ISSN 2076-2887

МИНИСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ З АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

АВТОМАТИКА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

№ 1(25) 2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ З АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

АВТОМАТИКА. АВТОМАТИЗАЦІЯ. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ

видання Херсонського національного технічного університету

№ 1(25) ХЕРСОН 2010

Засновано в липні 1997 р. *Виходить два рази на рік*

Засновник: Херсонський національний технічний університет

ПРИ ПІДТРИМЦІ

Одеського національного політехнічного університету
Національного технічного університету України «КПІ»
Національного авіаційного університету
Одеської державної академії холоду
Дніпродзержинського державного технічного університету
Придніпровської державної академії будівництва і архітектури
Національного університету біоресурсів і природокористування України
Українського державного хіміко-технологічного університету
Національного університету харчових технологій
Української інженерно-педагогічної академії
Національного університету кораблебудування ім. Адм. Макарова
Національного лісотехнічного університету
Сумського державного університету
Київського національного університету будівництва і архітектури
Київського національного університету технологій і дизайну
Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя
Тернопільського національного економічного університету
Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
Херсонського державного аграрного університету

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор: Тодорцев Ю.К.
Редактор: Бражник О.М.
Заступник головного редактора: Хомченко А.Н.
Члени редколегії: Аркадьєв В.Ю., Бардачов Ю.М., Бойко В.І., Боличовцев О.Д., Гаврилюк В.І., Герасімяк Р.П., Гогунський В.Д., Дубинець Л.В., Еріванцев І.М., Живица В.І., Карпінський М.П., Ковриго Ю.М., Кондратенко Ю.П., Кузнєцов Б.І., Ладанюк А.П., Лубяний В.З., Лут М.Т., Максимов М.В., Марасанов В.В., Міхайлик В.Д., Мішин В.І., Павлов О.А., Праховнік А.В., Радімов С.М., Рогальський Ф.Б., Садовой О.В., Сарібеков Г.С., Сис В.Б., Смолін Ю.О., Соколова Н.А., Теленик С.Ф., Тришкін В.Я., Труш В.Є., Ходаков В.Є., Червяков В.Д., Шарко О.В., Шикалов В.С., Шмат К.І., Яськів В.І.

Відповідальний секретар: Лебеденко Ю.О.

Підписано до друку згідно рішення Вченої ради ХНТУ , протокол №4 від 23.02.2010 р.
Ум. друк. арк. 14,8 Наклад - 200 прим. Формат 60х84 1/8 Офсетний друк
Свідоцтво про регістрацію КВ № 2997 від 10.12.1997 р.
© *Херсонський національний технічний університет*

ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ ЖУРНАЛА

Редакционная коллегия журнала ААЭКС с сожалением сообщает, что следующие изданные в журнале статьи являются недействительными как безусловный плагиат:

1. Шеховцов А.В. Решение многокритериальной оптимизации с использованием адаптивных алгоритмов / А.В. Шеховцов, В.В. Крючковский, А.Н. Мельник // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2007. – №2(20). – С. 163 – 168.

   Плагиат автореферата диссертации Гуменникова А.В. Адаптивные поисковые алгоритмы для решения сложных задач многокритериальной оптимизации: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» / А.В. Гуменникова. – Красноярск, 2006 – 19 с.
2. Козел В.Н. Исследование модели информационного воздействия / В.Н. Козел, Е.А. Дроздова, Е.С. Середа // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2009. – № 1(23). – С. 45 – 48.

   Плагиат статьи Богданов А.М. Математическая модель информационного воздействия / А.М. Богданов, В.В. Мохор // Інформаційні технології та безпека: Зб. наук. праць Інституту проблем реєстрації інформації НАН України. – К.: ІПРІ, 2002.Вип. 2. С. 3-13.

Редакционная коллегия приносит извинения авторам А.В. Гуменниковой, А.М. Богданову, В.В. Мохор.

Редакционная коллегия обращает внимание на тот факт, что кандидат технических наук, профессор Шеховцов Анатолий Викторович - инициатор плагиата, руководил коллективом, где работают соавторы указанных статей .

Обращаем внимание читателей и авторов журнала, что на сайте *http://aaecs.org* можно ознакомиться с материалами журнала, а также обсудить и выразить свое мнение о той или иной публикации. Редакция журнала выражает надежду, что «сито» редактирования и рецензирования статей, подкрепленное мнением и активным участием научной общественности, позволит впредь исключить подобные случаи плагиата.

Редакция журнала еще раз приносит извинения перед авторами, чьи публикации подверглись плагиату, и высказывает надежду, что научная общественность не будет равнодушна к существованию «ценных» научно-педагогических кадров, не способных написать статью в научный журнал.

Редактор журнала ААЭКС Бражник А.М.

ЗМІСТ

МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Голінко І.М., Ковриго Ю.М., Кубрак А.І. Настройка системи керування за імпульсною характеристикою об'єкта 6

Дорошкевич В.К., Пироженко А.В., Хитько А.В., Хорольский П.Г. К определению требований к системам увода космических объектов 11

Китаев А.В., Глухова В.И. Анализ работы синхронного двигателя с неявнополюсным ротором по данным каталога 18

Носов П.С., Косенко Ю.І. Нечіткі моделі і методи ідентифікації та прогнозу стану інформаційної моделі студента 26

Ладієва Л.Р. Математична модель процесу газової мембранної дистиляції 31

Ляшенко С.А, Ляшенко А.С. Оценка модели псевдолинейной регрессии 36

Передерій В.І. Алгоритм визначення та оцінки характеристик ефективності комп'ютерних систем на початковій стадії проектування в умовах невизначенності 41

Войтенко В.В., Дикусар Е.В, Ситников В.С. Определение частоты среза устройства сглаживания данных на основе метода скользящего среднего 46

Славко О.Г. Порівняльний аналіз керування регулятором на основі локальної моделі керованого процесу та П-регулятором 52

Соколов А.Е., Махова Е.О. Моделирование процесса принятия педагогического решения при компьютеризированном обучении 59

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Тверезовский В.С., Бараненко Р.В. Проектирование измерителя добротности варикапов 62

Богданов А.В., Бень А.П., Хойна С.И. Релаксация обратного тока диодов Шоттки после их магнитно-импульсной обработки (МИО) 66

Гордеев Б.Н., Зивенко А.В., Наконечный А.Г. Формирование зондирующих импульсов для полиметрических измерительных систем 69

Дзюбаненко А. В. Организация компьютерных систем для анализа изображений 73

Полякова М.В., Ищенко А.В., Худайбердин Э.И. Порогово-пространственная сегментация цветных текстурированных изображений на основе метода JSEG 78

Ковальов О.І. Вимірювання у процесно-орієнтованих стандартах 88

ИНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ КОМПЛЕКСИ І СИСТЕМИ

Бень А.П., Терещенкова О.В. Применение комбинированных сетевых методов планирования в судоремонтной отрасли 96

Богушевский В.С., Сухенко В.Ю., Сергеева Е.А., Жук С.В. Реализация модели управления конвертерной плавкой в системе принятия решений 101

Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М., Андросов С.А. Генетичні алгоритми вирішення задач управління ресурсами і навантаженням центрів оброблення даних 106

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ТА СИСТЕМАМИ

Бойченко О.В. Оптимізація роботи інформаційно-телекомунікаційних систем спеціального призначення 121

ЦИФРОВІ І ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Клименко А.К. Об использовании дискретной обратной модели в системах с интегрирующим звеном 125

Кочкарьов Ю.О., Кущ С.О., Панаско О.М. Ефективна схемотехніка цифрових вузлів елемента додавання кон'юнкції 132

СУЧАСНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, КОМПЛЕКСИ І СИСТЕМИ

Долина В.Г., Писаренко А.В. Синтез складної багатовимірної системи управління випарною станцією на основі рефрактометричних вимірювань 137

Завальнюк И.П. Управление высокопроизводительной экструзией неоднородных материалов 141

Краснов В.А., Прохорович А.В., Шутов С.В., Деменский А.Н. Анализ флуктуаций размера растущего кристалла (на примере легированных монокристаллов кремния, вытягиваемых из расплава по методу Чохральского) 148

ЕКОНОМІКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ

Бойченко О.В., Яценко Л.Ф., Яловенко Ю.В. Информационно-аналитическая система мониторинга хозяйственной деятельности предприятия 157

Портянко Т. М. Формування інтегрованої моделі системи менеджменту якості на підприємствах фармацевтичної промисловості 165

АНОТАЦІЇ 169

АННОТАЦИИ 175

SUMMARY 181

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ 186

МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

УДК 681.5.015.8:519

НАСТРОЙКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗА ІМПУЛЬСНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ ОБ’ЄКТА

Голінко І.М., Ковриго Ю.М., Кубрак А.І.

Вступ

При розробці систем керування виникає потреба в ідентифікації об’єкта керування. Традиційно ідентифікація зводиться до визначення передатної функції каналу регулювання. На визначення структури апроксимуючої залежності впливають суб’єктивні фактори: в першу чергу уподобання дослідника; наявні у його розпорядженні алгоритми, програмне та комп’ютерне забезпечення і лише в останню чергу – особливості об’єкта керування. Якість апроксимації також частіше за все не узгоджується із розв’язуваною задачею (заради якої, власне, і виконується ідентифікація). Усе це ускладнює синтез системи керування, розмиває її цілі, приводить до цілого ряду невизначеностей, прийняття необґрунтованих рішень, тобто в значній мірі знецінює виконувану роботу.

Постановка завдання

А чому, власне, треба, та чи треба, зациклюватися на необхідності отримання передаточної функції? На користь такого підходу можна навести наступні міркування: компактність, відпрацьованість алгоритмів використання такого типу моделей, нарешті, традиційність (так роблять усі, так прийнято, так усім зрозуміло).

До недавнього часу, це справді було визначальним. Але зараз технічні характеристики комп’ютерної техніки (на рівні мобільних телефонів та електронних іграшок) відкривають можливість принципово нового підходу аналізу динамічної поведінки системи керування. Зокрема, чому не взяти в якості базової моделі перехідну або імпульсну характеристику об’єкта керування (ОК) у вигляді масиву її ординат? Єдина умова – цей масив повинен бути достатньо детальним, щоб відобразити усі особливості ОК.

Настройка системи керування за імпульсною характеристикою ОК

Розглянемо структуру одноконтурної автоматичної системи керування (АСК) рис.1.

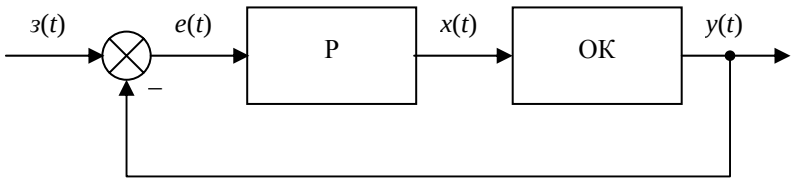


Рис.1 Структура одноконтурної АСК, $з(t)$ – сигнал завдання, $e(t)$ – сигнал розузгодження, $x(t)$ – сигнал керування, $y(t)$ – вихідний сигнал ОК

АСК складається із ОК, динаміка якого представлена масивом ординат імпульсної характеристики, суматора та регулятора (Р), що в загальному вигляді реалізує лінійний закон ПІД – регулювання:

$$W_P(p) = K_R\left(1 + \frac{1}{T_I p} + T_D p\right), \tag{1}$$

тут K_R, T_I, T_D – параметри настроювання ПІД – регулятора.

 ISSN 2076-2887

Реакцію ОК $y(t)$ на вхідний сигнал $x(t)$ будемо розраховувати використовуючи інтеграл Дюамеля (інтеграл згортки) [1] у вигляді:

$$y(t) = \int_0^t g(t-\tau)\, x(t)\, d\tau\,. \qquad (2)$$

Фізично інтеграл (2) можна інтерпретувати як реакцію $y(t)$ лінійного ОК із імпульсною характеристикою $g(t)$ на послідовність імпульсів, на які розбивається сигнал $x(t)$, причому імпульс в момент t має площу $x(t)d\tau$. При комп'ютерній реалізації залежності (2) інтеграл заміняється сумою, де τ змінюється з кроком $d\tau$. Саме із цим кроком у часі задається масив ординат імпульсної характеристики ОК `Gt`:

	-1	0	1	2	3	…	L	L+1	…	601
`Gt:CoefL`	L	g_0	g_1	g_2	g_3	…	g_L	$d\tau$	…	

Таким чином, для чисельної реалізації (2) отримаємо суму імпульсних характеристик $g(t-\tau)$ кожна з яких помножена на $x(t)d\tau$. Графічно це виглядає так як показано на рис. 2.

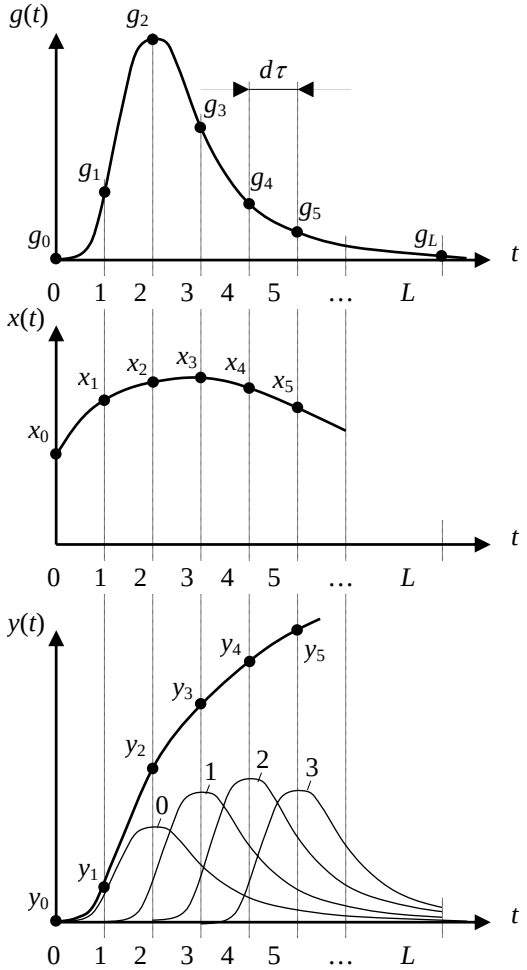


Рис.2 Схема формування масиву ординат реакції $y(t)$: 0 – реакція ОК на імпульс $x_0\, d\tau$, 1 – те ж на $x_1\, d\tau$, 2 – те ж на $x_2\, d\tau$, 3 – на $x_3\, d\tau$ і т.д.

Програмно розглянутий алгоритм реалізовано підпрограмами `IntGt` та `FormHts`:

```
function IntGt(t:real):real;
var L, s: integer;
    Dt, R: real;
```

```
begin
  L:=round(Gt[-1]); Dt:=Gt[L+1];
  R:=t/Dt; s:=trunc(R); t:=frac(R);
  if s<L then IntGt:=Gt[s]+t*(Gt[s+1]-Gt[s])
         else IntGt:=0;
end;

procedure FormHts(Gt:CoerL; Ds,Kr,Ti,Td:real;
                  var Hts:CoefL);
var e, ep, x, i, Dt, Dts: real;
    z, s: integer;
    Gts: CoefL;
begin
  L:=round(Gt[-1]); Dt:=Gt[L+1]; Dts:=Ds/L;
  Hts[-1]:=L; Hts[0]:=Kr*Gt[0]*Dts; Hts[L+1]:=Dts;
  Gts[0]:=Gt[0]; x:=Kr*Zd(0);
  for s:=1 to L do Gts[s]:=IntGt(s*Dts);
  for s:=0 to L do Hts[s]:=x*Gts[s];
  e:= Zd(0)-Hts[0]; i:=0;
  for z:=1 to L do
    begin
      ep:=e; e:=Zd(z*Dts)-Hts[z];
      i:=i+Dts*(ep+e)/2;
      x:=Kr*(e+i/Ti+Td*(e-ep)/Dts);
      for s:=0 to L-z do
        Hts[z+s]:=Hts[z+s]+Gts[s]*x*Dts;
    end;
end;
```

Підпрограмма `IntGt` реалізує лінійну інтерполяцію в масиві `Gt`. Справа в тому, що масив `Gt:CoefL` формується з кроком у часі `Dt`. Цей крок визначається часом спостереження `D` імпульсної характеристики, вибраним із умови $g(t)\big|_{t\geq \mathrm{D}} \leq \varepsilon$, де ε - деяка мала величина, тобто $g(t)\big|_{t\geq \mathrm{D}} \approx 0$. Остання умова закладена в `IntGt` (якщо `s>L`, то `IntGt:=0`). Це справедливо для об'єктів із самовирівнюванням.

Час перехідного процесу системи `Ds` залежить не лише від властивостей ОК, але від вхідного сигналу системи та настройок регулятора. Величина `Ds` підбирається користувачем в процесі настройки із умови, щоб виявити усі характерні особливості перехідного процесу, які представляють інтерес для користувача. Отже, `Ds` може бути як більше (частіше за все), так і менше за `D`. Масив `Gts:CoefL` – це та ж імпульсна характеристика $g(t)$ об'єкта, але задана із кроком `Dts:=Ds/L.` Масив `Gts` формується на базі масиву `Gt` з використанням підпрограми `IntGt.`

Функція `function Zd(t:real):real` задає закон зміни в часі завдання регулятору. При розрахунку перехідної характеристики системи для каналу "завдання регулятору – вихід об'єкта" функція `Zd` задає одиничний ступінчатий сигнал 1(t).

Як приклад застосування методу розраховано перехідні процеси одноконтурної АСК за імпульсною характеристикою ОК, що зображена на рис. 3. Представленій імпульсній характеристиці відповідає аперіодична ланка другого порядку із запізнюванням: $W_{\text{ОК}}(s) = \dfrac{k}{a_2 p^2 + a_1 p + 1} e^{-\tau p}$, де k=5, a_2=10сек^2, a_1=5сек, τ =5сек. Результати моделювання із різними параметрами настроювань ПІД – регулятора представлено на рис. 4. Перехідний

 ISSN 2076-2887

процес в АСК графік 1 забезпечується настройками ПІД-регулятора: K_R=0.133, T_I=5сек, T_D=3; а графік 2 – K_R =0.1, T_I =5 сек, T_D =0.1.

