the corresponding indicators are considered. The signs content characterizing the utilization sphere of these specified categories is opened.

Key words: business reputation, social responsibility, charity philanthropy, corporate reporting, verification standards.

В последнее время появились новые экономические категории: "деловая репутация" и "корпоративная социальная ответственность". Каждая категория имеет сферу применения, характеризуется набором признаков и свойств, широко используется в менеджменте. Характер влияния показателей, характеризующих эти категории, примерно одинаков: чем выше социальная ответственность организаций, тем значительнее её деловая репутация и наоборот. Однако рассматриваемые категории характеризуются индивидуальным набором признаков, учитываемых при их количественной оценке. Эта особенность приводит к необходимости разграничения функций и областей использования указанных категорий.

Деловая репутация организаций – обязательный атрибут рыночной экономики. Дело в том, что стоимость любой организации, рассматриваемой как единый имущественно-хозяйственный комплекс, отличается от совокупной стоимости набора её активов и обязательств. Иными словами, между рыночной стоимостью организации и стоимостью её имущества, активов и обязательств есть разница, иногда весьма существенная, которая может принимать как положительные, так и отрицательные значения. В отечественной экономической литературе эта разница именуется "деловая репутация".

До недавнего времени в РФ учёт деловой репутации как самостоятельной бухгалтерской категории был невозможен. Дело в том, что в период плановой централизованной экономики предприятия и активы не могли выступать предметом купли–продажи, следовательно, эффекта деловой репутации не возникало. Развитие рыночных отношений в национальной экономике привело к тому, что организации стали выступать не только в качестве субъектов, но и объектов гражданских прав в отношении имущества, используемого для хозяйственной или предпринимательской деятельности. Это значит, что стали возможны сделки купли–продажи, залога, аренды и т. д., связанные с установлением, изменением или прекращением вещных прав.

Формирование положительной репутации – необходимое условие достижения продолжительного и устойчивого развития любой организации. Деловая репутация становится важным орудием упрочнения её позиций, так как обеспечивает приобретение дополнительных конкурентных преимуществ на рынках труда, капитала, ресурсов, ценных бумаг и др. Высокая репутация не только облегчает доступ к различным ресурсам (кредитным, материальным, финансовым и т. д.), но и обеспечивает надёжную защиту интересов организации во внешней среде, влияет на обоснованность принятия решений в области менеджмента.

Категория "корпоративная социальная ответственность" сформировалась сравнительно недавно, в конце XX в. До этого существовали разрозненные стандарты в различных областях корпоративного управления, касающиеся взаимоотношений с персоналом, этических норм предпринимательства, подходов к охране окружающей среды и др. В сфере социальной политики стандарты и правила не вырабатывались, преобладал фактор случайности: работа по обращениям, реакция на просьбы местных властей или требования профсоюзов.

С конца 1970-х гг. ведущие компании США и Великобритании пришли к необходимости объединить разрозненные элементы корпоративной политики, связанные с взаимоотношениями с внешней средой, и выработать целостные подходы к взаимодействию с обществом [1]. Такая политика, с одной стороны, должна быть связана с финансовым положением организации, её маркетинговой стратегией, а с другой стороны, отвечать ожиданиям и запросам регионального сообщества. Среди причин, побудивших крупные компании обратить внимание на политику во взаимоотношениях с обществом, можно выделить:

- усилившееся давление со стороны государства, которое выдвинуло более жёсткие стандарты в сфере трудового законодательства и охраны окружающей среды;

- усиление роли профсоюзов, прежде всего в сфере охраны труда и социальной политики;

- значительно возросшую взаимосвязь между общественным мнением и уровнем продаж, следовательно, финансовым положением организации. Отношение к товару или товарному знаку определяется не только качеством самого товара или эффективностью рекламы. На поведение потребителей влияет деловая репутация, в том числе ответственность поведения организации в отношении партнёров, персонала, окружающей среды, регионального сообщества.

К началу XXI в. большинство крупных компаний США и Западной Европы сформировали собственную политику корпоративной социальной ответственности (КСО). Более того, были созданы объединения компаний, целью которых стало развитие и продвижение концепции КСО. Эта тема стала интенсивно разрабатываться исследователями и экспертами, работающими в области корпоративного управления, а изучение концепции КСО вошло во все учебные курсы по корпоративному менеджменту ведущих экономических университетов [1].