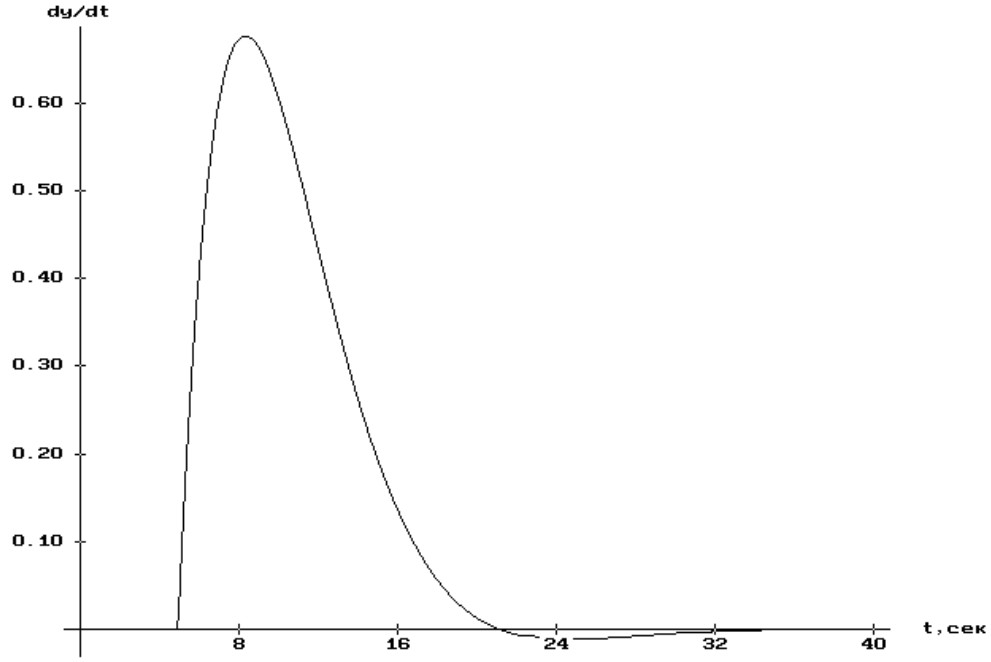


Рис. 3 Імпульсна характеристика ОК

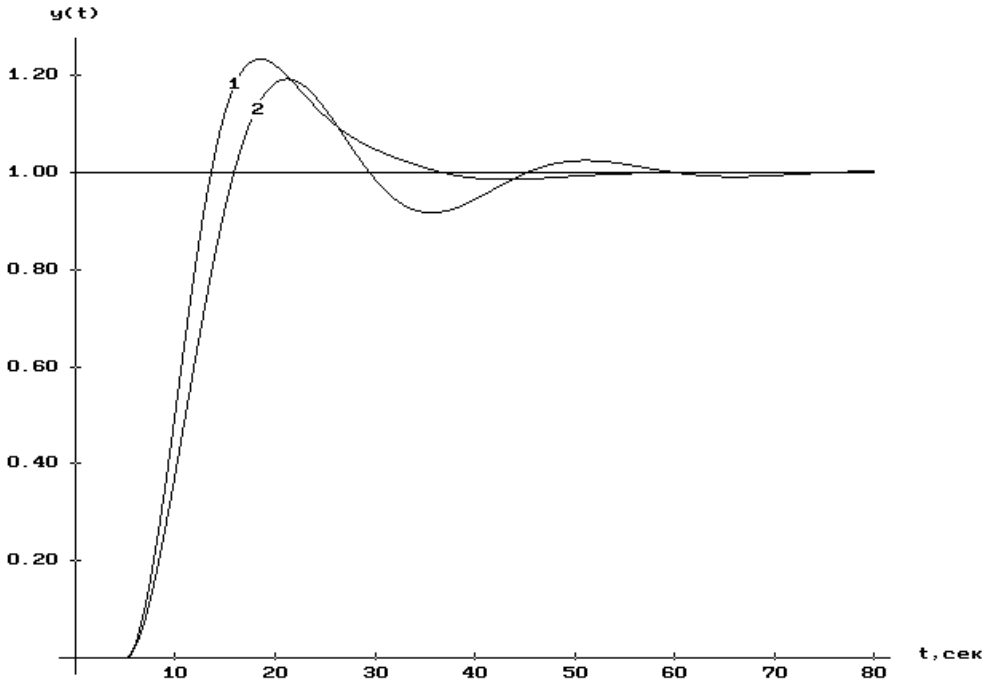


Рис. 4 Перехідні процеси в АСК

Для перевірки коректності методу перехідні процеси моделювалися у MatLABi із аналогічними параметрами. Результати моделювання практично не відрізняються та представлені на рис. 5.

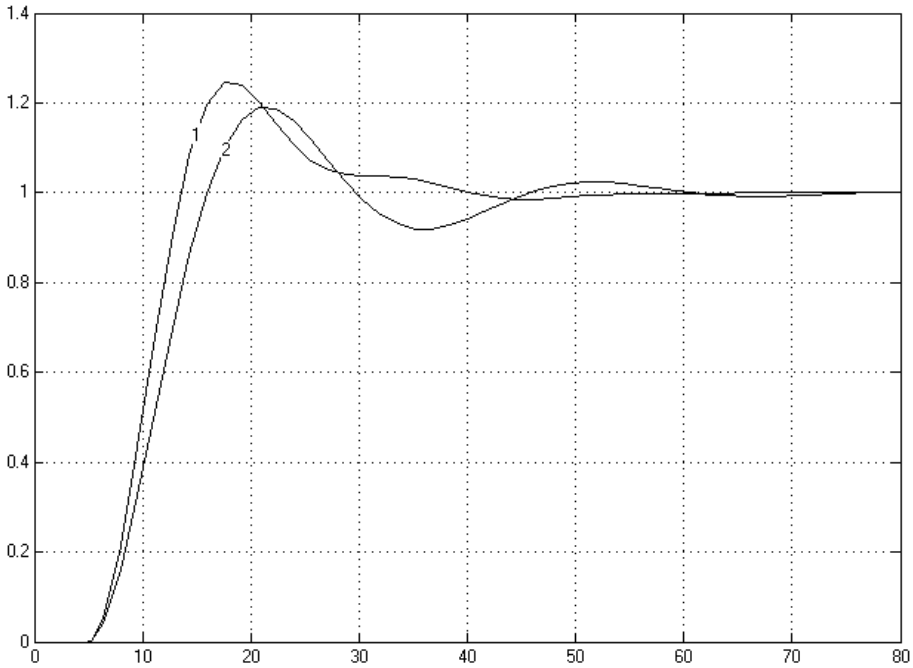


Рис. 5 Перехідні процеси в АСК, що моделювалися у MatLAB

Висновки

Запропонований метод розрахунку перехідних процесів у АСК відкриває можливість синтезу аналогових та цифрових (враховуючи період квантування) систем керування без етапу апроксимації динамічних властивостей ОК. Це не тільки дозволяє зменшити похибку моделювання АСК за рахунок виключення етапу апроксимації, а також дозволяє уникнути суб'єктивності при виборі структури апроксимуючої залежності. Це особливо актуально коли постійно змінюється завдання АСК у ході протікання технологічного процесу. При швидкій зміні завдання АСК (на високих частотах) некоректна структура апроксимуючої моделі ОК може призводити до значних похибок у розрахунках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чемоданов Б.К. и др. Математические основы теории автоматического регулирования. Справочник. Том 2. // –М.: Высшая школа, 1977. –455 с: ил.

 ISSN 2076-2887

УДК 629.78

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ УВОДА КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Дорошкевич В. К., Пироженко А. В., Хитько А. В., Хорольский П. Г.

Активное использование околоземного космического пространства обуславливает актуальность решение проблемы обеспечения увода космических объектов после завершения их эксплуатации с наиболее используемых орбит. Требования к ограничению засорения космического пространства определяют принятые Правила космической деятельности в Украине [1].

Задача увода КО во многом является новой задачей и ее решение связано с созданием специальных систем. Анализ возможных решений задачи увода и определение перспективных вариантов систем увода предполагают выработку требований к таким системам. Целью исследований, результаты которых изложены в данной статье, являлось определение предварительных требований к системам увода КО. Основанием для определения этих требований является анализ масс запускаемых космических аппаратов (КА), орбит их функционирования, требований к орбитам захоронения и срокам маневра увода КА [1], анализ энергетических затрат для выполнения маневров захоронения.

1. Анализ запусков КА по массам и орбитам

Анализ использования околоземного космического пространства искусственными объектами определяется для двух основных областей околоземных орбит: низких (НОО) с высотами до 2000 км и геостационарной (ГСО) высотой 36 тыс. км. Отдельно рассматривались средневысокие круговые (СКО) с высотами около 20 тыс. км и высокоэллиптические (ВЭО) с высотами апогея около 36 тыс. км, перигея – до 1000 км орбиты.

Анализ проводится на основе среднегодового количества выведенных и предполагаемых к запуску КА различных масс на различные типы орбит в период 2006 – 2011 гг.

Всего в период с 2006 по 2008 годы (по состоянию на 30.09.2008 г.) было выведено около 232 космических аппарата. Наибольшее количество КА было выведено на НОО и ГСО (124 и 72 космических аппарата, соответственно). А также было выведено на: СКО - 19 КА; ВЭО – 12 КА; межпланетные траектории – 5 КА.

Данные для статистики запусков космических аппаратов взяты из базы данных НКАУ "Технические характеристики и пуски существующих носителей мирового парка".

В таблицах 1 – 4 приведены среднестатистические данные по КА, выведенным в период 2006 – 2008 гг. На рисунке 1 показано количество выведенных КА на НОО и ГСО в период 2006-2008 гг. При этом, в таблице 1 приведено распределение количества КА по высотам орбит и годам, в таблице 2 и на рисунке 2 – распределение по массам и годам на НОО в период 2006-2008 гг., в таблице 3 — распределение количества КА по годам на ГСО, ВЭО, СКО в период 2006-2008 гг., в таблице 4 приведено распределение количества КА по массам и годам на ГСО.

Всего с 2006 по 2008 годы на НОО было выведено 124 КА (53 % от общего количества КА). В среднем в год - 41,3 КА. Наибольшее количество КА было выведено на орбиту высотой до 800 км – 105 КА (85 % от количества выведенных КА на НОО).

Отметим, что из 124 КА, выведенных на НОО, 53 КА (43%) имеют массу до 100 кг.

Всего в 2006–2008 гг. на геостационарную орбиту было выведено 72 КА (31 % от общего количества КА). Из них всего 8 КА имеют массу до 2000 кг. Наибольшее количество КА имеют массу более 3500 кг (58 % от количества выведенных КА на ГСО).

Таблица 1

Распределение количества КА по высотам орбит и годам на НОО

Год	Количество КА в диапазонах высот орбит, км										Все-го
	до 700	700-800	800-900	900-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1300-1400	1400-1500	Более 500	
2006	26	6	4	-	-	-	-	-	-	-	36
2007	40	4	1	1	-	-	-	-	8	-	54
2008	19	10	1	-	-	-	-	1	3	-	34
Всего	85	20	6	1	-	-	-	1	11	-	124
Сред-него-довое	28,3	6,7	2	0,33	-	-	-	0,33	3,7	-	41,3

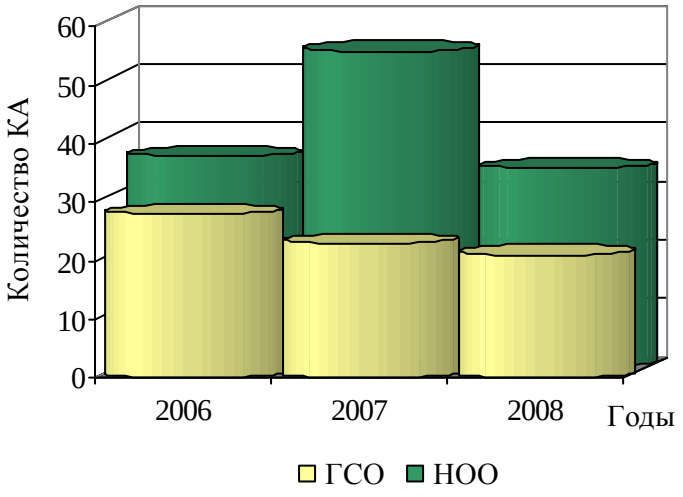


Рис. 1 Количество выведенных КА на НОО и ГСО в период 2006-2008 гг.

Таблица 2

Распределение количества КА по массам и годам на НОО

Год	Количество КА в диапазонах масс, кг								
	до 10	до 50	до 100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000	2000-3500	более 3500
2006	12	-	7	-	2	9	2	1	3
2007	11	5	2	7	12	6	5	5	1
2008	8	7	1	2	7	5	1	1	2
Всего	31	12	10	9	21	20	8	7	6
Средне-годовое	10,3	4	3,3	3	7	6,7	2,7	2,3	2

 ISSN 2076-2887

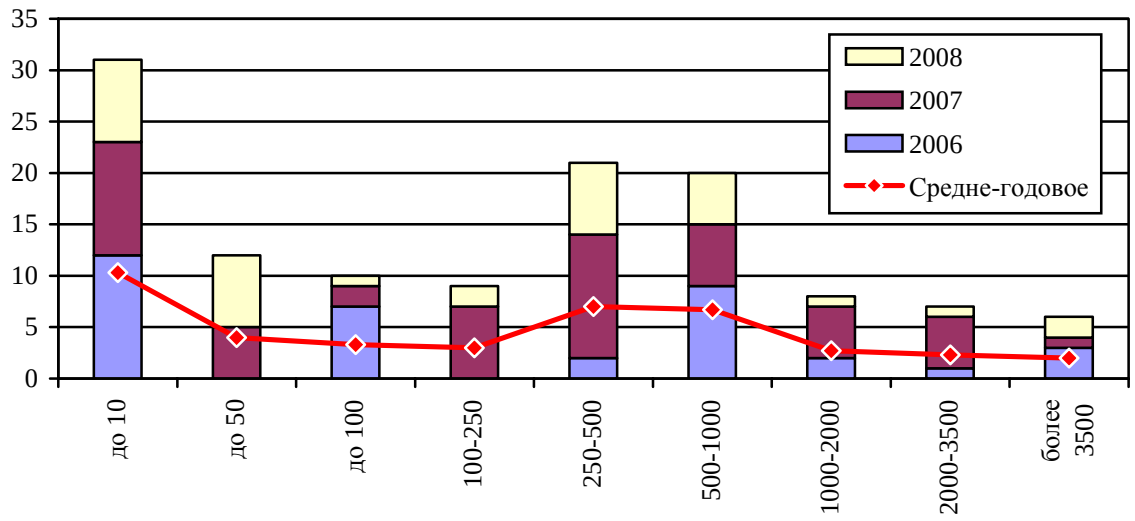


Рис. 2 Распределение количества КА по массам и годам на НОО

Таблица 3

Распределение количества КА по годам на ГСО, ВЭО, СКО

Год	Орбиты		
	ГСО	ВЭО	СКО
2006	28	3	5
2007	23	7	9
2008	21	2	5
Всего	72	12	19
Среднегодовое	24	4	6,3

Таблица 4

Распределение количества КА по массам и годам на ГСО

Год	Количество КА в диапазонах масс			
	до 1000	1000-2000	2000-3500	более 3500
2006	3	2	5	18
2007	-	2	10	11
2008	-	1	7	13
Всего	3	5	22	42
Среднегодовое	1	1,7	7,3	14

Анализ прогноза запусков космических аппаратов в период 2009–2011 гг. показал, что в сравнении с периодом 2006–2008 гг. ситуация с запусками КА существенно не изменится.

2. Анализ требований к системам увода.

Поскольку задача увода КО является "сервисной" задачей, то естественным требованием к системам увода следует считать требование минимизации суммарных затрат на выполнение задачи. Эти затраты включают в себя затраты вывода на орбиту дополнительного груза, поддержание работоспособности системы увода весь срок целевого использования КО и сокращение времени целевого использования КО на время увода (для активных систем).

Интегрирование систем увода в качестве рабочих систем КО позволяет существенно повысить экономичность использования систем увода. Например, двигатели, исполь-

зуемые для увода КО, могут использоваться для управления ориентацией или орбитальным движением. Поэтому, определение требований к массе системы увода на предварительном этапе затруднено. Это связано также с тем, что для функционирования систем увода может потребоваться дополнительное оборудование КО, используемое при его целевом функционировании. Так, для работы электродвигателей требуются значительные ресурсы электроэнергии, обычно поступающей с солнечных батарей. Возможность использования «плановых» энергоресурсов, или необходимость увеличения площади батарей определяется во многом задачами функционирования КО.

Минимизация времени увода, также как и минимизация массы системы увода, не могут сами по себе определять требования к системам увода. Действительно, и то и другое являются лишь составляющими интегрального параметра – стоимости системы увода. Вместе с тем, представляется вполне оправданным, в качестве предварительных требований принять условие, чтобы время выполнения маневра увода не превосходило 10 % от времени планируемого целевого использования КО.

Рассмотрим требования к маневрам увода КО. Согласно Правилам космической деятельности в [1] ограничения на срок существования космической техники в регионах околоземного пространства после завершения ее эксплуатации распространяются только на район геостационарной орбиты и район низких орбит. Это, так называемые защищаемые регионы. Для КО, программа полета которых завершается в областях околоземного пространства, не входящих в состав защищаемых регионов, рекомендуется предусматривать выполнение маневров для сокращения их пребывания на орбите до сроков, сопоставимых с ограниченными сроками существования на НОО, или перемещение на орбиту захоронения, если они создают помехи в районах активно используемых орбит.

Защищаемый регион ГСО определяется как область околоземного пространства в виде кольцевого сегмента шара с параметрами:

– нижняя граница — высота геостационарной орбиты минус 200 км;

– верхняя граница — высота геостационарной орбиты плюс 200 км;

– границы по ширине — ± 15° от экваториальной плоскости;

– высота геостационарной орбиты — 35786 км.

Согласно [1] КА, прекратившие выполнение целевого назначения в защищаемом регионе ГСО, должны не позже, чем через один год после завершения эксплуатации, осуществить маневр перехода на орбиту захоронения.

Орбита захоронения должна располагаться выше защищаемого региона ГСО.

Значение высоты перигея орбиты захоронения должно удовлетворять неравенству

$$h \geq 1\,000 \cdot C_R \cdot A \,/\, m + 35, \qquad (1)$$

где h — разность между высотой перигея орбиты захоронения и высотой верхней границы защищаемого региона ГСО, км;

C_R — коэффициент давления солнечного излучения (типичные значения в диапазоне от 1 до 2);

A — облучаемая площадь КА, м^2;

m — масса КА после завершения маневра перехода на орбиту захоронения и пассивации, кг;

1000 — удельный коэффициент, определяющий амплитуду колебаний высоты КА под действием силы давления солнечного излучения в окрестности верхней границы защищаемого региона ГСО, км·кг/м^2;

35 — максимальное периодическое снижение уведенного на орбиту захоронения КА вследствие лунно-солнечных и геопотенциальных возмущений, км.

Требования к орбитальному переходу на орбиту захоронения ступеней РН и РБ, остающихся после выполнения целевого назначения в защищаемом регионе ГСО, те же, что и для КА.

 ISSN 2076-2887

На основании оценки формулы (1) можно считать, что требуемая высота перигея орбиты захоронения может не превосходить 300 км от высоты верхней границы защищаемого региона ГСО. Действительно, даже при сотнях метрах квадратных площади КА первое слагаемое в (1) не должно превосходить 200 км, так как масса такого КА ≥ 1000 кг. Конечно, существуют особые случаи конструкций КА, например пленочных отражателей, которые требуют дополнительных уточнений.

Таким образом, можно считать, что достаточным маневром увода КА с геостационарной орбиты является увеличение высоты перигея орбиты на 500 км за время не более года. Здесь предполагается, что время активного функционирования КА на ГСО равно приблизительно 10 лет.

Защищаемый регион низких околоземных орбит определяется как область околоземного космического пространства, расположенная ниже высоты 2000 км.

Согласно [1], при планировании и выполнении космических полетов должно обеспечиваться ограничение срока пребывания в защищаемом регионе НОО объектов космической техники, завершившие выполнение целевого назначения.

Рекомендованная предельная длительность пребывания в космическом пространстве КА и средств их выведения, которые остаются в защищаемом регионе НОО или периодически пересекают его границу после выполнения полетных заданий, равна 25 годам.

Для объектов космической техники, обладающих возможностью совершения орбитального маневра, основными вариантами уменьшения срока пребывания в защищаемом регионе НОО, являются:

– орбитальный переход, приводящий к входу в плотные слои атмосферы;

– переход с рабочей орбиты на орбиту с меньшим значением высоты перигея, на которой обеспечивается выполнения требования срока предельной длительности пребывания на НОО;

– переход на орбиту захоронения с перигеем, расположенным выше защищаемого региона НОО (в учетом последующей эволюции КО под действием возмущающих факторов).

Анализ интенсивности использования околоземного комического пространства искусственными объектами с учетом вышеизложенных требований, позволяет сделать следующие выводы. Для большего количества КО на НОО, высоты орбит которых лежат ниже 1000 км, маневр, заключающийся в изменении высоты перигея на 500 км в течение полугода, является достаточным для выполнения увода КО. Здесь предполагается, что КО на орбитах с перигеем ниже 550 км не будет существовать дольше 24 лет. Также предполагается, что время активного функционирования КО на НОО составляет приблизительно 6 лет. Увеличение высоты перигея орбиты на 500 км для КО на орбитах выше 1600 км представляются также достаточными для перевода КО на орбиты захоронения. Вместе с тем, для значительного количества КО, орбиты которых имеют высоту выше 1000 км и менее 1600 км потребуется более значительные изменения высот.

Оценим необходимый импульс управляющий силы для выполнения требуемых маневров. Для этого используем уравнение изменения энергии орбитального движения КО [2,3]

$$\dot{h}_o = \sqrt{\frac{\mu}{p}}\left(e\sin\nu F_r + \left(1 + e\cos\nu\right)F_\varphi\right), \qquad (2)$$

где h_o — приведенная к массе КО энергия его орбитального кеплерова движения;

μ — гравитационная постоянная Земли;

p, e, ν — соответственно фокальный параметр, эксцентриситет и истинная аномалия орбиты КО;

F_r, F_φ — соответственно радиальное и трансверсальное ускорения, обусловленные действием сил, отличных от ньютоновской притягивающей силы.

Пренебрегая другими возмущающими ускорениями, будем считать, что F_r и F_φ обусловлены действием двигательной установки. Из уравнения (2) видно, что изменение во времени интенсивности ускорений F_r и F_φ позволяет, вообще говоря, повысить скорость изменения h_o. При этом, изменения интенсивности должны быть в резонансе с изменением ν, и достигаемое повышение скорости изменения h_o пропорционально e.

Отметим, что уравнение (2) можно записать в виде

$$\dot{h}_o = \sqrt{\frac{\mu}{p}}\left(eF_{тр..\pi} + F_\varphi\right), \tag{3}$$

где $F_{тр.\pi}$ — проекция управляющего ускорения на трансверсаль в перигее орбиты.

Для начальной круговой орбиты связь между изменением энергии h_o и импульсом постоянной управляющей силы, с точностью до e^2, можно оценить по формуле

$$\Delta h_o = \sqrt{\frac{\mu}{p_{ср}}}F_\varphi T, \tag{4}$$

где $p_{ср}$ — некоторое среднее значение p за время маневра увода;

T — время маневра.

Оценка (4) в случае импульсного управления траекторией КА очевидна. Возможность использования (4) при постоянных малых управляющих ускорениях F_r и F_φ следует из проведения операции усреднения уравнения (2) по угловой переменной ν.

Учитывая, что [2,3]

$$h_o = -\frac{\mu}{2a} = -\frac{\mu\left(1-e^2\right)}{2p}, \tag{5}$$

найдем, что требуемое

$$\Delta h_o = -\frac{\mu}{2\left(a_0+\Delta a\right)} + \frac{\mu}{2a_0} = \frac{\mu}{2}\frac{\Delta a}{\left(a_0+\Delta a\right)a_0}, \tag{6}$$

или с учетом того, что $\Delta a/a_0 << 1$, т.е. пренебрегая $\Delta a/a_0$ в степени выше первой,

$$\Delta h_o \sim \frac{\mu\Delta a}{2a_0^2}, \tag{7}$$

Тогда оценка для удельного (отнесенного к массе КО) импульса силы имеет вид

$$\Delta S = \int_0^T F_\varphi dt = \frac{\sqrt{\mu p_{ср}}}{2a_0^2}\Delta a. \tag{8}$$

На основании (4) получим оценки необходимых удельных импульсов управляющей силы для выполнения маневров увода, заключающегося в изменении a на 500 км. Для увода с НОО требуется удельный импульс около 270 м/с за время не более полугода. Для увода с ГСО требуется удельный импульс около 18 м/с за время не более года.

Приведенные оценки не содержат оценок изменения эксцентриситета. Вместе с тем, увод с НОО во многих случаях представляется целесообразным осуществлять путем снижения перигея орбиты до высот, обеспечивающих значительное аэродинамическое торможение КО. Для построения оценок изменения перигея орбиты рассмотрим простейший случай импульсного управления.

Для первоначально круговых орбит можно считать, что во время маневра e<<1. Тогда, с точностью до e^2, $a = p$. Учитывая, что $r_\pi + r_a = 2a$, где r_π, r_a – соответственно расстояние от центра Земли до перигея и апогея орбиты, и что r_a конечной орбиты равен радиусу исходной круговой, получим, что с точностью до e^2

 ISSN 2076-2887

$$e \sim \frac{\Delta a}{a_0}. \qquad (9)$$

Таким образом, при импульсном управлении уменьшение высоты перигея приблизительно вдвое превосходит уменьшение a, или, что тоже в рассматриваемом случае, величины фокального параметры орбиты. Т.е. при импульсном управлении снижение перигея орбиты потребует почти в 2 раза меньший импульс силы, чем аналогичное по величине снижение фокального параметра.

Выводы. Проведенные исследования позволили определить требования к энергетическим характеристикам систем увода КА с орбиты. Они показали, что для увода с низкой околоземной орбиты требуется удельный импульс силы около 270 м/с за время не более полугода. Для увода с геостационарной орбиты требуется удельный импульс силы около 18 м/с за время не более года. Эти результаты могут быть положены в основу баллистического проектирования КА с системами увода их с орбиты существования.

Перспективы дальнейших исследований состоят в уточнении рассмотренных требований применительно к конкретным КА и предполагаемым к применению двигательным установкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. УРКТ-11.03. Правила космічної діяльності в Україні. Обмеження засмічення навколоземного космічного простору при експлуатації космічної техніки. – Київ: НКАУ, 2004. – 21 с.

2. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г.Н. Дубошина. – М.: Наука, 1976. – 864 с.

3. Ротационное движение комических тросовых систем / А. П. Алпатов и др. – Днепропетровск : Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, 2001. — 404 с.

УДК 621.313.333

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С НЕЯВНОПОЛЮСНЫМ РОТОРОМ ПО ДАННЫМ КАТАЛОГА

Китаев А.В., Глухова В.И.

Разработка системы автоматического управления или электропривода связана с выбором оптимального приводного электрического двигателя. Эта задача решается на основе рассмотрения ряда вариантов построения системы. Причем на этапе проектирования нужных двигателей в наличии может и не быть. Поэтому оценка их функциональных возможностей на основе лабораторных испытаний исключается. И тогда перед разработчиками стоит проблема получения необходимой информации по параметрам схемы замещения и характеристикам двигателя расчетным путем, располагая лишь данными каталога. Применительно к синхронным двигателям (СД) попытки решения этой задачи просматриваются, например, в работах [1,2]. Но они носят фрагментный характер и не соответствуют принятому алгоритму проектного задания, который предусматривает:

- - определение не оговоренных в каталоге показателей номинального режима работы;
- - поиск параметров схемы замещения;
- - построение векторной диаграммы;
- - расчет и построение характеристик: угловой, механической, семейства рабочих и U-образных.

Ниже приведено развернутое решение сформулированной задачи применительно к СД, для которых в каталоге оговорены следующие показатели: номинальное напряжение U_{1H}; номинальная мощность на валу - P_{2H}; перегрузочная способность λ_M или отношение максимального момента M_M к номинальному M_H; коэффициент мощности $\cos\varphi_{1H}$ (с указанием опережения или отставания) и к.п.д. в номинальном режиме работы η_H.

Следовательно, подлежат определению по соотношениям, приведенным в таблице 1(заимствованы из работ [3-5]): номинальная потребляемая активная мощность P_{1H}, номинальный ток обмотки статора I_H, номинальная полная мощность S_H, суммарные номинальные потери активной мощности ΣP_H, номинальный момент на валу M_H и модуль номинального сопротивления цепи двигателя Z_H.

Таблица 1

Номинальная потребляемая мощность $P_{1H}, кВт$	Номинальный ток I_H, A	Полная номинальная мощность $S, ВА$	Суммарные номинальные потери $\Sigma P_H, кВт$	Номинальный момент $M_H, Н \cdot м$	Номинальное сопротивление $Z_H, Ом$
$P_{1H} = \frac{P_{2H}}{\eta}$	$I_H = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3}U_H \cos\varphi_{1H}}$	$S = \sqrt{3}U_H I_H$	$\Sigma P_H = P_{1H} - P_{2H}$	$M = 9550\frac{P_{2H}}{n}$	$Z_H = \frac{U_H}{\sqrt{3}I_H}$

При известном номинальном моменте легко определить максимальный момент:

$$M_M = \lambda_M M_H$$

и решить вопросы с построением угловой и механической характеристики. С этой целью перейдем на относительные значения момента и частоты вращения: $\mu_\theta = \frac{M}{M_M}; \nu = \frac{\nu}{\nu_H}$, где

 ISSN 2076-2887

ν_H - номинальная или синхронная частота вращения. Тогда известное аналитическое выражение угловой характеристики запишется в виде

$$\mu_\theta = \sin\theta,$$

где θ – угол сдвига между осями магнитных полей статора и ротора. Ее графическое изображение будет иметь вид обычной синусоиды с единичным значением амплитуды (см. рис.1).

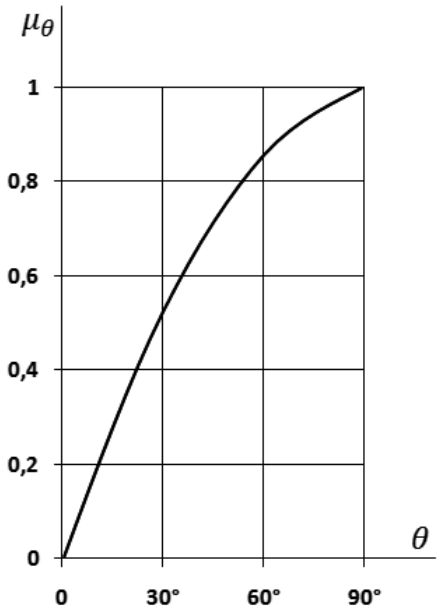


Рис. 1 Угловая характеристика СД

Очевидно, что в режиме номинальной нагрузки и при перегрузочной способности равной двум угол $\theta = \theta_{НОМ} = 30^0$.

Что же касается механической характеристики $\nu = f(\mu)$, то она в оговоренных условиях будет представлять собой прямую линию параллельную оси абсцисс (см. рис.2).

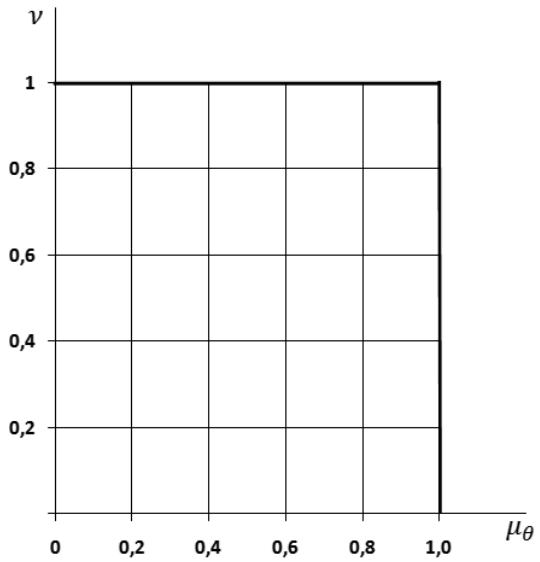


Рис. 2 Механическая характеристика СД

Не умаляя значимости рассмотренных характеристик, следует признать, что на их основе не построить алгоритм дальнейшего анализа СД. Ситуация изменится явно к лучшему, если принять предложение о рассмотрении семейства угловых характеристик. Под

последними условимся понимать зависимости относительных значений $\gamma_E, \beta, \mu, \nu, p_2, p_1, \eta, \overset{*}{R}_H$ в функции угла θ, где

$$\gamma_E = \frac{E_0}{U_{НОМ}}; \beta = \frac{I}{I_{НОМ}}; \mu = \frac{M}{M_{НОМ}}; \nu = \frac{n}{n_{НОМ}}; p_2 = \frac{I^2 R_H}{I^2_{Н.НОМ} R_{Н.НОМ}} = \beta^2 \frac{\overset{*}{R}_H}{\overset{*}{R}_{Н.НОМ}};$$

$$p_1 = \frac{U_{НОМ} I \cos\varphi_1}{I^2_{НОМ} R_{Н.НОМ}} = \frac{\beta \cos\varphi_1}{\overset{*}{R}_{Н.НОМ}} = p_0 + \beta^2 \overset{*}{R}_a + p_2; \eta = \frac{p_2}{p_1};$$

причем здесь $U_{НОМ}, I_{НОМ}, M_{НОМ}, n_{НОМ}, R_{Н.НОМ}$ - номинальные значения соответственно напряжения сети, тока, момента, частоты вращения, сопротивление электрического эквивалента механической мощности на валу СД; $I, M, n, R_H, \cos\varphi_1$ - ток, момент, частота вращения, сопротивление механического эквивалента механической мощности на валу и коэффициент мощности при избранном значении угла θ; p_0 – относительное значение мощности потерь в режиме холостого хода (берется равным 15% от суммарных потерь номинального режима); $\overset{*}{R}_a = \frac{R_a}{Z_{НОМ}}$ – относительная величина активного сопротивления обмотки якоря (R_a находится по условию, что потери на нагрев обмотки якоря в номинальном режиме составляют 30% от общих потерь).

Смена показателя μ_θ на μ объясняется тем, что при построении предложенного семейства имеет смысл ограничить диапазон изменения θ пределами от нуля до сорока градусов, приняв за базовый показатель номинальное значение момента. В таком случае в номинальном режиме работы μ, β, p_2, ν будут равны единице.

Определение γ_E и β построим на использовании уравнения баланса напряжений СД: $\underline{U} = jX_C \underline{I} + \underline{E}_O$, где X_C - синхронное сопротивление; схемы замещения (см. рис.3а) и векторной диаграммы (см. рис.4).

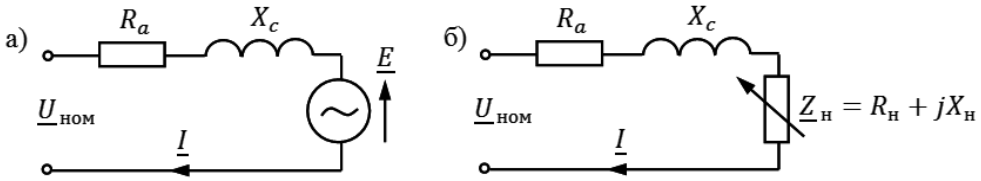


Рис. 3 Схемы замещения СД

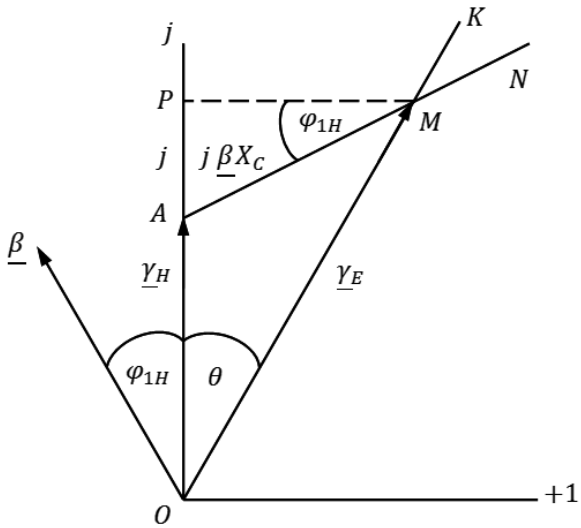


Рис. 4 Векторная дианарамма СД

 ISSN 2076-2887

Построение последней выполняется в следующей последовательности:

- на оси ординат откладывается вектор относительного значения напряжения сети $\underline{\gamma}_E$ (отрезок ОА), модуль которого принимается равным условной единице;

- с учетом, например, опережения и со сдвигом на угол $\varphi_{1НОМ}$ от γ_E проводится вектор относительного значения тока $\underline{\beta}_{НОМ}$, также равный условной единице;

- со сдвигом под углом $\theta_{НОМ} = 30^O$ и по часовой стрелке от вектора $\underline{\gamma}_{НОМ}$ проводится луч ОК;

- перпендикулярно вектору относительного тока $\underline{\beta}_{НОМ}$ через точку А проводится луч AN, который пересечется с лучом ОК в точке М.

Полученный в итоге треугольник ОАМ есть треугольник относительных значений напряжения. Одна из его сторон (а именно ОА) известна и равна единице. Значения сторон ОМ и АМ (они же γ_E и $\beta \overset{*}{x}_C$) для номинального режима работы находятся в результате решения следующей системы уравнений:

$$\gamma_E \cos\theta_{НОМ} - \beta \overset{*}{x}_C \sin\varphi_{1НОМ} = 1$$

$$\gamma_E \sin\theta_{НОМ} = \beta \overset{*}{x}_C \cos\varphi_{1НОМ}$$

В итоге получим

$$\gamma_E = \frac{\cos\varphi_{1НОМ}}{\cos(\theta_{НОМ} + \varphi_{1НОМ})}; \ \beta \overset{*}{x}_C = \frac{\gamma_E \sin\theta_{НОМ}}{\cos\varphi_{1НОМ}}.$$

Поскольку относительное значение тока при номинальном режиме работы СД равно единице, то последнее соотношение может восприниматься как величин

Описанный прием приемлем и при режимах отличных от номинального. Поэтому, избрав дискретность изменения θ, равной, например, пять градусов и приняв допущение о неизменности угла $\varphi_{1НОМ}$ (аппаратная реализация этого условия с технической стороны не представляет труда), можно рассчитать значения γ_E для всех намеченных углов θ. Делением $\beta \overset{*}{x}_C$ на установленное значение $\overset{*}{x}_C$ найдем величину β.

Тогда открывается возможность определения относительного значения потребляемой мощности p_1 и коэффициента полезного действия η.

В итоге все параметры и показатели работы схемы рис.3а становятся известными.

Однако схема замещения рис.3а резко отличается от аналогичных для других электрических двигателей отсутствием нагрузочного сопротивления, выступающего в роли эквивалента механической мощности на валу. Этот контраст можно устранить, если воспользоваться теоремой компенсации. Тогда изображение схемы замещения при условии опережающего тока примет вид (см. рис.3б). Величину $\overset{*}{R}_{Н.НОМ}$ найдем, обратившись к уравне- нию энергетического баланса номинального режима:

$$U_{НОМ} I_{НОМ} \cos\varphi_{1НОМ} \cdot \eta_{НОМ} = I^2_{НОМ} R_{НОМ},$$

которая окажется равной произведению $\cos\varphi_{1НОМ} \cdot \eta_{НОМ.}$ Тот же параметр, но для любого другого выбранного режима найдется по соотношению:

$$\overset{*}{R}_H = \frac{p_2 \overset{*}{R}_{H.ном}}{\beta^2}.$$

Результаты расчетов, выполненных согласно приведенной методике, имеет смысл свести в таблицу, составленную, например, в виде таблицы 2,

Таблица2

$\theta, град$	0	5	10	15	20	25	30	35
$\psi, град$	26	31	36	41	46	51	56	61
μ_θ	0	0,087	0,174	0,26	0,342	0,423	0,5	0,574
β	0	0,114	0,24	0,384	0,553	0,751	1,0	1,326
μ	0	0,174	0.35	0,52	0.68	0,845	1,0	1,15
p_2	0	0,174	0,35	0.52	0,68	0,845	1,0	1,15
p_1	0	0,274	0,45	0,62	0,79	0,96	1,11	1,3
$\overset{*}{R}_H$	∞	10,84	4,92	2,85	1,8	1,21	0,81	0,53
η	0	0,635	0,78	0,84	0,86	0,88	0,9	0,88

а затем на их основе построить семейство угловых характеристик (см. рис.5).