Известное объединение корпораций США, занимающееся развитием и продвижением концепции КСО (Business for Social Responsibility), опреде-

ляет корпоративную социальную ответственность как достижение коммерческого успеха фирмы, основанного на этических нормах и уважении к людям, сообществам, окружающей среде. Политика КСО – это взаимосвязанный набор программ, которые интегрированы в процесс производственно-хозяйственной деятельности и процедуры принятия решений на всех уровнях компании. Программы включают ответственность за текущую, прошлую и будущую деятельность компании с учётом внешнего окружения [2]. Концепция КСО в компаниях разного уровня, различных сферах бизнеса включает разные компоненты:

- корпоративную этику;

- корпоративную социальную политику в отношении общества;

- политику в сфере охраны окружающей среды;

- принципы и подходы к корпоративному управлению;

- вопросы соблюдения этических норм в отношениях с поставщиками, потребителями, менеджментом.

К настоящему времени нет общепринятого определения КСО. Все известные подходы едины в одном: КСО – это ответственность компании перед людьми и организациями, с которыми она сталкивается в процессе деятельности, включая региональное сообщество и общество в целом. Объединения предпринимателей и исследователей включают в эту категорию:

- ответственность компании во взаимоотношениях с партнёрами;

- ответственность в отношении потребителей;

- ответственную политику в отношении менеджмента;

- экологическую ответственность;

- ответственность компании перед обществом в целом.

Самым распространённым заблуждением, связанным с КСО, является смешение данной категории с благотворительностью и филантропией. Необходимо заметить, что благотворительность не заменяет и не исчерпывает КСО, основным отличием которой является её направленность на повышение капитализации бизнеса, а также учёт мнений заинтересованных сторон при принятии тех или иных решений в рамках КСО. Направление финансирования определяется при анализе конкретной ситуации и периодически пересматривается в зависимости от достигнутых целей, меняющихся требований заинтересованных сторон, внешнего окружения. Благотворительность является делом сугубо добровольным, частным и

Таблица 1

Участие бизнеса в социальном развитии общества

Компоненты	Формы	
	благотворительность	социальное инвестирование
Мотивация	Бескорыстие и желание помочь	Долгосрочный интерес компании, объединяющий цели компании и потребности местных сообществ
Отбор получателей средств	Пожелания руководства, спонсоров и местных властей	Социальная эффективность, потребности местного сообщества, бизнес выгода (часто в перспективе)
Связь с основной деятельностью	Не связана	Внутрикорпоративные программы непосредственно, а внешние социальные программы – косвенно или в надежде на отложенный эффект
Механизмы финансирования	Благотворительные пожертвования, спонсорство	Социальное партнёрство, грантовые программы
Социальный эффект	Низкий и часто не измеряемый	Отложенный во времени, измеряемый

направлена на решение конкретных задач, определяемых исключительно спонсорами или местными властями (табл. 1).

Распространено мнение, что корпоративные социальные программы можно заменить добросовестной уплатой налогов и соблюдением действующего законодательства.

Некоторые считают, что КСО – это не более чем привилегия крупных компаний, не имеющая отношения к малым и средним предприятиям, а также к непромышленному сектору. Нередко КСО отождествляют с пиаром, рекламой или даже считают, что КСО придумали консультанты, стремящиеся продать новые услуги. Некоторые полагают, что КСО недостойна внимания высших руководителей крупных компаний, либо недооценивают потенциальный эффект от КСО и думают только о связанных с ней расходах. Все эти заблуждения происходят, главным образом, из-за того, что не дооцениваются объективные факторы, лежащие в основе формирования концепции КСО, а также потенциальных выгод от её использования. Рассмотрим содержание этих факторов и формы их реализации в компаниях [3].

Компании по-разному подходят к обоснованию политики КСО. Подходы компаний зависят от отраслевой принадлежности или сектора бизнеса, сложившихся традиций, а также взглядов собственников. Некоторые компании фокусируются только на одном компоненте КСО, например экологической политике или на социальных программах для региональных властей. Другие стремятся включить философию социальной ответственности во всю деятельность корпорации. Последние утверждения верны для большинства крупных компаний.

Как указывалось выше, в научной и специальной литературе, на практике существуют различ-

ные толкования содержания категорий "деловая репутация" и "корпоративная социальная ответственность". По нашему мнению, эти категории имеют сходство и различия, которые определяют области их использования.