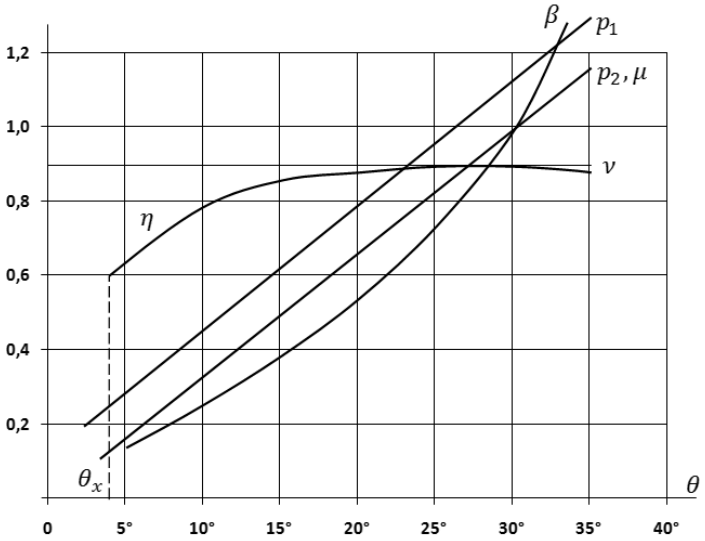


Рис. 5 Семейство угловых характеристик

Располагая таким материалом, обычным перестроением можно получить семейство рабочих характеристик (см. рис.6).

Однако при выполнении этой операции придется столкнуться со следующим обстоятельством, Дело в том, что в режиме реального холостого хода угол θ отличается от нуля и составляет величину $\theta_X = (3\text{-}5)^0$. Но в таком случае окажется, что в режиме х.х. μ и p_2 также отличны от нуля и равны μ_X и p_{2X}, что не соответствует смысловому содержанию рабочих характеристик. Эта некорректность обусловлена допущениями, которые приняты при анализе синхронных машин и устраняется снижением всех последующих фиксированных значений μ и p_2 соответственно на μ_X и p_{2X}.

Работа по построению U- образных характеристик выполняется в следующей последовательности:

 ISSN 2076-2887

-оговаривается диапазон и дискретность возможных изменений угла φ, количество кривых и принадлежность каждой кривой к конкретному значению потребляемой мощности;

-находится относительная величина тока якоря и тока возбуждения для всех избранных значений потребляемой мощности и угла φ;

- составляется таблица полученных результатов и выполняется построение семейства характеристик.

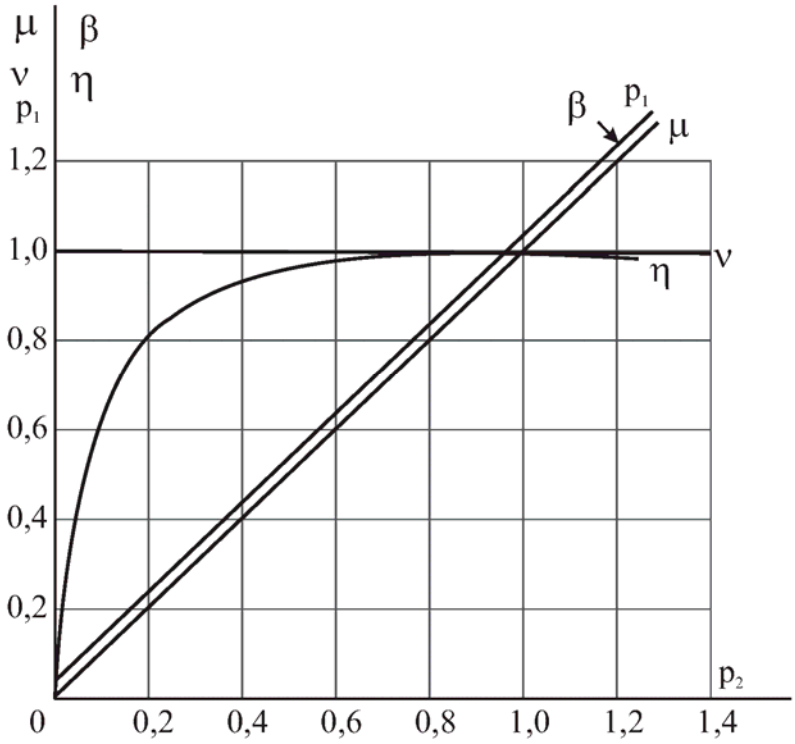


Рис.6 Семейство рабочих характеристик

Для иллюстрации приведем конкретный пример. Пусть требуется построить семейство U – характеристик, состоящее из пяти кривых и охватывающее диапазон потребляемых мощностей от режима холостого хода до номинальной нагрузки при границах изменения угла φ от -60^0 до $+60^0$.

Выбираем дискретность изменения угла φ и принадлежность кривых следующим значениям потребляемой мощности: холостой ход и (0,25; 0,5; 0,75; 1,0) $P_{1НОМ}$, полагая, что все показатели номинального режима, оговоренные в каталогах, сохраняются.

Начнем с определения положения точек экстремума кривых, отвечающих условию $\varphi = 0$. Учтем, что в таком случае по обмотке якоря будет протекать чисто активный ток, относительное значение которого β_a, например, для номинального режима окажется равным $\cos\varphi_{НОМ}$. Абсцисса экстремума или относительная величина тока возбуждения найдется через определение γ_E по векторной диаграмме рис.4, где треугольник ОАМ окажется прямоугольным и потому

$$\gamma_E = \sqrt{1 + (\beta_a \overset{*}{x}_C)^2} \ ;$$

затем по спрямленной характеристике холостого хода устанавливается относительное значение тока возбуждения i_B.

Экстремумы остальных кривых находятся по аналогичной методике с учетом отличий по потребляемой мощности. Что же касается режима холостого хода, то согласно [5] здесь потребляемая мощность составит примерно 7% от мощности номинального режима, т.е. β_a будет равно $0{,}07 cos\varphi_{НОМ}$.

При φ отличных от нуля поиск β и γ_E ведется по соотношениям:

$$\beta = \frac{\beta_a}{\cos\varphi}; \quad \gamma_E = \sqrt{1 + (\beta \cdot \overset{*}{x}_C)^2 \pm 2\beta \cdot \overset{*}{x}_C \cdot \sin\varphi};$$

которые устанавливаются опять же из векторной диаграммы рис.4.

Результаты расчетов сводятся в таблицу, составленную, например, по форме таблицы 3, а затем строится искомое семейство U – образных характеристик.

Таблица 3

Расчет семейства U -образных характеристик

Значение φ (в градусах)	Опережение			Совпадение	Отставание		
	60	40	20	0	20	40	60
Показатели	Холостой ход						
β	0,08	0,052	0,042	0,04	0,042	0,052	0,08
γ_E	1,06	1,03	1,01	1	0,97	0,97	0,94
$\beta_в$	1,06	1,03	1,01	1	0,97	0,97	0,94
	$P_1 = 0{,}25 \cdot P_{1НОМ}$						
β	0,45	0,29	0,24		0,24	0,29	0,45
γ_E	1,36	1,18	1,09	1,02	0,98	0,85	0,68
$\beta_в$	1,36	1,18	1,09	1,02	0,98	0,85	0,68
	$P_1 = 0{,}5 \cdot P_{1НОМ}$						
β	0,9	0,58	0,48	0,45	0,48	0,58	0,9
γ_E	1,74	1,39	1,21	1,08	0,94	0,78	0,5
$\beta_в$	1,74	1,39	1,21	1,08	0,94	0,78	0,5
	$P_1 = 0{,}75 \cdot P_{1НОМ}$						
β	1,35	1,05	0,72	0,675	0,72	1,05	1,35
γ_E	2,13	1,75	1,36	1,16	0,98	0,82	0,59
$\beta_в$	2,13	1,75	1,36	1,16	0,98	0,82	0,59
	$P_1 = P_{1НОМ}$						
β	1,8	1,17	0,96	0,9	0,96	1,17	1,8
γ_E	2,52	1,85	1,52	1,28	1,07	0,86	0,88
$\beta_в$	2,52	1,85	1,52	1,28	1,07	0,86	0,88
Значение $\sin\varphi$ и $\cos\varphi$ для всех режимов							
$\sin\varphi$	0,87	0,64	0,34	0	0,34	0,64	0,87
$\cos\varphi$	0,5	0,7	0,94	1	0,94	0,77	0,5

 ISSN 2076-2887

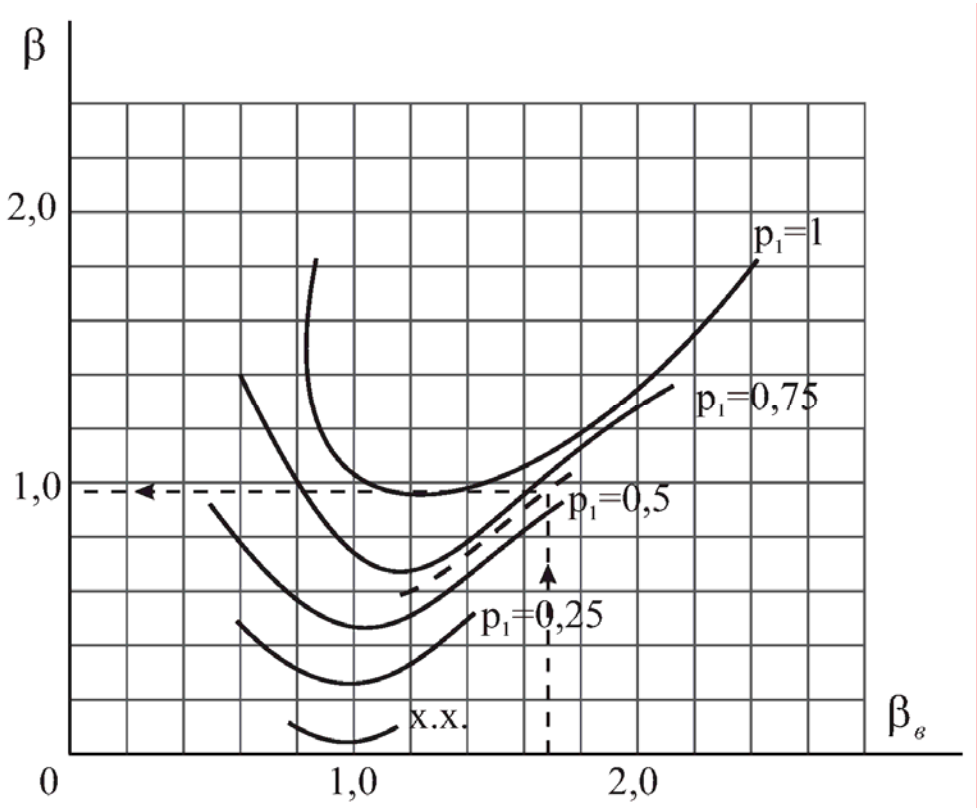


Рис. 7 Семейство U-образных характеристик СД

Выводы

1. Приведенных в каталогах данных на синхронные двигатели вполне достаточно для разработки алгоритма определения параметров схемы замещения и основных показателей работы, построения векторной диаграммы и характеристик.

2. Угол θ является удобным переменным параметром, в функции которого выгодно строить не только зависимость момента, но и остальные показатели: ток, мощность, к.п.д. и т.п., используя относительные значения. В таком случае процесс расчета семейства рабочих характеристик можно свести к операции перестроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Важнов А.И. Электрические машины. –Л.: “Энергия”, 1969, -с.767.
2. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. – Л.:” Энергия”, 1973, -с.647.
3. Петров Г.Н. Электрические машины. –М.:ГЭИ, 1963, -с.416.

УДК 004.378

НЕЧІТКІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ПРОГНОЗУ СТАНУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СТУДЕНТА

Носов П.С., Косенко Ю.І.

Вступ. Одним з найважливіших завдань професійної освіти є зміцнення зв'язку теоретичних знань з практичними спеціальними уміннями та навичками. Відомо, що кожен суб'єкт навчання оперує образами, складні образи формуються на основі асоціативних зв'язків властивостей раніше сформованих образів, згідно набутому рівню світосприйняття суб'єкта навчання. Спостереження свідчать, що студенти вищих технічних закладів не повною мірою ототожнюють інженерну підготовку зі своєю майбутньою професією. Це можна пояснити недостатньо вираженими зв'язками між інженерними і спеціальними дисциплінами, що ізолюють інженерну підготовку. У зв'язку з цим суттєво знижується не тільки рівень мотивації під час вивчення інженерних дисциплін, але і те, що значний клас понять, що розглядається в інженерних фахових дисциплінах практично не засвоюється.

Актуальність дослідження. Проблема, що склалася, може бути усунена насамперед викладачем, високий рівень педагогічної майстерності якого дозволяє постійно акцентувати увагу на ключових термінах, поняттях, принципах і пов'язувати їх з курсом спеціальної підготовки. Проте у більшості випадків сфокусувати належну увагу студентів на об'єктах вивчення інженерних дисциплін повною мірою не вдається. Таким чином, виникає суперечність між вимогами освітніх стандартів, принципів професійної освіти і дійсним рівнем інженерної підготовки студентів. Необхідність в рішенні позначеної суперечності вказує на актуальність даної проблеми.

Постановка задачі. Не дивлячись на наявні причини такої проблеми, першочергова складність вибору методології її рішення полягає у відсутності класифікації досліджуваних міждисциплінарних і міжоб'єктних зв'язків в рамках певної дисципліни або предметної області (ПрО). Відсутність вагових коефіцієнтів зв'язків, у свою чергу, не дозволяє об'єктивно оцінювати пріоритет відносин об'єктів вивчення. При цьому, відсутність інформаційної моделі студента (ІМС) не дає можливості проводити імітаційне моделювання в різних педагогічних ситуаціях, виконувати прогнозування можливих станів ІМС, що накладає невизначеність на навчальний процес в цілому.

Один з перших підходів рішення задачі класифікації міждисциплінарних зв'язків в даній проблемі був запропонований професором Растрігіним Л.А. і Эренштейном М.Х. [1]. Даний підхід базувався на побудові наближеної моделі знань суб’єкту навчання і адаптації до її властивостей для забезпечення найбільшої адекватності навчального процесу відповідно до індивідуальних когнітивних властивостей. Надалі цей підхід отримав назву – мультилінгвістична адаптивно-навчальна технологія (МЛ-технологія). Вказана технологія ґрунтується на моделюванні пам'яті суб’єкта навчання в навчальному процесі [2]. У МЛ-технології пам'ять суб’єкта навчання представляється у вигляді сукупності певної кількості термінів. Так, при вивченні 1-ої ПрО, внаслідок поетапного поповнення знань, в пам'яті генерується нова множина термінів $K_N = \{k_1,...,k_N\}$ і їх значень. При актуалізації *i*-го терміну в пам'яті виникають асоціації з його значенням: $K_E = \{k_1,...,k_E\}$. При вивченні 2-ої ПрО через певний проміжок часу в пам'яті формуються нові значення для нових термінів і правил, множина яких позначена як $K_G = \{k_1,...,k_G\}$. Множину значень 2-ої ПрО – *KG* частково перекриває множина значень 1-ої ПрО – *KE*, оскільки кількість елементів множини *KE* в залежності від часу після кінцевого етапу навчання зменшується. Не дивлячись на те, що результатом даного дослідження було знаходження функціональної залежності від часу засвоєння термінів, проте МЛ-технологія не враховує асоціативних зв'язків між термінами в рамках однієї ПрО. Крім того аналізувалися терміни – філологічні

 ISSN 2076-2887

синоніми, а не властивості образів.

Результати досліджень. Одним з шляхів знаходження причин певних дій студента – це розгляд ситуації в рамках системного підходу. При цьому, ситуацію необхідно описати з урахуванням проявів попередньої інтелектуальної діяльності студента і визначити функціональні залежності між концептами ПрО – навчальними елементами. Для цього необхідно виконати ряд наступних завдань:

1. Провести класифікацію і індексацію всіх навчальних елементів, в межах дисципліни, що вивчається.
2. Представити навчальні елементи у вигляді складних об'єктів, властивості яких відображаються у відповідних когнітивних властивостях (КВ) [3,4].
3. Визначити зв'язки між результатами рішення практичних завдань і КВ.
4. Визначити залежності зв'язків навчальних елементів у вигляді відносин КВ для окремо взятого студента.
5. Виконати композицію нечітких відносин КВ у вигляді кінцевої нечіткої множини.
6. Виділити класифікуючу нечітку множину професійних компетенцій студента з метою визначення схильності студента до напрямів майбутній професії. З метою наочності, розглянемо послідовність результатів виконання завдань відносно фрагменту інтелектуальної діяльності студента. Припустимо, що студент ініціалізував зв'язки між навчальними елементами відображені на рисунку 1. Композиція нечітких відносин $\underset{\sim}{R}_1 \circ \underset{\sim}{R}_3$, наведена у таблиці щодо множини навчальних елементів і тимчасових зрізів знань студента: $\underset{\sim}{\mathbf{X}}, \underset{\sim}{\mathbf{Y}}, \underset{\sim}{\mathbf{Z}}, \underset{\sim}{\mathbf{Q}}$.

R1∘R3	*q1*	*q2*	*q3*	*q4*	*q5*
1	0,3	0,6	0,4	0,6	0,2
2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
3	0	0,6	0	0,7	0
4	0	0,2	0	0,2	0

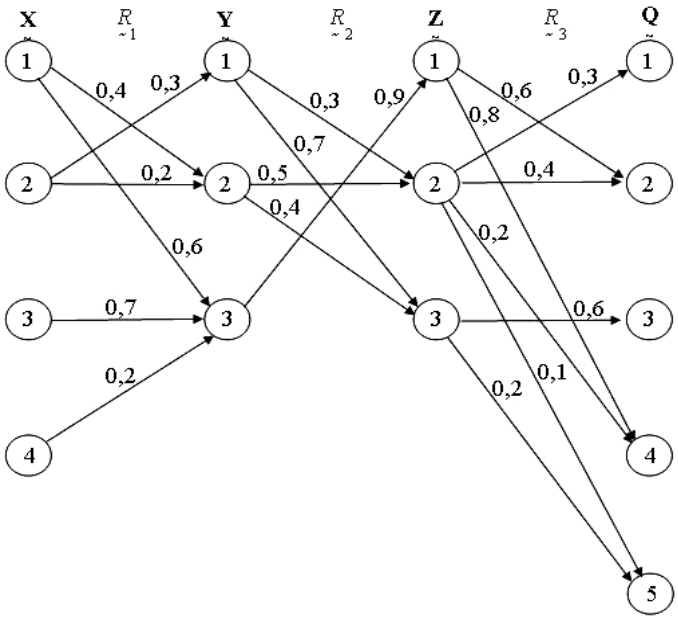


Рис. 1 Нечіткі відносини множини навчальних елементів

Таким чином, за допомогою (min-max) композиції можна відстежити зв'язки між навчальними елементами та їх вагові коефіцієнти. Під час аналізу зв'язків між навчальними елементами, представляється можливість визначити нечіткі відносини КВ конкретного

студента у вигляді нечіткого графа. Даний нечіткий граф є апроксимацією бінарного нечіткого відношення *K*, яке задається на базисній множині КВ і КВ', $K = \{< кв_i, кв_j >, \mu_K(< кв_i, кв_j >)\}$, де $\mu_K(< кв_i, кв_j >)$ – функція приналежності бінарного нечіткого відношення, яка визначається як відношення $\mu_K : KB \times KB' \to [0,1]$, а через $< кв_i, кв_j >$ позначений кортеж з двох елементів, при цьому $кв_i \in KB$, $кв_j \in KB'$. Параметри нечіткого графа дають можливість визначити результуючі нечіткі відносини КВ окремого студента. Для цього необхідне декомпозувати кожен КВ щодо графа. Отримані нечіткі множини, проаналізуємо по індексу нечіткості $\eta(\underset{\sim}{KB}_i)$ (1).

$$\eta\left(\underset{\sim}{KB}_i\right) = \frac{4}{N}\sum_{i=1}^{N}\mu_{\underset{\sim}{KB}\cdot\underset{\sim}{KB}'}(x_i). \qquad (1)$$

Дані КВ студента вказують на відносини навчальних елементів інженерних і спеціальних дисциплін, утворюючи тим самим метадані – знання і правила, що визначають особливості моделі поведінки студента в навчальному просторі.

Наступним етапом дослідження є розробка формального апарату експертної системи для порівняння значень отриманих характеристик щодо бази знань професійних компетенцій. При розробці інтелектуальної експертної системи пропонується обрати нечітку модель. Це пов'язано з тим, що основна частина інформації про навчання студента може бути отримана експертним шляхом або у вигляді евристичних описів процесів. Первинний аналіз рівня інженерної підготовки студента може бути представлений декомпозицією підзадач по діагностиці окремих рівнів міждисциплінарних і міжоб'єктних взаємозв'язків.

Кожен такий рівень представляється у вигляді нелінійного об'єкту з множиною вхідних змінних $\{x_i\}, i = \overline{1,n}$ і однієї вихідної змінної $y = f_y(x_1, x_2, ..., x_n)$.

Для встановлення залежності між $\{x_i\}$ і *y* зручніше використовувати якісні терми з наступних терм-множин, заданих на універсальній множині, де $R_i = \{r_i^1, ..., r_i^{l_i}\}$ - терм-множина змінної $\{x_i\}, i = \overline{1,n}$ і $T = \{d_1, ..., d_m\}$ - терм-множина змінної *y*.

Для опису нечіткої бази знань пропонується застосувати алгоритм Мамдані [5] (2).

$$\bigcup_{p=1}^{k_j}\left[\bigcap_{i=1}^{n}\left(x_i = r_i^{jz}\right) \text{ з вагою } \omega_{jz}\right] \to y = d_j,\ j = \overline{1,m}, \qquad (2)$$

де r_i^{jz} - нечіткий терм, яким оцінюється значенням входу x_i,

t_j - нечіткий терм вихід, що описує *y*,

m - кількість термів, використаних для лінгвістичної оцінки вихідних даних,

$\omega_{jz} \in [0,1]$ - ваговий коефіцієнт правил з номером *jz*.

Алгоритм нечіткого логічного виводу залежить від функції приналежності $\mu^{r_i^{jz}}(x_i)$ входу $x_i \in [\underline{x_i}, \overline{x_i}]$ нечіткому терму, що представляє процес фаззифікації змінної x_i:

$$r_i^{jz} = \int_{\underline{x_i}}^{\overline{x_i}} \mu^{r_i^{jz}}(x_i) / x_i\ . \qquad (3)$$

У свою чергу фаззифікація змінної *y*, $t_j = \int_{\underline{y}}^{\overline{y}} \mu^{t_j}(y) / y$ здійснюється шляхом завдання функції приналежності $\mu^{t_j}(y)$ виходу $y \in [\underline{y}, \overline{y}]$ нечіткому терму-рішенню t_j. Ступінь приналежності $\{x_i\}$ нечіткому терму t_j з бази знань визначається системою рівнянь:

 ISSN 2076-2887

$\mu^{t_j}(x_i) = \mathrm{V}_{z=1}^{k_j}\left[\Lambda_{i=1}^{n}\mu^{r_i^{jz}}(x_i)\right], j=\overline{1,m}$ і визначається як (4):

$$\tilde{y} = \bigcup_{j=1}^{m}\int_{\underline{y}}^{\bar{y}}\min\left(\mu^{t_j}(x_i), \mu^{t_j}(y)\right)/\, y\,. \tag{4}$$

Процес дефаззифікації пропонується проводити методом центру ваги для всіх змінних: $y = \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y\mu_{\tilde{y}}dy / \int_{\underline{y}}^{\bar{y}}\mu_{\tilde{y}}dy$.

Описана нечітка модель передбачає подальшу оптимізацію із застосуванням навчальної вибірки в конкретних педагогічних ситуаціях, налаштовування моделі може здійснюватися як по структурі, так і по параметрах, залежно від стратегії застосування «м'яких обчислень» і еволюції ІМС. Така еволюція у рамках навчального процесу, передбачає зміну сталих взаємозв'язків навчальних елементів через зовнішні і внутрішні чинники. Через це, важливим етапом аналізу інженерної підготовки майбутніх фахівців – це вчасне виявлення тенденцій зміни зв’язків відносно навчальних елементів. Сигналом зміни таких зв’язків є симптоми, що повторюються, під час неспрацьовування визначених правил. Фіксація сигналів зміни зв’язків дозволяє класифікувати ІМС, визначити її приналежність до конкретної, ціле орієнтованої групи суб'єктів навчання. При цьому множина альтернатив в рамках навчального простору обмежена, оскільки існує максимум навчальних елементів певної інженерної дисципліни.

Враховуючи вищезазначене, представимо задачу знаходження приналежності студента до конкретної, ціле-орієнтованої групи суб'єктів навчання в термінах математичного апарату Парето-оптимальних альтернатив нечіткого відношення переваги.

Хай на універсальній множині альтернатив X задані відносини переваги $R_1, R_2, ..., R_m$, нечіткі з функціями приналежності $\mu_j(\xi_i, \xi_j)$, а також - вагові коефіцієнти відповідних відносин. Побудуємо згортку відносин $R_1, R_2, ..., R_m$ у вигляді перетину $\vartheta_1 = \bigcap_{j=1}^{m} R_j$, з функцією приналежності (5):

$$\mu_{Q_1}(\xi_i, \xi_j) = \min\left\{\mu_1(\xi_i, \xi_j), \mu_2(\xi_i, \xi_j), ..., \mu_m(\xi_i, \xi_j)\right\}. \tag{5}$$

Визначимо множину альтернатив що не домінують $\vartheta_1^{на}$ на множині (Σ, ϑ_1) (6).

$$\mu_{\vartheta_2}^{на}(\xi_i) = 1 - \sup_{\xi_j \in \Sigma}\left\{\sum_{j=1}^{m}\mu_{\vartheta_1}(\xi_i, \xi_j) - \mu_{\vartheta_1}(\xi_j, \xi_i)\right\}. \tag{6}$$

Використовуючи згортку критеріїв будуємо нечітке відношення переваги ϑ_2 (7):

$$\mu_{\vartheta_2}(\xi_i, \xi_j) = \sum_{j=1}^{m}\omega_j\mu_j(\xi_i, \xi_j), \sum_{j=1}^{m}\omega_j = 1, \omega_j \geq 0\,. \tag{7}$$

Знаходимо нечітку підмножину альтернатив що не домінують відносно ϑ_2 (8):

$$\mu_{\vartheta_2}^{на}(\xi_i) = 1 - \sup_{\xi_j \in \Sigma}\left\{\sum_{j=1}^{m}\mu_{\vartheta_2}(\xi_j, \xi_i) - \mu_{\vartheta_2}(\xi_i, \xi_j)\right\}. \tag{8}$$

Знаходимо перетин множин $\vartheta_1^{на}$ та $\vartheta_2^{на}$ і загальну множину альтернатив що не домінує $\vartheta_{на} = \vartheta_1^{на} \bigcap \vartheta_2^{на}$ з функцією приналежності $\mu_{на}(\xi_i) = \min\left\{\mu_{\vartheta_1}^{на}(\xi_i), \mu_{\vartheta_2}^{на}(\xi_i)\right\}$. Тоді раціональним вважатиметься вибір альтернатив з множини (9).

$$\Sigma_{на} = \left\{\xi_i^{+} : \mu_{на}(\xi_i^{+}) = \sup_{x}\mu_{на}(\xi_i), \xi_i \in \Sigma\right\}. \tag{9}$$

Визначивши рівень переваг студента, з'являється можливість у визначенні ймовірності переходу в один з проміжних станів ІМС: $G_i = f(\Sigma_{на})$.

G_0 – аналіз навчального простору;

G_1 – вибір стратегії навчання;

G_3 – тактика вивчення дисциплін згідно сформованим перевагам ІМС.

Згідно до теореми Колмогорова [6], отримуємо систему рівнянь (10):

$$\begin{cases} \dfrac{dG_0(\tau)}{dt} = -g_{01}G_0(\tau) + g_{10}G_1(\tau); \\ \dfrac{dG_1(\tau)}{d\tau} = -(\tau_{10} + \tau_{12})G_1(\tau) + \tau_{01}G_0(\tau); \\ \dfrac{dG_2(\tau)}{d\tau} = \tau_{12}G_1(\tau) - \tau_{21}G_2(\tau); \\ G_0(\tau) + G_1(\tau) + G_2(\tau) = 1;\ G_0(\tau) = 1, G_1(\tau) = 0, G_2(\tau) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Статичним рішенням даної системи рівнянь буде:

$$G_1 = \frac{g_{01}}{g_{10}}, \quad G_2 = \frac{g_{01}g_{12}}{g_{21}g_{10}}.$$

Таким чином на базі марківських дискретних однорідних ланцюгів з'являється можливість виконати оцінку ймовірності переходу ІМС в нові стани з урахуванням індивідуальних особливостей і інтересів студентів до навчальних дисциплін.

Висновки. У даній роботі розглянуті основні принципи і комбінації застосування математичних моделей спрямованих на вирішення проблеми виявлення зв'язків між інженерними і спеціальними дисциплінами в ході підготовки студентів. Використання моделей спрямоване на формалізацію і упорядковування бази знань ІМС. Застосування експертної системи підтримки прийняття рішень дасть можливість зменшити суб'єктивний вплив на підготовку студентів, а також підвищити інформативність навчального процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Растригин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. – Рига: Знание, 1988.– 160 с.

2. Ковалев И.В., Ступина А.А., Суздалева Е.А. Информационно-алгоритмическое обеспечение мультилингвистической обучающей технологии. Материалы 4-й региональной НМК «Современное образование: массовость и качество». Томск: ТГУСУР. 2001. С. 98–99.

3. Солсо Р. Когнитивная психология. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 589 с.

4. Носов П.С., Яковенко О.Є, Тонконогий В.М. Використання компонентів мислення експертними системами, як фактору адаптивного впливу в автоматизованих навчальних системах // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса: ОНПУ, 2005. – Спецвыпуск. – С. 101–105.

5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATHLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.— 736 с.

6. Портенко Н.И., Скороход А.В., Шуренков В.М. Марковские процессы // Итоги науки и техники. Современные проблемы математики. М. — ВИНИТИ, 1989. — 248 с.

УДК 519.6:681.3

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГАЗОВОЇ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ

Ладієва Л.Р.

Для отримання чистої і надчистої води з вод різної солоності, очистки стічних вод, концентрування солей з промислових вод застосовується метод мембранної дистиляції. Розглянута мембранна дистиляція через паровий прошарок, в якій на відміну від контактної мембранної дистиляції, пара за приймаючою стороною мембрани конденсується на охолоджуваній поверхні, яка знаходиться на певній відстані від мембрани. Повітря в порах мембрани перешкоджає дифузії водяної пари і зменшує її потік через мембрану. При малих розмірах пор, коли переважає кнудсенівська дифузія, вилучення повітря приводить лише до незначного збільшення потоку. Для мембран з більшими розмірами пор таким чином можна реально збільшити потік пари і знизити тепло переніс через мембрану. Газова мембранна дистиляція забезпечує отримання чистої води, також може застосовуватись для термолабільних розчинів при забезпеченні заданого перепаду температур ($\Delta\Theta$=30-40 К) при низькій температурі холодоагенту.

При створенні математичної моделі процесу газової мембранної дистиляції (Рис.1) використали підхід застосований при розробці математичної моделі процесу контактної мембранної дистиляції.

В літературі досліджувались математичні моделі, в яких описується механізм тепло – та масо переносу. В цих моделях розглядається вплив на процес дифузійного переносу пари, який характеризується режимами течії: молекулярною, кнудсенівською і перехідним. Розроблені математичні моделі процесу мембранної дистиляції, які враховують вплив гідродинаміки течії розчину, розмірів і характеристик мембран, температурних режимів на питомий масовий потік пари через мембрану [1], температурної поляризації на продуктивність процесу [2], зміни проникності мембрани [3]. В цих моделях механізм переносу тепла через мембрану з парою і через структуру мембрани описувався в граничних умовах для потоків розчину і дистиляту і без врахування зміни швидкості і температури пари в порах мембрани.

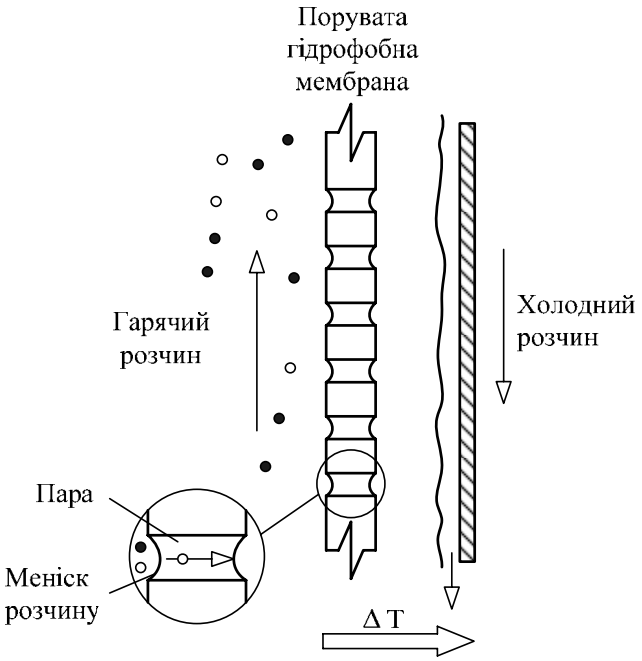


Рис. 1 Схема газової мембранної дистиляції

Система рівнянь гідродинаміки і тепло масообміну для потоків рідини в каналах, що включає рівняння нерозривності, руху, концентрації (для розчину солі) і тепло масообміну:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \rho}{\partial \tau} + \nabla(\rho \mathbf{V}) = 0; \\ \dfrac{\partial \mathbf{V}}{\partial \tau} + (\mathbf{V} \cdot \nabla)\mathbf{V} = -\dfrac{1}{\rho}\nabla P + \dfrac{\mu}{\rho}\Delta \mathbf{V} + [\beta_T (T - T_0) + \beta_c (c - c_0)] g_y; \\ \dfrac{\partial c}{\partial \tau} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) c = D_s \Delta c; \\ \dfrac{\partial T}{\partial \tau} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) T = \chi \Delta T + D_s (\nabla c \cdot \nabla T); \end{cases} \quad (1)$$

де $\nabla = \left(\dfrac{\partial}{\partial x}, \dfrac{\partial}{\partial y}, \dfrac{\partial}{\partial z}\right)$ - оператор Гамільтона; $\Delta = \left(\dfrac{\partial^2}{\partial x^2}, \dfrac{\partial^2}{\partial y^2}, \dfrac{\partial^2}{\partial z^2}\right)$ – оператор Лапласа; ρ- густина, кг/м^3; τ – час, с; $\mathbf{V} = (u, v, w)$ – вектор швидкості, м/с; u, v, w – проекції швидкості на вісі Ox,Oy,Oz відповідно; P – тиск, Па; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с; $\beta_T = -\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \rho}{\partial T}$ – коефіцієнт об'ємного температурного розширення, К$^{-1}$; $\beta_c = -\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \rho}{\partial c}$ – коефіцієнт об'ємного концентраційного розширення; T_0 – температура навколишнього середовища, К; c – концентрація солі, кг/кг; c_0 – рівноважна концентрація; g_y – прискорення вільного падіння, м/с^2; D_s – коефіцієнт дифузії, м^2/с; χ – коефіцієнт температуропровідності, м^2/с.

Система рівнянь гідродинаміки і тепло масообміну для потоку пари в мембрані, що включає рівняння нерозривності, руху з урахуванням закону Дарсі і тепло масообміну.

$$\begin{cases} \gamma \dfrac{\partial \rho}{\partial \tau} + K\nabla(\rho \mathbf{V}) = 0; \\ \gamma \dfrac{\partial \mathbf{V}}{\partial \tau} + K(\mathbf{V} \cdot \nabla)\mathbf{V} = \gamma \dfrac{J_w \mathbf{V}}{\delta \rho} + \dfrac{\mu_e}{\rho} K \Delta \mathbf{V} + \beta_T (T - T_0) \gamma g_y; \\ \gamma \dfrac{\partial T}{\partial \tau} + K(\mathbf{V} \cdot \nabla) T = \chi_e K \Delta T; \end{cases} \quad (2)$$

де γ – коефіцієнт об'ємної поруватості мембрани; К – коефіцієнт поверхневої поруватості мембрани; J_w – проникність мембрани по пару, кг/(м^2·с); $1/J_w$ – коефіцієнт опору потоку пари у поруватому середовищі (мембрані), (м^2·с)/кг); μ_e – ефективний коефіцієнт динамічної в'язкості пари, Па·с; χ_e –ефективний коефіцієнт температуропровідності пари, м^2/с.

У порівнянні з контактною мембранною дистиляцією змінені граничні умові для мембрани і холодного розчину:

$$-\lambda_M \left.\frac{\partial \Theta_M}{\partial y}\right|_{y=l_p+\delta} + J_w r - J_w c_k \Theta_k - k(\Theta_k - \Theta_X) = 0 \quad (3)$$

$$-\lambda_X \left.\frac{\partial \Theta_X}{\partial y}\right|_{y=l_p+\delta+\delta_з+\delta_{ст}} = k(\Theta_k - \Theta_X)$$

де $\Theta_V, \Theta_X, \Theta_k$ - відповідно температура мембрани, холодного розчину і конденсату пари, К; r- теплота пароутворення, Дж/кг; c_k - теплоємність конденсату, Дж/(кг·К); k- коефіцієнт теплопередачі через стінку, на якій конденсується пара, Вт/(м^2·с); $l_p, \delta, \delta_з, \delta_{ст}$ - відповідно

 ISSN 2076-2887

висота каналу розчину, товщина мембрани, відстань між мембраною і стінкою, яка охолоджується і товщина стінки, м.

При розрахунку порувата структура мембрани представлялась системою паралельних капілярів однаковим радіусом $r = 0{,}12 \cdot 10^{-6}$м, товщиною мембрани $\delta = 0{,}4 \cdot 10^{-3}$м, коефіцієнтами поруватості $\varepsilon = 0{,}8$ і звивистості $\gamma = 0{,}2$. Площа перерізу каналу мембрани складала $\bar{d} = 0{,}024$м^2.

Система рівнянь (1) – (2) з граничними умовами (3) розв'язувались числовим пошаровим методом.

Методика чисельного розв'язку (1) – (3) побудована на основі методу кінцевих об'ємів (МКО)і алгоритмі сегрегації. В алгоритмі сегрегації основні рівняння розв'язуються послідовно. Цикл розв'язку відбувається ітераційно доти, поки не отримаємо збіжний числовий розв'язок.