Сходство заключается в том, что содержание категорий основано на общем перечне показателей, интерпретация которых совпадает, несмотря на то, что количественная оценка некоторых показателей часто затруднена и зависит от природы рассматриваемых явлений или процессов.

Различия обусловлены особенностями подхода к оценке количественных и качественных признаков. Так, в случаях, когда не предполагается точная оценка категорий (а их большинство), используются методы качественного подхода. Это следует из того, что содержание категорий часто не поддаётся количественной оценке, и можно говорить только об изменении оценки в ту или иную сторону (улучшения или ухудшения).

Рассмотрим содержание ряда общих и специфических признаков, характеризующих рассматриваемые категории.

Миссия организации, её ценности и стратегия. Если концепция социальной ответственности воспринимается как составляющая общей бизнес-философии и практики организации, то описание и принципы политики КСО обычно включаются в документы, представляющие назначение компании, её ценности, планы стратегического развития, что определяет и высокую деловую репутацию.

Корпоративная этика. Оценка рассматриваемых категорий непосредственно связана с корпоративной этикой. Социально ответственная организация с высокой репутацией приветствует инновации и независимость мышления. В такой компа-

нии деловое администрирование и регламент управления не расходятся с корпоративным кодексом и другими опубликованными стандартами.

Корпоративное управление. Многие крупные организации создают комитеты по этике или социальной ответственности. Их задача состоит в подготовке стратегических планов в разделах, касающихся социальной ответственности, оценки текущей работы, выработке советов и рекомендаций менеджменту по соблюдению принципов социальной ответственности и сохранению высокой репутации. Там, где нет таких комитетов, эта работа возлагается на совет директоров. Кроме того, большинство организаций включают вопросы социальной ответственности в ключевые внутренние документы (условия трудовых контрактов, правила распорядка персонала, включая высших должностных лиц).

Политика в отношении работников. Социальная ответственность перед персоналом определяет содержание таких документов, как описание должностных обязанностей, трудовых контрактов и др. Также она влияет на систему оценки качества работы сотрудников, продвижения по службе, политику в отношении премий и повышения оплаты труда. Кроме того, социально ответственная организация информирует работников о принципах социальной ответственности, включает эти вопросы в программы внутреннего тренинга.

Ответственность за политику в сфере менеджмента. В разных организациях существуют различные подходы к тому, кто несёт персональную ответственность за соблюдение политики социальной ответственности. В одних организациях эта ответственность возложена на совет директоров, в других – на генерального директора. Крупные организации создают комитеты из представителей высшего и среднего менеджмента, а также назначают сотрудников, отвечающих за те или иные вопросы социальной ответственности или деловой репутации.

Отчётность. В последние годы большинство компаний пришло к пониманию ценности регулярной независимой оценки их социальной ответственности. Появилось понятие "социальный аудит" и компании, его осуществляющей. Существует международный стандарт верификации AA1000 в области корпоративной отчётности для устойчивого развития, в том числе и социальной ответственности [4].

Качественный отчёт о реализации принципов КСО и достигнутых при этом результатов обычно включает:

обращение генерального директора или президента компании;

данные об экономической политике организации и её взаимоотношениях с партнёрами и потребителями, о затраченных ресурсах и результатах

социальных благотворительных программ, о мероприятиях по экологической безопасности и охране окружающей среды;

количественные и качественные изменения в области внутренней социальной политики (сопоставление с предыдущим годом);

перечень задач на будущее;

обратную связь от акционеров, партнёров, сотрудников, потребителей, получателей благотворительной помощи.

Если компания прошла социальный аудит, то отчёт независимых аудиторов также включается в социальный отчёт.

Использование влияния. Многие организации, особенно крупные, понимают, что они в своей деятельности должны не только соблюдать принципы рассматриваемых категорий, но и побуждать к этому другие компании, работающие в том же секторе бизнеса или регионе. Активная позиция организации, её позитивное влияние на других – это тоже часть хорошей политики КСО, обеспечивающей высокую деловую репутацию.