Ітераційні кроки алгоритму сегрегації полягають в тому, що спочатку задані теплофізичні властивості розчину і дистиляту, градієнт тиску дорівнює нулю. Розв'язувались рівняння руху і знаходились швидкості U, V,W. Розв'язувалось рівняння нерозривності і уточнювались ці швидкості. Потім з рівнянь руху визначались $\frac{\partial p}{\partial x}$, $\frac{\partial p}{\partial y}$, $\frac{\partial p}{\partial z}$. Далі розв'язувались рівняння енергії для розчину.

Аналогічно знаходився розподіл швидкостей і температури пари вздовж пори мембрани, потім розрахунок проводився для каналу дистиляту.

Знаходились питомі витрати пари для температур пари у менісках пор і розподіл концентрації солі у каналі розчину.

Розрахунки по визначенню розподілу швидкостей і температур проведено при вихідних даних: температура розчину 333 К, дистиляту 303 К, швидкості потоку $\mu = 0{,}1\ ^{м}/_{с}$, коефіцієнту взаємної дифузії пари у повітрі $1{,}188 \cdot 10^{-5}\ ^{м^2}/_{с}$, коефіцієнту кнудсенівської дифузії $3{,}24 \cdot 10^{-5}\ ^{м^2}/_{с}$. Результати розрахунків наведено на рис.2 – 4.

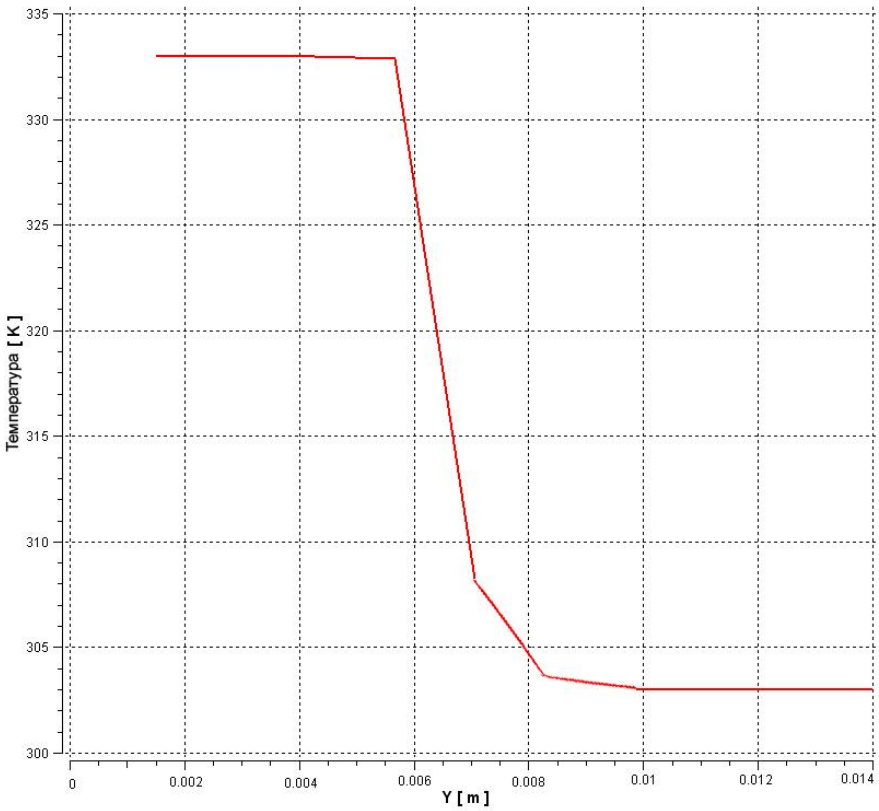


Рис. 2 Розподіл температур по висоті мембранного модуля при z=0,05 м

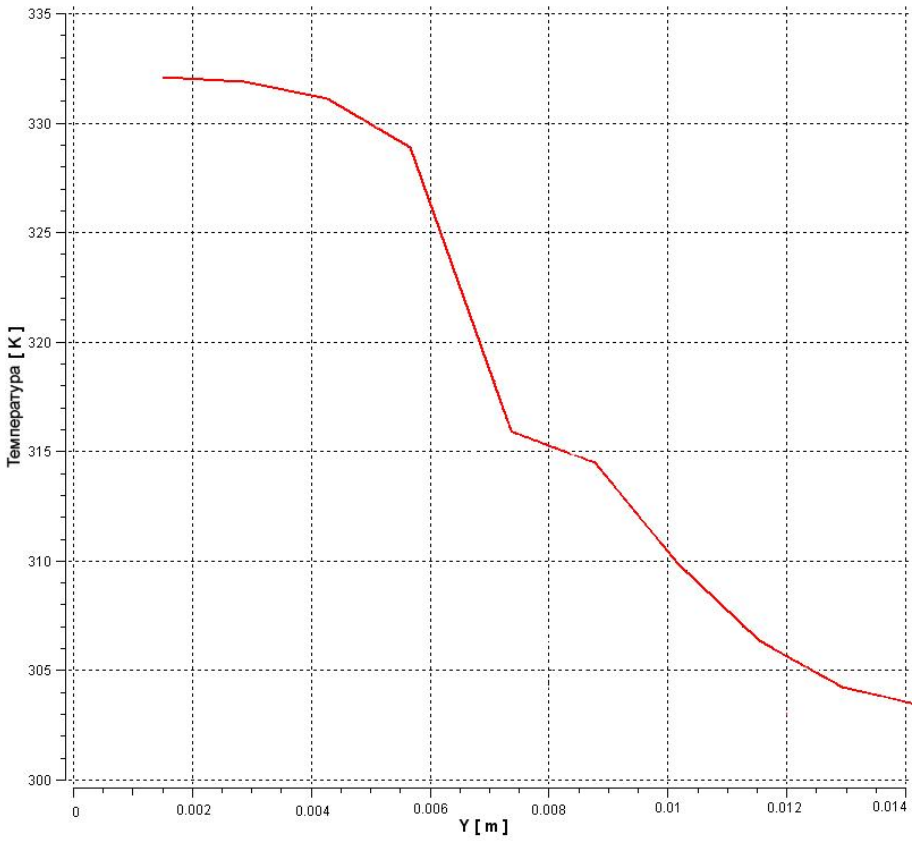


Рис. 3 Розподіл температур по висоті мембранного модуля при z=0,05м

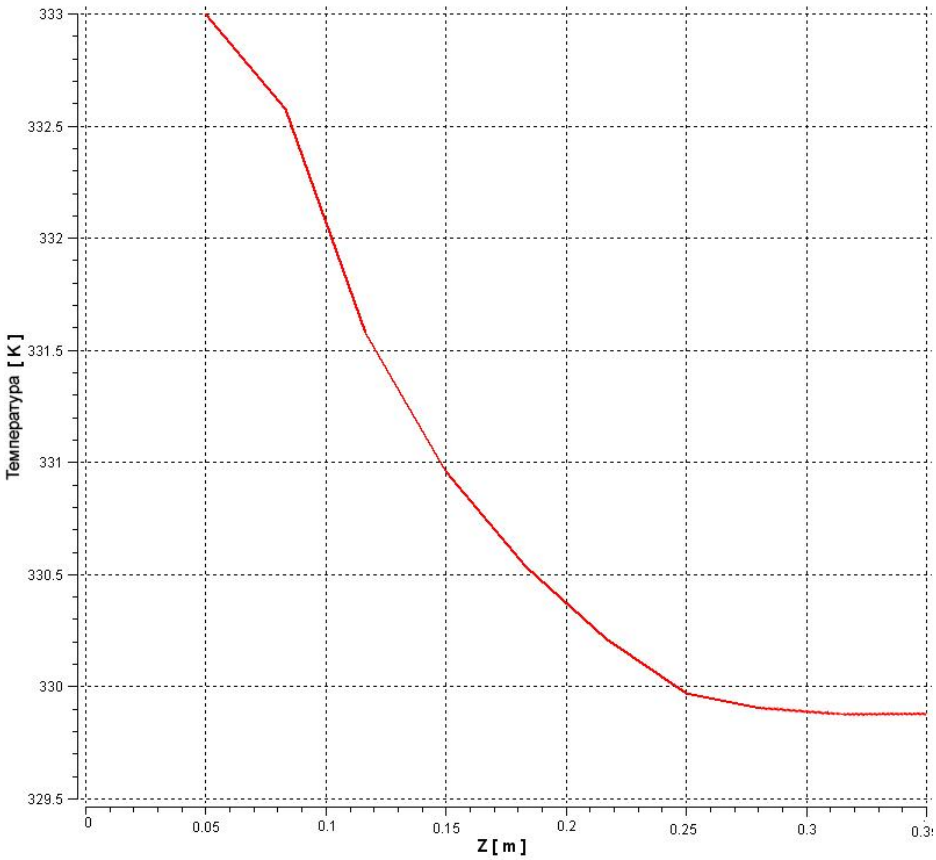


Рис. 4 Розподіл температур розчину по довжині каналу мембранного модуля

 ISSN 2076-2887

По довжині каналу збільшується температурна поляризація, що призводить до зменшення температури на гарячій поверхні мембрани. Перепад температур на мембрані стає меншим і зменшується відбір пари. Завдяки цьому температура розчину у другій половині каналу зменшується повільніше.

Висновки

Розроблена математична модель процесу газової мембранної дистиляції.. Отримано розподіл швидкостей і температур по каналам і мембрані модуля. На продуктивність процесу негативно впливає температурна і концентраційна поляризації. З часом роботи продуктивність мембрани падає через пошкодження селективного шару мембран, неоднорідність пор різного діаметра, утворення шару осаду.

Математична модель процесу може бути використана для постановки і розв’язку задач, що пов’язані з покращенням техніко-економічних показників установки процесу газової мембранної дистиляції, а також на етапі проектування нових установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Угрозов В.В. Математическое моделирование процесса контактной мембранной дистилляции в проточном модуле // ТОХТ.-1994.-т.28, №4.-с.375-380.

2. Ладієва Л.Р. Математична модель процесу контактної мембранної дистиляції/Л.Р. Ладієва, О.А. Жулинський//Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.-2004.-№2(14).-с.46-51.

3. Ладієва Л.Р. Математична модель динаміки процессу контактної мембранної дистиляції./Л.Р.Ладієва, О.А.Жулинський// Автоматизація виробничих процесів.-2005.-.№1(20).-с.19-21.

УДК 519.71

ОЦЕНКА МОДЕЛИ ПСЕВДОЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

Ляшенко С.А, Ляшенко А.С.

Введение. В производстве, относящемся к перерабатывающей отрасли свеклосахарного производства Украины, значительное место занимают вопросы эффективности производства. Эффективность производства заключается в получении наибольшего количества качественной производимой продукции (сахара, жома и т.д.), при одновременной минимизации расхода энергоресурсов (электричества, пара и т.д.) и использовании высокопроизводительного, безопасного оборудования и современных технологий.

Сахарное производство относится к сложным технологическим процессам, в котором участвуют большое количество разнообразного оборудования, работу которого необходимо контролировать с помощью автоматизированной системы управления технологическими процессами.

Так как в технологическом процессе получения сахара происходят сложные химические процессы, и имеется много производственных подразделения – диффузионное, дефекосатурационное, выпарное и кристаллизационное отделения, каждое из которых выполняет свои задачи в технологическом процессе, то объектом исследований является оборудование и производственные процессы, которые необходимо рассматривать как сложный динамический объект. Сложные динамические объекты характеризуются нелинейностью между входными и выходными параметрами в системе управления и нестационарностью процесса, так как в течение выполнения технологических операций происходит изменение параметров, а системе автоматизации необходимо контролировать и регулировать эти изменения в соответствии с требованиями технологии.

Для достижения поставленных целей используют в производстве автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), которые и позволяют минимизировать затраты и получить наибольший выход продукции. Современные системы автоматизации, в зависимости от потребностей производства, бывают одно, двух или трехуровневыми. Первый уровень в системе автоматизации присутствует в любом случае, так как производство не может осуществляться без наличия оборудования и арматуры. АСУТП включают в себя наличие всевозможного измерительного оборудования (датчики, расходомеры, манометры и т.д.), регистрирующего оборудования (амперметры, вольтметры и т.д.), управляющей техники (контроллеры, компьютеры и т.д.), исполнительного оборудования (электро-пневмопозиционеры, клапаны, заслонки и т.д.), а также программного обеспечения.

В перерабатывающем сахарном производстве огромное значение имеет соблюдение технологических режимов получения сахарной продукции, которые заключаются в поддержании температурных режимов, при которых осуществляется переработка сахарной свеклы в свекольную стружку, диффузионный сок, сироп и сахар. Кроме температурного режима для перерабатываемой продукции необходимо поддерживать в необходимых режимных диапазонах pH, соотношения свекловодной смеси, СО, высоту выпариваемой жидкости и т.д.

Для поддержания этих режимов необходимо, чтобы завод мог обеспечить технологию получения сахара необходимыми энергоресурсами (электричество и ретурный пар), а также переработка сырья при помощи оборудование должна осуществляться при соответствующих режимах.

Для регулировки и поддержания необходимых технологических режимов в сахарном производстве необходимо уделить внимание вопросам управления автоматизированной системой технологических процессов. Управление невозможно без знания математической модели процесса.

 ISSN 2076-2887

Среди существующих систем автоматического управления в последнее время наиболее эффективными для этих целей подходят системы управления, базирующиеся на нейросетевом подходе.

Решение задачи оптимизации предполагает наличие математической модели исследуемого процесса. Если данный процесс является стационарным либо квазистационарным, построение модели осуществляется с помощью нерекуррентных методов, в которых одновременно используется вся информация о процессе. При этом важным является наличие априорной информации о его свойствах и о статических свойствах присутствующих возмущений и помех. Отсутствие такой информации, а также нелинейность и нестационарность реальных процессов обусловливает применение адаптивного подхода для построения математической модели исследуемого процесса, при котором сложная нелинейная модель заменяется линейной моделью с переменными параметрами, уточняемыми по мере поступления новой информации. Используемые при этом алгоритмы коррекции параметров основаны, как правило, на методе наименьших квадратов (МНК) и представляют собой обычно некоторую разновидность рекуррентного МНК, отличающегося от стандартного РМНК наличием механизма оценивания важности вновь поступающей информации (наиболее часто в качестве такого механизма используется экспоненциальное взвешивание информации). С другой стороны, достаточно эффективным, но значительно более простым в реализации является алгоритм Качмажа.

Цель работы. Целью данной работы является разработка и исследование алгоритма оценивания, сочетающего в себе свойства алгоритмов Качмажа и РМНК с экспоненциальным взвешиванием информации.

Постановка задачи. Рассмотрим задачу оценивания параметров модели псевдолинейной регрессии

$$y(\kappa) = \theta^T(\kappa)x(\kappa) + \xi(\kappa), \tag{1}$$

где $y(\kappa) \in R^1, x(\kappa) \in R^N$ - входной и выходной сигналы исследуемого процесса соответственно; $\theta(\kappa) \in R^N$ - подлежащий оцениванию вектор в общем случае нестационарных параметров; $\xi(\kappa)$ - помеха измерения; $\kappa = 0, 1, 2, \ldots$ - дискретное время.

К виду (1) могут быть приведены различные уравнения, описывающие линейные и нелинейные процессы [1].

Использование в качестве минимизируемого функционала вида

$$J = \sum_{i=1}^{\kappa} \lambda^{\kappa - i} (y(\kappa) - y_м(\kappa))^2, \tag{2}$$

где

$$y_м(\kappa) = \theta^T(\kappa - 1)x(\kappa); \tag{3}$$

$\theta(\kappa - 1)$ - оценка вектора параметров $\theta(\kappa)$;

$\lambda \in (0,1]$ - параметр взвешивания информации,

приводит к РМНК с экспоненциальным взвешиванием информации

$$\theta(\kappa) = \theta(\kappa - 1) + \frac{P(\kappa - 1)x(\kappa)}{\lambda + x^T(\kappa)P(\kappa - 1)x(\kappa)} \cdot (y(\kappa) - \theta^T(\kappa - 1)x(\kappa)), \tag{4}$$

$$P(\kappa)=\frac{1}{\lambda}\left[P(\kappa-1)-\frac{P(\kappa-1)x(\kappa)x^T(\kappa)P(\kappa-1)}{\lambda+x^T(\kappa)P(\kappa-1)x(\kappa)}\right]. \tag{5}$$

Следует отметить, что выбор параметра λ представляет собой сложную задачу, так как эффективность данного алгоритма существенно зависит от этого единственного свободно выбираемого параметра [1,2].

Наличие операции вычитания в (5) может привести к тому, что алгоритм (4) – (5) станет неустойчивым. С целью улучшения его вычислительных свойств в ряде работ предлагалась его регуляризация. Так в работе [3] изучалась модификация РНМК, регуляризация которой осуществлялась выбором соответствующих начальных значений матрицы $P(0)$. Такой подход обосновывается тем, что рекуррентная оценка МНК и нерекуррентная совпадают в асимптотике, поэтому выбор подходящих начальных условий играет определяющую роль. В работе [4] предлагался алгоритм РМНК, в котором используется следующая процедура вычисления матрицы $P(\kappa)$:

$$P(\kappa)=\frac{1}{\lambda}P(\kappa-1)-\frac{P(\kappa-1)x(\kappa)x^T(\kappa)P(\kappa-1)}{1+x^T(\kappa)P(\kappa-1)x(\kappa)}+\beta\cdot I-\delta^2P(\kappa-1), \tag{6}$$

где $\beta>0$ - величина, соизмеримая с минимальным собственным значением матрицы $P(\kappa-1)$; $\delta^2>0$; I - единичная матрица.

Хотя введение матрицы $(\beta I-\delta^2P(\kappa-1))$ и обеспечивает повышение вычислительной устойчивости процесса оценивания, вопрос о выборе оптимальных значений β и δ^2 остается открытым.

Более простым и удобным в реализации является одношаговый алгоритм Качмажа [5]

$$\theta(\kappa)=\theta(\kappa-1)+\frac{y(\kappa)-\theta^T(\kappa-1)x(\kappa)}{\|x(\kappa)\|^2}\cdot x(\kappa), \tag{7}$$

не использующий операцию обращения (рекуррентного вычисления) матрицы P и являющийся более устойчивым по сравнению с (4) – (5). Однако если компоненты вектора x находятся вблизи машинного нуля, то величина $\|x\|^2$ может оказаться равной нулю или иметь очень малую точность, т.е. оценка, вычисляемая в соответствии с (7) будет не устойчивой.

Промежуточное место между алгоритмами (7) и (4) – (5) занимает алгоритм предложенный в работе [6]

$$\theta(\kappa)=\theta(\kappa-1)+\frac{y(\kappa)-\theta^T(\kappa-1)x(\kappa)}{r(\kappa-1)+\|x(\kappa)\|^2}\cdot x(\kappa). \tag{8}$$

и являющийся обобщением алгоритма [7]

$$\theta(\kappa)=\theta(\kappa-1)+\frac{y(\kappa)-\theta^T(\kappa-1)x(\kappa)}{1+\|x(\kappa)\|^2}\cdot x(\kappa). \tag{9}$$

Здесь $r(\kappa-1)=r(\kappa-2)+\|x(\kappa-1)\|^2$; $r(-1)=r(0)>0$; $\|\cdot\|$ - евклидова норма.

Рассмотрим алгоритм, сочетающий в себе свойства РМНК (4) – (5) и одношаговых алгоритмов (7) – (9).

 ISSN 2076-2887

Модифицированный алгоритм РМНК. Как видно из структуры алгоритмов, все они могут быть записаны в виде

$$\theta(\kappa) = \theta(\kappa-1) + r(\kappa)x(\kappa)(y(\kappa) - \theta^T(\kappa-1)x(\kappa)), \tag{10}$$

где $r(\kappa)$ - некоторый матричный или скалярный коэффициент усиления.

Рассмотрим выбор матричного коэффициента в виде

$$r(\kappa) = \alpha(\kappa)P + \beta(\kappa)P(\kappa), \tag{11}$$

где P - некоторая постоянная матрица; $P(\kappa)$ - матрица, аналогичная матрице, используемой в РМНК и вычисляемая следующим образом:

$$\begin{gathered} P^{-1}(\kappa) = \lambda P(\kappa-1) + \gamma x(\kappa)x^T(\kappa); \\ \alpha(\kappa) = (l(\kappa) + mx^T(\kappa)Px(\kappa))^{-1}; \\ \beta(\kappa) = (n(\kappa) + mx^T(\kappa)P(\kappa-1)x(\kappa))^{-1}; \\ l(\kappa) > 0\ ;\ \ \mathrm{n}(\kappa) > 0\ ;\ \ \lambda \in (0,1]. \end{gathered} \tag{12}$$

Как следует из (12), алгоритмы (4) – (5), (7) – (9) получаются из (11) соответствующим выбором параметров γ, $\mathrm{l}(\kappa)$, $\mathrm{n}(\kappa))$, m и матрицы P.

Запишем алгоритм (11) – (12) относительно ошибок оценивания $\tilde{\theta}(\kappa) = \theta(\kappa) - \theta$. Для анализа сходимости алгоритма выберем функцию Ляпунова вида

$$V(\kappa) = \tilde{\theta}^T(\kappa)(P^{-1} + P^{-1}(\kappa))\tilde{\theta}(\kappa), \tag{13}$$

и рассмотрим ее приращение

$$\begin{aligned} &\Delta V(\kappa) = V(\kappa) - V(\kappa-1) = \tilde{\theta}^T(\kappa)(P^{-1} + P^{-1}(\kappa))\tilde{\theta}(\kappa) - \\ &- \tilde{\theta}^T(\kappa-1)(P^{-1} + P^{-1}(\kappa-1)\tilde{\theta}(\kappa-1). \end{aligned} \tag{14}$$

Для сходимости алгоритма необходимо выполнение условия

$$\Delta V(\kappa) \le 0. \tag{15}$$

Подставив в (14) выражение для $\tilde{\theta}^T(\kappa)$ из (10) и приведя подобные, получим

$$\Delta V(\kappa) = (\lambda-1)\tilde{\theta}^T(\kappa)P^{-1}(\kappa-1)\tilde{\theta}(\kappa-1) + \gamma e^2(\kappa) + \Delta_1 V(\kappa) + \Delta_2 V(\kappa) + \Delta_3 V(\kappa),$$

где $e(\kappa) = y(\kappa) - \theta^T(\kappa-1)x(\kappa)$;

$$\begin{aligned} &\Delta_1 V(\kappa) = [-2\beta(\kappa)x^T(\kappa)AP(\kappa-1)P^{-1}\theta(\kappa-1) - \\ &- 2\lambda\alpha(\kappa)x^T(\kappa)PP^{-1}(\kappa-1)\theta(\kappa-1) + 2\alpha(\kappa)\beta(\kappa)de(\kappa) + \\ &+ \lambda\alpha^2(\kappa)x^T(\kappa)PP^{-1}(\kappa-1)Px(\kappa)e(\kappa) + 2\lambda^2\alpha(\kappa)\beta(\kappa)\omega(\kappa)ce(\kappa) + \\ &+ 2\alpha(\kappa)\beta(\kappa)\gamma\lambda\omega(\kappa)cde(\kappa) + \\ &+ \beta^2(\kappa)x^T(\kappa)AP(\kappa-1)P^{-1}P(\kappa-1)Ax(\kappa)e(\kappa)]e(\kappa); \end{aligned}$$

$$\Delta_2 V(\kappa) = [-2\alpha_n - 2\alpha_n\gamma c + \alpha^2 c + \gamma\alpha^2 c^2]e^2(\kappa);$$

$$\begin{aligned} &\Delta_3 V(\kappa) = [-2\lambda^2\beta(\kappa)\omega(\kappa) - 2\lambda\gamma\beta(\kappa)\omega(\kappa)d + \lambda^3\beta^2(\kappa)\omega^2(\kappa)d + \\ &+ \lambda^2\gamma\beta^2(\kappa)\omega^2(\kappa)d^2]e^2(\kappa); \end{aligned}$$

$$A = I - \gamma\frac{P(\kappa-1)x(\kappa)x^T(\kappa)P(\kappa-1)}{\lambda + \gamma x^T(\kappa)P(\kappa-1)x(\kappa)};$$

$$c = x^T(\kappa)Px(\kappa);$$
$$d = x^T(\kappa)P(\kappa-1)x(\kappa);$$
$$\omega(\kappa) = (\lambda + \gamma d)^{-1}.$$

После несложных, но громоздких преобразований можно получить, что алгоритм (11)-(12) сходится, т.е. неравенство (15) выполняется, если

$$\gamma l(\kappa) \le \frac{8}{2+\lambda\omega(\kappa)}; \ldots \gamma l(\kappa) \le \frac{3}{\lambda\omega(\kappa)}; \tag{16}$$

$$\gamma n(\kappa) \le \frac{8}{3}\lambda^2\omega(\kappa); \ldots \gamma n(\kappa) \le \frac{(4-\lambda\omega(\kappa))\lambda^2\omega(\kappa)}{3-2\lambda\omega(\kappa)}, \tag{17}$$

Из (16), (17) видно, что параметры $l(\kappa)$ и $n(\kappa)$ являются функциями времени и могут быть без труда вычислены, так как все входящие в данные условия величины либо известны (γ и λ), либо легко определяются $(\omega(\kappa))$. Оптимальные же значения этих параметров могут быть получены путём решения дополнительной оптимизационной задачи.

Выводы. В статье предложена и исследована модификация рекуррентного алгоритма МНК, представляющая собой комбинацию РМНК и алгоритма Гудвина-Ремеджа-Кейнеса. По аналогии с РМНК данный алгоритм обладает хорошими фильтрующими свойствами, а использование в нем дополнительной положительно определённой матрицы обеспечивает устойчивость процесса оценивания.

С целью обеспечения наибольшей скорости сходимости данного алгоритма, используемые в нем параметры $\lambda, \gamma, l(\kappa)$ и $m(\kappa)$ должны быть выбраны путём, например, минимизации функционала (13). Однако, как нетрудно заметить, получаемые при этом оптимальные значения этих параметров будут зависеть от наличия априорной информации о свойствах полезных сигналов и помех. Поэтому при практическом применении данного алгоритма следует пользоваться оценками этих параметров, получаемыми с помощью соответствующих рекуррентных алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975. – 683с.
2. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 541с.
3. Жуковский Е.Л., Липцер Р.Ш. О рекуррентном способе вычисления нормальных решений линейных алгебраических уравнений // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1982. – Т. 12. - №4. – с. 843-857.
4. Salgado M.E., Goodwin G.C, Middleton R.H. Modified least squares algorithm incorporating exponential resetting and forgetting // Int. J. Control. – 1988. – Vol. 47. - №2. – P.477 – 491.
5. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства. – М.: Энергия, 1975. – 375с.
6. Goodwin G.C., Ramadge P.J., Caines P.E. Discrete time multivariable adaptive control // IEEE Trans. Aut. Control. - 1978. - Vol. AC-25. - №2. – P.449 – 456.
7. Goodwin G.C., Sin K.S. Adaptive filtering prediction and control. - Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1984. – 540p.

 ISSN 2076-2887

УДК 65.011/012.45

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЕФЕКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ

Передерій В.І.

Постановка проблеми. Якість функціонування комп'ютерних систем та мереж багато в чому залежить від технічних рішень, прийнятих при їхньому проектуванні. Особливо велика їхня роль при відсутності можливості одержання кількісних оцінок і рішень проектування, на початкових етапах розробки. На початковій стадії проектування цільових комп'ютерних систем, виникає необхідність попереднього розрахунку їх характеристик ефективності для роботи в реальному часі, та умов максимально задовольняючих інформаційні потреби різного рівня користувачів. Класична структура комп'ютерних систем, як правило, складається з великої кількості цільових датчиків, пристроїв контролю та керування технологічними об'єктами, контролерів і т.д. (Рис.1).

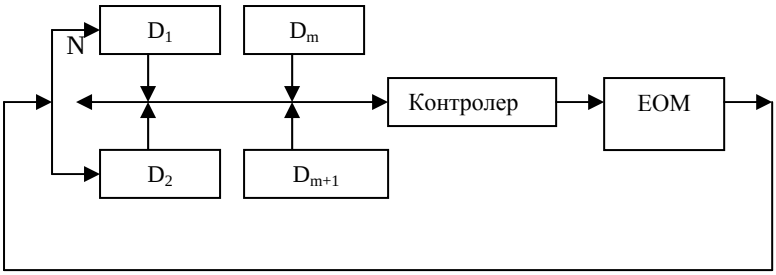


Рис. 1 Структурна схема системи

Викладення основного матеріалу. Для визначення характеристик ефективності таких систем доцільно використати модель замкнутої системи масового обслуговування.

Припустимо, що мається (m) працюючих пристроїв по обслуговуванню вимог, які можуть виходити з ладу за рахунок відмов і (N) каналів обслуговування цих вимог, за умови, що $N<m$ [1].

Тоді ймовірності станів такої системи можна описати наступними залежностями [2]:

$$P_k=\frac{\prod_{j=0}^{k-1}(m-j)}{k!}\rho^k P_0, \text{ де } (k=1,2,\ldots,N), \tag{1}$$

$$P_0=\left[1+\sum_{k=1}^{N}\frac{\prod_{j=0}^{k-1}(m-j)}{k!}\rho^k+\sum_{i=N+1}^{m}\frac{\prod_{j=0}^{i-1}(m-j)}{N!N^{i-N}}\rho^i\right]^{-1}. \tag{2}$$

Середня довжина черги:

$$M_{черг}=\sum_{k=N+1}^{m}\frac{(k-N)m!}{N^{k-N}N!(m-k)!}\rho^k P_0. \tag{3}$$

Коефіцієнт простою вимог в СМО:

$$K_{\text{пр}}=\frac{M_{черг}}{N}. \tag{4}$$

Середня кількість вимог у СМО:

$$M=\left(\sum_{k=1}^{N} kC_m^k\rho^k+\sum_{i=N+1}^{m} i\frac{m!}{N^{i-N}N!(m-i)!}\rho^i\right)P_0. \tag{5}$$

Середня кількість вільних каналів та коефіцієнт простою каналів:

$$M_{вільн}=\sum_{k=0}^{N}(N-k)C_m^k\rho^k P_0\ , \tag{6}$$

$$K_0=\frac{M_{вільн}}{N}\ . \tag{7}$$

Імовірність зайнятості каналів обслуговування:

$$P_{зайн}=1-P_0. \tag{8}$$

Абсолютна пропускна спроможність:

$$A=\mu P_{зайн} \tag{9}$$

Для автоматизації розрахунку зазначених параметрів розроблено програмне забезпечення в середовищі Visual C++, яке дозволяє визначати динамічні характеристики комп’ютерної системи в діалоговому режимі (рис. 2).

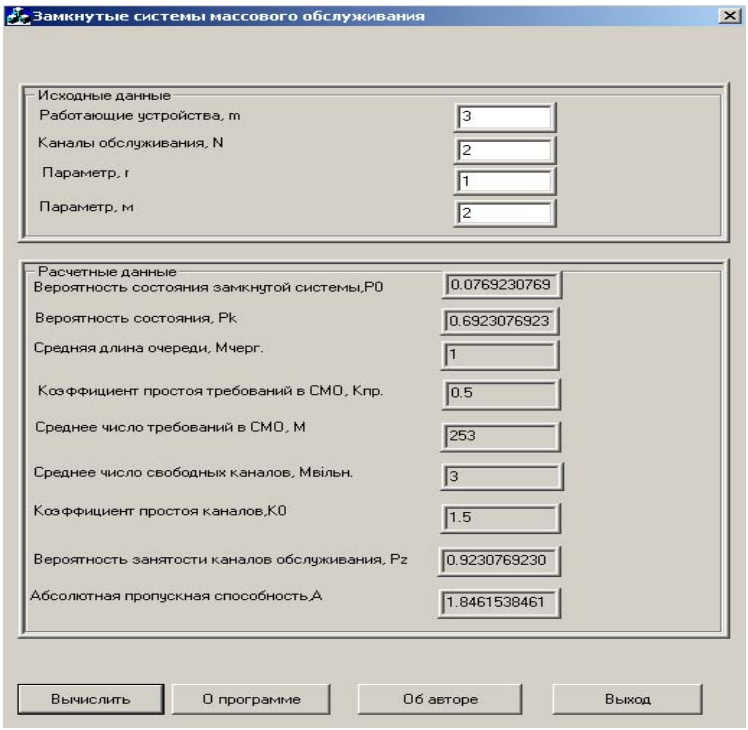


Рис. 2 Приклад діалогового вікна розрахунку параметрів

На базі отриманих результатів розроблено алгоритм який дозволяє візуально корегувати вхідні та вихідні характеристики комп'ютерних систем, отримуючи найбільш оптимальні рішення (рис.3).

 ISSN 2076-2887

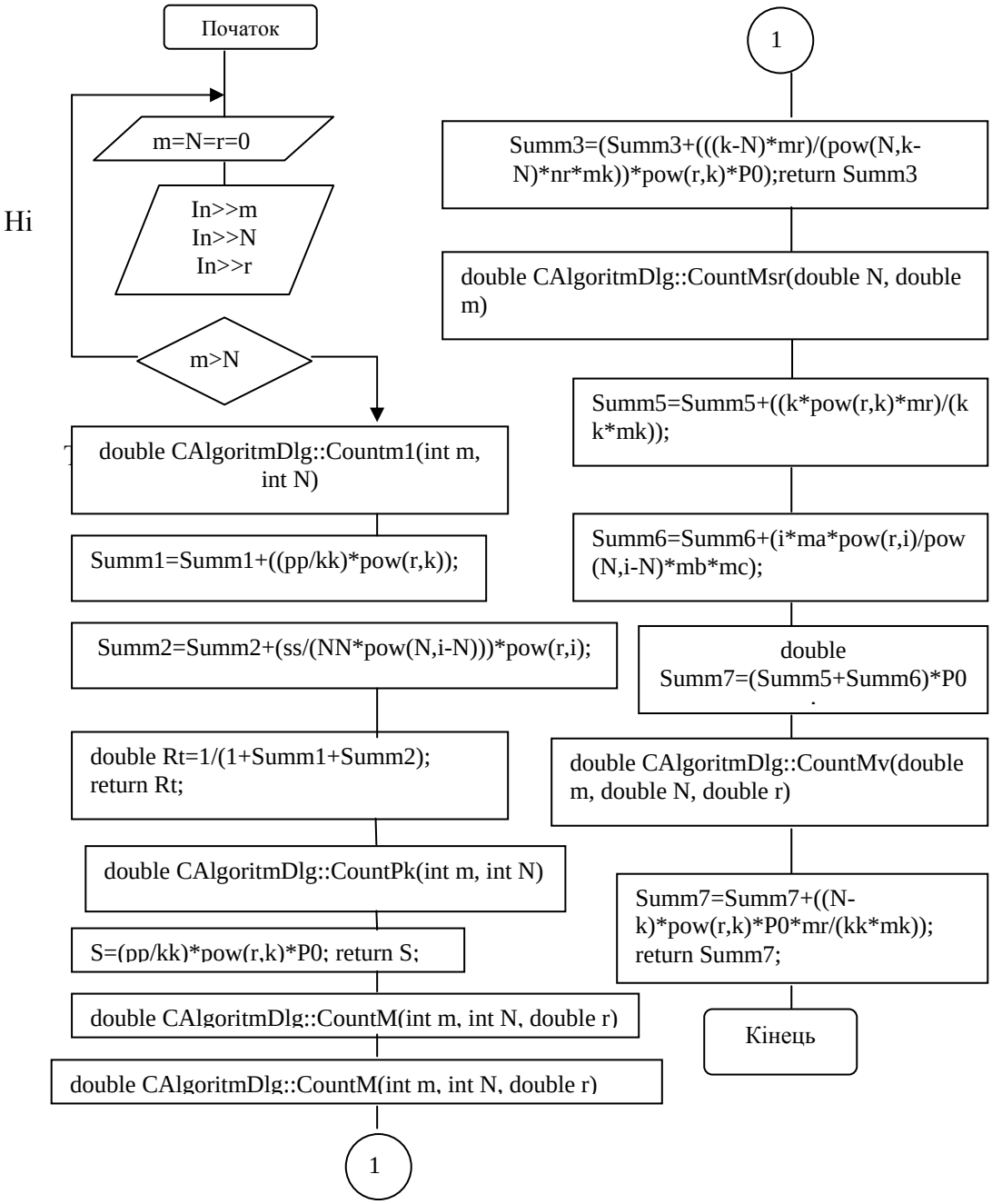


Рис. 3 Алгоритм розрахунку параметрів комп'ютерних систем

Після одержання розрахункових характеристик ефективності комп’ютерних систем з'являється необхідність у визначенні їх ступеня належності та оцінки значимості для користувачів різних рівнів [5].

Для цього доцільно застосувати теорію нечітких множин, де ступінь належності елемента множині може бути будь-яким числом одиничного інтервалу [0,1], що забезпечує можливість формалізації нечітких, "розмитих" понять, у яких перехід від неналежності до належності відбувається поступово.

Формалізація нечітких понять за допомогою теорії нечітких множин є значно плідною при розробці систем штучного інтелекту, для моделювання процесів мислення, визначення оцінок і прийняття рішень [4].

Значний інтерес у нечітких множинах представляє оцінка ступеня належності, що пов'язана із суб'єктивними критеріями експерта (користувача), що визначає нечітку підмножину.

Однак, якщо експерт (або група експертів) проводять багаторазові оцінки множини рівня й ступеня належності, виявляється можливим побудувати імовірнісну схему виявлення ступеня належності елементів. Нехай A – не чітка підмножина множини $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$. Нехай ступінь належності X нечіткій підмножині x відомі : $A(x_i) = a_i$. Множина a – рівня визначається: $A_a = \{x / A(x) \geq a, x \in X\}$, тобто A_a- чітка підмножина множини X, що містить всі елементи, ступінь належності яких не менш, ніж a . Нехай випадковим образом вибирається a є [0,1], потім елемент із відповідної множини a - рівня :

$$P\{\text{обраний елемент } x_i / A_j\} = \begin{cases} 0, x_i \in A_j, \\ 1/n_j, x_i \in A_j, \end{cases} \tag{10}$$

де n_j - число елементів в A_j . Тоді повна ймовірність вибору елемента x_i

$$P(x_i) = \sum_{j=1}^{n} p(x_i / A_j) * P(A_j), \tag{11}$$

де $P(A_j) = a_j - a_{j-1}$.