Как свидетельствует международная практика, организации, применяющие в своей деятельности рассмотренные принципы, имеют значительные преимущества. Данные международных исследований указывают на прямую связь между социальной ответственностью организаций, эффективностью их деятельности и высокой деловой репутацией. К основным преимуществам внедрения указанных концепций относятся:

учёт запросов и мнений заинтересованных сторон с помощью диалога в соответствии с правилами КСО приводит к высокой деловой репутации компании. Это, в свою очередь, обеспечивает сохранение клиентской базы, увеличивает темпы роста капитализации организации, её доходность (рентабельность);

достижение лояльности клиентов благодаря хорошему имиджу организации и её продукции у потребителей;

доверие партнёров и лояльность персонала благодаря распространению информации о благонадёжности и ответственности организации, а также повышению качества работы и внедрению технических новшеств;

облегчение доступа к капиталу благодаря лучшему раскрытию информации, её прозрачности, осведомленности инвесторов, выполнению требований в области корпоративного управления. Результатом становится увеличение размеров инвестирования и сокращение затрат на привлечение капитала за счёт снижения рисков;

достижение упорядоченности бизнес-процессов и надёжности процедур менеджмента модернизацией систем управления и внедрением систем внутреннего контроля за использованием ресурсов и результатов работ;

решение социальных и экологических вопросов деловой активности проведением соответствующего аудита и приведение бизнес-процессов на его основе в рамки операций без существенных рисков;

влияние внедрения корпоративной ответственности на развитие и сохранение интеллектуального капитала, а также управление рисками компании за счёт диалога с заинтересованными сторонами и своевременного выявления и решения возникающих проблем;

повышение действующей КСО, включающей регулярную подготовку социальных отчётов, прозрачность бизнеса, что позволяет обосновать его стоимость. И наоборот, отсутствие прозрачности не позволяет организациям получить объективную оценку их стоимости, финансовой устойчивости, деловой репутации.

Следует отметить, что внедрение концепции КСО на начальном этапе обычно связано с опре-

делёнными сложностями и издержками. Организации должны быть готовы к тому, что разработка и применение принципов социальной ответственности потребует у высшего руководства много сил и времени, отрывая их от решения насущных, срочных вопросов и заставляя думать о долгосрочной перспективе [5]. К сожалению, без участия топ-менеджеров, активно продвигающих КСО, получение результатов невозможно. Также заранее следует подготовиться к тому, что очевидного результата достигнуть быстро не удастся. Усилия, затраченные на применение концепции КСО, будут вознаграждены не сразу. Необходимо помнить и о том, что качество социального отчёта, суммирующего все аспекты деятельности организации в рамках этой концепции, прямо зависит от качества проделанной работы. Поэтому любые попытки использовать социальный отчёт для сокрытия информации или предоставления неверных сведений, заведомо обречены на неудачу.

В табл. 2 представлены основные признаки, характеризующие развитие концепции КСО в странах Евросоюза и России. Эти особенности необходимо учитывать при выработке индивидуальных подходов

Таблица 2

Основные признаки корпоративной ответственности

Сравнимые характеристики	Страны Евросоюза	Россия
Основные участники	Персонал Потребители Сообщество Акционеры	Государство Собственники Персонал Потребители
Стимулирующие/(движущие силы) развития КСО	Сами корпорации Сообщество Государство	Государство Сами корпорации Местные власти
Роль неправительственных/некоммерческих организаций	Организации многочисленны и многообразны Существуют структуры, подстегивающие и/или сотрудничающие с бизнесом в вопросах КСО (например Гринпис) Реальные механизмы давления на бизнес в целом, развитое общественное мнение	Пока сравнительно немногочисленны Скорее помощники, чем двигатели КСЛ Вопросы КСО пока недостаточно известны в обществе и не обладают существенным влиянием
Тенденции развития социальной отчётности	Иницируются самим бизнесом Стандарты хорошо адаптированы и широко применяются Ориентированы на большинство участников	Находятся на начальном этапе КСО недопонимается как целостная система и недооценивается её полезность в долгосрочной перспективе В основном ориентирована на государство и акционеров (в меньшей степени на общество)

организаций и в разработке конкретных принципов КСО российского бизнеса. Специфика внедрения КСО требует учитывать следующие особенности:

1. Исторические и географические:

особенности развития отдельных регионов; концентрация капитала в наиболее неосвоенных и климатически сложных регионах страны (Сибирь и Север – нефтяная и газовая промышленность, алюминий, никель);

преобладание градообразующих комплексов, где инфраструктура и население привязаны к одному предприятию;

разваливающаяся социальная инфраструктура.

2. Менталитет населения и традиции корпоративного управления:

высокие социальные ожидания при низкой активности населения, жители регионов ожидают решения всех социальных проблем от компаний и местной власти, но в массе своей не готовы предпринимать самостоятельные усилия для решения общественных проблем;

традиции трудовых взаимоотношений – жёсткая привязка работника к предприятию при низкой оплате труда и продуктивности работы;

неадекватное отношение прессы к усилиям компании в поддержке общества: от полного игнорирования до подозрений в коростных действиях.

3. Особенности социальной и политической ситуации в стране:

высокий уровень безработицы в некоторых регионах;

значительная дифференциация в уровнях социально-экономического развития отраслей и регионов;

давление местных властей, вынуждающих компании выделять ресурсы не на программы, которые связаны с нуждами и интересами населения, а на приоритеты и текущие задачи местных властей.

Как правило, социальная активность организаций проявляется в том регионе, где они находятся. Это соответствует представлениям общественности о том, где бизнес должен проявлять социальную ответственность.

На практике социальная активность бизнеса характеризуется отношениями между компанией и региональным сообществом, где организация находится и использует свое влияние. Эти отношения реализуются в программах, которые объединяют интересы организаций и местного сообщества. Программы могут включать пожертвования, участие сотрудников в общественно значимых делах, решения других социальных задач.

Социальная активность на местном уровне важна для бизнеса. Во-первых, на территории местного сообщества живут сотрудники компаний, т. е.

они взаимодействуют с окружением. Если окружение неблагоприятное или даже агрессивное, это отрицательно сказывается на работоспособности персонала. Например, плохие дороги или автобусы могут не только испортить настроение людям, но и стать причиной опоздания на работу.

Во-вторых, клиенты могут составлять значительную часть местного сообщества, на которую ориентируются бизнес. По данным многочисленных исследований 70–80 % решений о покупке товаров или продуктов принимаются на основании общественного мнения.

В-третьих, участие организации в решении местных задач – основной источник формирования деловой репутации организации. Сегодня нет серьёзного делового издания, которое не публикует материалов о КСО. Например, примерно четверть публикаций об IBM – это сведения о социальных проектах компании.

Местное сообщество – существенная часть бизнеса-окружения. Именно здесь находятся заинтересованные стороны и лица:

местные власти, от которых существенно зависит вся деятельность организаций;

клиенты, от которых зависит продажа товаров и финансовые результаты организации;

средства массовой информации, формирующие общественное мнение, дополнительные возможности для продвижения товаров и услуг.

Таким образом, российский бизнес, с одной стороны, стремится к выработке индивидуальных и общих подходов к деловой репутации и социальной ответственности, внедрению в практику принципов прозрачности, экологической безопасности, трудовых отношений, поддержки общества. С другой стороны, он вынужден сдерживать разваливающиеся социальные учреждения на территориях, сохранять большое количество льгот для персонала, отбиваться от "благотворительного ржета" местных властей. В этой ситуации выходом является разработка таких подходов к социальной ответственности компаний, которые были бы основаны на общепринятых международных принципах деловой репутации и предлагали формы осуществления политики социальной ответственности с учётом особенностей региона.

Библиографические ссылки

1. Мазур И.И. и др. Корпоративный менеджмент / под ред. И.И. Мазура. М.: Высш. шк., 2003. 1077 с.
2. Мескон М. и др. Основы менеджмента: пер. с англ. М.: Дело, 1992. 700 с.
3. Иванов А.П. Корпоративная социальная ответственность в системе производственных отношений региона: материалы III междунар. науч.-практ. конф. (17–18 мая 2007 г.). Калининград, 2007. 347 с.
4. The State of Sustainability Assurance–2003. Account Ability. www.accountability.org.uk.
5. Вобленко С. Границы муниципалитета и публичные услуги // Экономика и жизнь, 2008. № 11. С. 31–34.



КОМПАНИЯ CISCO И ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" ПОДПИСАЛИ СОГЛАШЕНИЕ О НАМЕРЕНИЯХ ПО СТРАТЕГИЧЕСКОМУ СОТРУДНИЧЕСТВУ

19 марта 2014 г. управляющий директор компании Cisco в России Сергей Черноволенко и генеральный директор ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" Вячеслав Смирнов подписали Соглашение о намерениях по стратегическому сотрудничеству в области развития информационных технологий, призванное внести значительный вклад в инновационное развитие России.

Документ нацелен на расширение взаимодействия между ИТ-компаниями, входящими в Группу АФК "Система", и Cisco. Соглашение предусматривает организацию научно-исследовательских и конструкторских разработок, создание современных демонстрационных и испытательных лабораторий и центров, международный трансфер высоких технологий и ноу-хау в целях поддержки социально-экономических проектов, осуществляемых в городах и регионах Российской Федерации, разработку перспективных вариантов финансирования ИТ-проектов, а также развитие других направлений сотрудничества по применению новейших информационных технологий и услуг в различных отраслях. Тем самым компания Cisco сделала еще один шаг в реализации десятилетней программы поддержки развития предпринимательства и устойчивых инноваций в России, которую в июне 2010 г. объявил глава компании Cisco Джон Чемберс (John Chambers).

В соответствии с условиями Соглашения стороны предполагают осуществлять взаимодействие в разработке и осуществлении совместных проектов и программ в области "умных" и безопасных городов, интеллектуальной транспортной системы (ИТС), промышленности и нефтегазовой отрасли, а также в создании инновационных решений, соответствующих нормативным требованиям Российской Федерации. Стороны также планируют обмениваться опытом, оказывать друг другу методологическую и консультационную помощь, проводить обучающие семинары по практической реализации и применению передовых мировых достижений в сфере информационных технологий.

Большое значение для реализации совместных проектов с ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" и другими ИТ-компаниями, входящими в Группу АФК "Система", будет иметь богатый опыт компании Cisco по разработке аппаратных средств и программного обеспечения для создания интернет-решений, включая создание и реализацию решений для "умных" и подключенных сообществ, а также наработки ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" в области промышленной связи, безопасности и интеллектуальных транспортных систем. Результатом такого сотрудничества должно стать создание интеллектуальной инфраструктуры для современного города, основанной на решениях, повышающих эффективность управления городским хозяйством и оптимизирующих внедрение новых услуг.

Первым этапом данного направления сотрудничества, вероятнее всего, станет расширение возможностей интеллектуальной транспортной системы Москвы для повышения мобильности и качества жизни горожан, развития эффективных систем общественного транспорта. Новые воз-

можности ИТС позволят оптимизировать работу общественного транспорта, сделать городскую транспортную систему более надежной, безопасной и эффективной.

Вместе с тем стороны планируют разработать новую модель коммерциализации совместных решений, суть которой будет состоять в переносе капитальных затрат по проекту на сервисные контракты. Данная модель финансирования может быть успешно реализована в проектах по безопасности и видеонаблюдению, ЖКУ, управлению энергоэффективностью, а также автоматизации зданий и квартир.

В рамках данного Соглашения стороны также намерены рассмотреть возможности проведения совместных научно-исследовательских разработок в высокоинтеллектуальной области Интернета вещей в том, что касается взаимодействия людей, сенсоров и электромеханических устройств в едином информационном пространстве с помощью проводной и беспроводной инфраструктуры связи.

По мнению Вячеслава Смирнова, ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" является одной из наиболее инновационных компаний России. Задачи, стоящие перед руководством компании, – расширить трансфер передовых технологий и создать условия для разработки новейших технологических решений в Российской Федерации в партнерстве с такой глобальной корпорацией, как Cisco. Решение данных задач будет способствовать созданию инновационной, эффективной и конкурентоспособной экономики в России. В рамках стратегического партнерства с компанией Cisco ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" планирует осуществлять разработку новейших решений в области "умных" и безопасных городов и интеллектуальных транспортных систем.

В свою очередь, Сергей Черноволенко отметил, что "компания Cisco высоко ценит сотрудничество с ИТ-компаниями, входящими в Группу АФК "Система", и факт договоренности о дальнейшем усилении этого сотрудничества с акцентом на инновации. По результатам 2013 финансового года ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" обеспечило развитие продуктовой экспертизы и лучшие финансовые показатели на рынке системной интеграции промышленных систем связи и безопасности в странах СНГ. Индустриальные и комплексные решения для общественного сектора являются ключевым вектором развития компании Cisco на ближайшие 10 лет. Данные решения позволят трансформировать экономику России за счет увеличения эффективности предприятий и организаций, создания новых продуктов и услуг, дополнительных рабочих мест, а также сокращения и оптимизации затрат, что в итоге позволит повысить качество жизни, благосостояние и безопасность российских граждан. Мы высоко ценим перспективы расширения высокотехнологичного партнерства в этих областях с ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" и другими ИТ-компаниями Группы АФК "Система".

Компания Cisco и ЗАО "СИТРОНИКС КАСУ" убеждены, что подписанное Соглашение укрепит двустороннее сотрудничество и будет способствовать долгосрочному стратегическому развитию передовых технологий в России.