Звідси

$$\begin{gathered} P(x_1) = (1/n) \cdot a_1, \\ P(x_2) = P(x_1) + [1/(n-1)] \cdot (a_2 - a_1), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P(x_{n-1}) = P(x_{n-2}) + \frac{1}{2} \cdot (a_{n-1} - a_{n-2}), \\ P(x_n) = P(x_{n-1}) + (a_n - a_{n-1}). \end{gathered} \tag{12}$$

Передбачається, що, якщо $i \geq j$, то $a_i \geq a_j$, тоді $P_i \geq P._j$ З (12) можна одержати ступінь належності елементів до множини А :

$$\begin{gathered} a_1 = n \cdot (x_1), \\ a_2 = (n-1) \cdot P(x_2) + P(x_1), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_k = (n-k+1) \cdot P(x_k) + \sum_{i=1}^{k-1} P(x_i), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n-1} = 2P(x_{n-1}) + \sum_{i=1}^{n-1} P(x_i), \\ a_{n-1} = \sum_{i=1}^{n} P(x_i). \end{gathered} \tag{13}$$

Таким чином, якщо одержати оцінки ймовірності в правих частинах (13), то можна обчислити ступінь належності до множини А, використовуючи алгоритм систематичної вибірки рівневих множин /3/ :

1. З кожним x_i зв'яжемо величину T_i (начальне = нулю), та числу появ x_i у наступній схемі.

2.Розділимо одиничний інтервал на M частин (де M – об'єм вибірки). Позначимо цю множину S_i ,наприклад, для M = 20S = {1, 0,95, 0,9, ... 0,05}.

 ISSN 2076-2887

3. Виберемо випадковим випадком елемент a з S (без вороття).

4. Експерт, що визначає нечітку підмножину, повинен перелічити всі елементи, що відповідають обраному рівню a .

5. Якщо k - число елементів, включених у підмножину на кроці 4, то з кожною появою елемента в цьому рівні додати $1 / k$ до T_i

6. Повторити кроки 3-5 доти, поки не використаємо всі a в S.

7. Підрахувати $P(x_i)$; $P_i = T_i / M$.

8. Отримані оцінки ймовірностей упорядкувати по зростанню й, підставивши в (4), розрахувати ступінь належності елементів X до множини А.

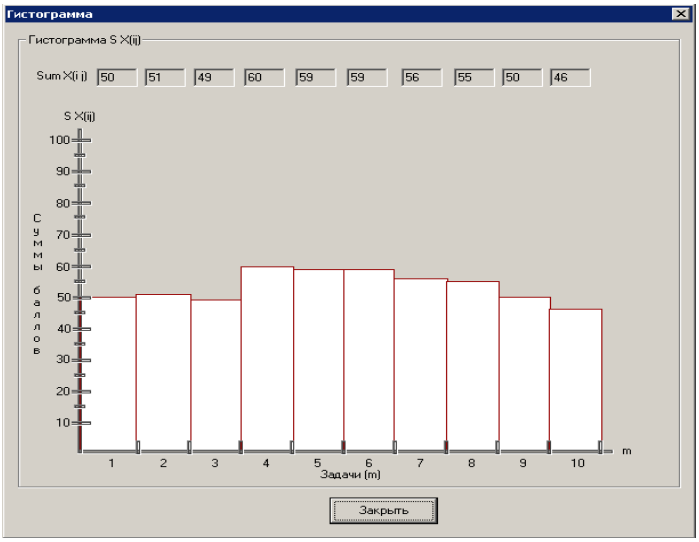


Рис. 4 Приклад результатів оцінки параметрів комп'ютерних систем експертами – користувачами

Висновки.

1. Процедури виявлень множин рівня й обчислення ступеня належності легко алгоритмуються для експертних оцінок в інтерактивному режимі. Процедура систематичної вибірки рівневих множин виявилася для багатьох експертів набагато прийнятніше, ніж спосіб прямого призначення ступенів належності в умовах невизначеності.

2.Наведена методика застосовувалася для оцінки значимості окремих параметрів комп’ютерних систем для користувачів різного рівня. При цьому виявлена менша ступінь залежності від непогодженості, одержаної від експертів (користувачів) де імовірнісний підхід стійко приводить до визначення ступеня належності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1998. 260с.

2. Б. Г. Тамм, М. Э. Пуусепп, Р.Р. Таваст, Анализ и моделирование производственных систем / Под общей редакцией Б. Г. Тамма. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191с.

3. Нечеткие множества и теория возможностей. Под редакцией С.М. Травкина. М.: Радио и связь, 1986 . 405 с.

4. Столлингс. Сучасні комп’ютерні системи та мережі; Санкт-Петербург 2003р; 2 видання.

5. Передерій В.І.Визначення та оцінка значимості параметрів комп’ютерних систем і мереж за допомогою теорії нечітких множин. // Збірник наукових праць НУК - №1,2007р.- С.34-36.

УДК 621.372.54.001.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ СРЕЗА УСТРОЙСТВА СГЛАЖИВАНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО

Войтенко В.В., Дикусар Е.В, Ситников В.С.

Современные системы управления работают в сложных условиях, когда на входе системы действует не только полезный сигнал, но и помеха, свойства которой могут изменяться в зависимости от режимов и условий эксплуатации системы. В этих условиях применяют поэтапную обработку входных сигналов. Поскольку полезная составляющая входного сигнала системы управления в основном сосредоточена в низкочастотной части спектра входных сигналов, то в качестве первичной обработки входного сигнала на входе системы используют фильтры нижних частот низкого порядка [1].

При распределенной обработке сигналов первичную обработку по возможности осуществляют непосредственно у места получения полезного сигнала. Такая постановка задачи позволяет повысить точность датчиков, учесть их особенности и облегчить фильтрацию входных сигналов в системе управления [2].

Широкое распространение, в качестве первичной обработки входных сигналов, получил метод сглаживания скользящего среднего [3, 4]. Это, прежде всего, связано с его простотой описания и легкостью управления его свойствами.

Пусть на вход системы управления поступает конечная последовательность дискретных значений $x[i]$, $i=\overline{1,L}$, представляющая собой аддитивную смесь полезного сигнала $y[i]$ и помехи $\varepsilon[i]$

$$x[i]=y[i]+\varepsilon[i].$$

Помеха $\varepsilon[i]$ имеет случайную природу с неизвестным законом распределения на интервале $[-\varepsilon_0,+\varepsilon_0]$ от 0 до частоты Найквиста. При этом случайная помеха $\varepsilon[i]$ имеет нулевое среднее значение $M\{\varepsilon\}=0$ и ее значения некоррелированы $M\{\varepsilon[i],\varepsilon[j]\}=0$, $i\neq j$, где $M\{\cdot\}$ − знак математического ожидания [3, 5].

В этих условиях, когда действует широкополосная помеха $\varepsilon[i]$, перекрывающая спектр полезного сигнала $y[i]$, применение фильтрации малоэффективно. Однако сглаживание позволяет оценить значения неизвестного зашумленного сигнала.

Алгоритм работы по методу скользящего среднего описывается уравнением нерекурсивного вида

$$\hat{y}[n]=\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}x[n-i], \tag{1}$$

где $\hat{y}[n]$ − оценка значений полезного сигнала $y[n]$;

N − ширина окна алгоритма сглаживания (количество отсчетов для сглаживания);

$x[n-i]$ − значения входной последовательности.

В работе рассмотрена задача определения частоты среза устройства сглаживания данных на основе метода скользящего среднего.

Преобразование алгоритма нерекурсивной формы (1) к рекурсивной форме позволяет алгоритм (1) записать в виде [1, 3]

$$\hat{y}[n]=\hat{y}[n-1]+\frac{1}{N}\left(x[n]-x[n-N]\right). \tag{2}$$

 ISSN 2076-2887

Применяя Z − преобразование к разностному уравнению (2) получим передаточную функцию скользящего среднего

$$H(z)=\frac{1}{N}\frac{1-z^{-N}}{1-z^{-1}}. \tag{3}$$

Подстановка $z^{-1}=e^{-j\overline{\omega}}$, где $\overline{\omega}$ - нормированная угловая частота, $\overline{\omega}\in[0,\pi]$ позволяет определить комплексную передаточную функцию $H(j\overline{\omega})$

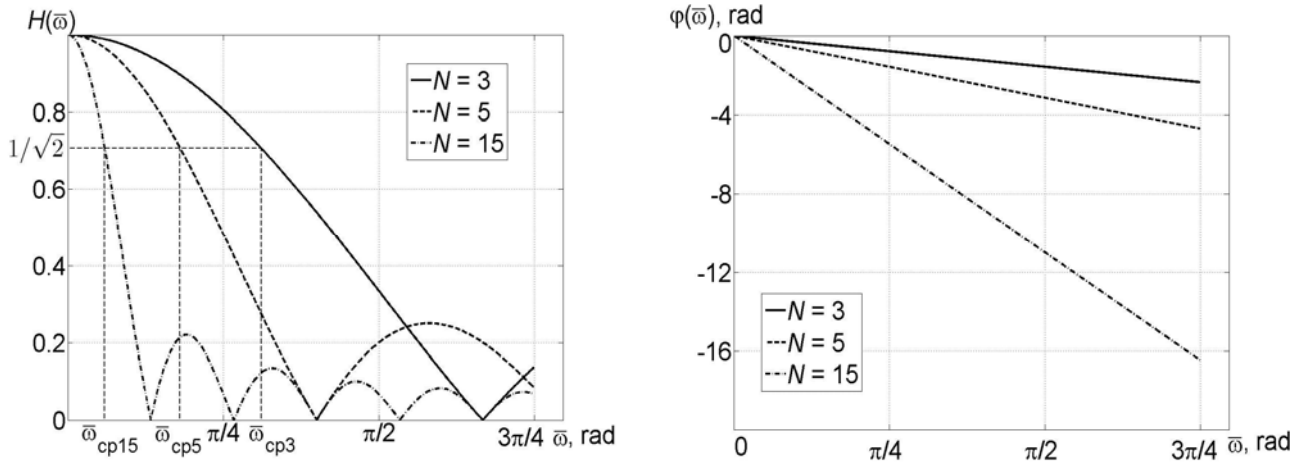
$$H(j\overline{\omega})=\frac{1}{N}\frac{\sin\left(\frac{\overline{\omega}}{2}N\right)}{\sin\left(\frac{\overline{\omega}}{2}\right)}e^{-j\frac{\overline{\omega}}{2}(N-1)},$$

где амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) $H(\overline{\omega})$

$$H(\overline{\omega})=\frac{1}{N}\frac{\sin\left(\frac{\overline{\omega}}{2}N\right)}{\sin\left(\frac{\overline{\omega}}{2}\right)}, \tag{4}$$

а фазо-частотная характеристика (ФЧХ) $\varphi(\overline{\omega})$, рис. 1

$$\varphi(\overline{\omega})=-\frac{\overline{\omega}}{2}(N-1). \tag{5}$$



а) б)

Рис.1 Амплитудно-частотные а) и фазо-частотные б) характеристики скользящего среднего при $N=3$, $N=5$ и $N=15$

Анализ свойств АЧХ и ФЧХ показывает, что при $N>10$ скорость спада АЧХ и ФЧХ пропорциональны половине ширины окна сглаживания $\frac{N}{2}$, т.е. с увеличением числа отсчетов, по которым осуществляется сглаживание, эффективность сглаживания возрастает. Увеличение ширины окна сглаживания N сужает основной лепесток АЧХ, однако уровень боковых лепестков существенно не уменьшается. Амплитуды боковых лепестков затухают обратно пропорционально первой степени частоте $\overline{\omega}$. Медленное затухание бо-

ковых лепестков ограничивает применение алгоритма сглаживания, когда требуется большое ослабление помехи в полосе задержания.

Следует также отметить, что устройство обработки на основе метода скользящего среднего имеет самый низкий уровень выбросов по фронту входного сигнала. Это позволяет сохранить характер входного импульса при наличии случайного белового шума. При обработке импульсных последовательностей реакция устройства от 0 до уровня максимальной амплитуды составляет величину равную NT_d, где T_d – период дискретизации.

Амплитудно-частотная характеристика с учетом того, что $\mathrm{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$ может быть записана в виде

$$H(\overline{\omega}) = \frac{\mathrm{sinc}\left(\frac{\overline{\omega}}{2}N\right)}{\mathrm{sinc}\left(\frac{\overline{\omega}}{2}\right)}.$$

Первый нуль АЧХ $\overline{\omega}_0$ определяется функцией $\mathrm{sinc}(\cdot)$ в числителе, когда аргумент $\frac{\overline{\omega}_0}{2}N = \pi$. Тогда частота первого нуля АЧХ $\overline{\omega}_0$ будет равна

$$\overline{\omega}_0 = \frac{2\pi}{N} \text{ либо } f_0 = \frac{f_d}{N} = \frac{1}{NT_d}, \tag{6}$$

где f_d – частота дискретизации, т.е. частота первого f_0 нуля обратно пропорционально временной длительности окна сглаживания NT_d.

Частота первого нуля $\overline{\omega}_0$ определяет ширину первого лепестка АЧХ. Однако для управления свойствами устройства сглаживания по методу скользящего среднего необходимо знать частоту среза $\overline{\omega}_c$. С увеличением N частота первого нуля $\overline{\omega}_0$ и частота среза $\overline{\omega}_c$ смещаются в низкочастотную часть спектра, рис.1. В инженерной практике частоту среза $\overline{\omega}_c$ обычно определяют эмпирически на уровне половины частоты первого нуля, $\overline{\omega}_c = \frac{\overline{\omega}_0}{2}$. Однако при таком значении частоты среза $\overline{\omega}_c$ эффективность устройства сглаживания на основе алгоритма скользящего среднего не очень высока, что обуславливает коррекцию этой частоты и соответственно ширину окна сглаживания N.

Частота среза $\overline{\omega}_c$ на уровне $\frac{1}{\sqrt{2}}$ определяется при решении уравнения

$$\frac{\sin\left(\frac{\overline{\omega}_c}{2}N\right)}{N\sin\left(\frac{\overline{\omega}_c}{2}\right)} = \frac{1}{\sqrt{2}}. \tag{7}$$

Трансцендентное уравнение (7) не может быть точно решено в общем случае. Для его приближенного решения и получения оценки частоты среза $\overline{\omega}_c$ воспользуемся численными методами.

Для преобразования левой части уравнения (7) воспользуемся формулой Муавра-Лапласа [6]

$$\cos(N\theta) + j\sin(N\theta) = \left(\cos(\theta) + j\sin(\theta)\right)^N, \tag{8}$$

 ISSN 2076-2887

а также, применяя к (8) формулу бинома Ньютона получим

$$\left(\cos(\theta)+j\sin(\theta)\right)^N=\sum_{k=0}^{N}\left(j\sin(\theta)\right)^k\left(\cos(\theta)\right)^{N-k}C_N^k\,. \tag{9}$$

Выделяя мнимую часть в (9), получим выражение для представления уравнения(7), учитывая, что выражения под знаком суммы являются полиномами относительно $\sin(\text{и})$. Причем при $\text{и}\to 0$ отношение $\dfrac{\sin(\theta N)}{N\sin(\theta)}\to 1$. Корни этого полинома – нули $\sin(\text{и}N)$, поэтому введем величину $\alpha_i=\sin\left(j\dfrac{\pi}{N}\right)$.

Тогда для описания левой части уравнения (7) получим соответственно выражения для четных значений $N=2n$:

$$\frac{\sin(\theta N)}{N\sin(\theta)}=\cos(\theta)\prod_{i=1}^{n-1}\left(1-\frac{\sin^2(\theta)}{\alpha_i}\right) \tag{10}$$

и для нечетных $N=2n-1$

$$\frac{\sin(\theta N)}{N\sin(\theta)}=\prod_{i=1}^{n-1}\left(1-\frac{\sin^2(\theta)}{\alpha_i}\right). \tag{11}$$

Сделав замену $\theta=\dfrac{\overline{\omega}_c}{2}$, окончательно получим из уравнения (7) уравнение для численного решения соответственно для четных значений $N=2n$ и нечетных $N=2n-1$

$$\begin{cases}\dfrac{1}{\sqrt{2}}=\cos\left(\dfrac{\overline{\omega}_c}{2}\right)\displaystyle\prod_{i=1}^{n-1}\left(1-\frac{1-\cos^2\left(\dfrac{\overline{\omega}_c}{2}\right)}{\sin^2\left(\dfrac{\pi i}{2n}\right)}\right);\\[2ex] \dfrac{1}{\sqrt{2}}=\displaystyle\prod_{i=1}^{n-1}\left(1-\frac{\sin^2\left(\dfrac{\overline{\omega}_c}{2}\right)}{\sin^2\left(\dfrac{\pi i}{2n-1}\right)}\right).\end{cases} \tag{12}$$

Выражения в (12) являются полиномами степени $2n-1$ относительно $\cos\left(\dfrac{\overline{\omega}_c}{2}\right)$ для четных значений N и степени $n-1$ относительно $\sin^2\left(\dfrac{\overline{\omega}_c}{2}\right)$ для нечетных значений N.

Так как полиноминальные уравнения произвольной степени не имеют аналитического решения, частота среза найдена $\overline{\omega}_c$ численно с помощью математического пакета. Расчеты проводились до $N=800$ отсчетов. Значения частоты среза для отсчетов N от 3 до 10 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения частоты среза $\overline{\omega}_c$ для $N = 3...10$

N	$\overline{\omega}_c$
1	1.5708
2	0.9756
3	0.7153
4	0.5665
5	0.4695
6	0.4011
7	0.3503
8	0.3109
9	0.2795
10	0.2539

Абсолютная погрешность полученной численно частоты среза $\overline{\omega}_c$ и “теоретической” $\overline{\omega}_c^t = \dfrac{\pi}{N}$, т.е. $\Delta = \overline{\omega}_c - \overline{\omega}_c^t$, показана на рис. 2.

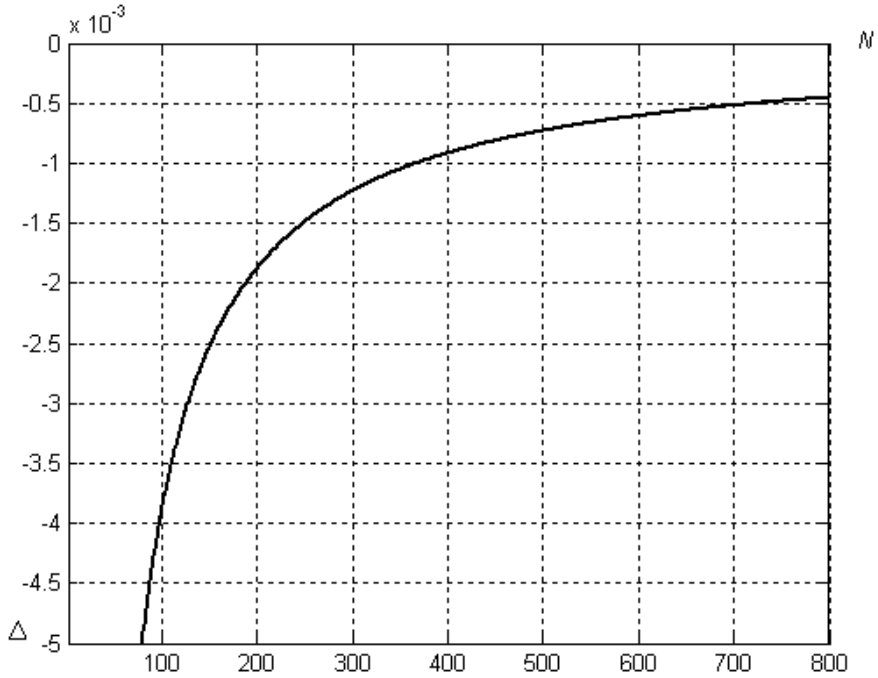


Рис. 2 Абсолютная погрешность Δ

численно полученной частоты среза $\overline{\omega}_c$ и “теоретической” $\overline{\omega}_c^t = \dfrac{\pi}{N}$

Следует отметить, что относительная ошибка $\delta = \dfrac{\left|\overline{\omega}_c - \overline{\omega}_c^t\right|}{\overline{\omega}_c^t}$ асимптотически стремится к $\delta \approx 0.114106$, рис.3.

 ISSN 2076-2887

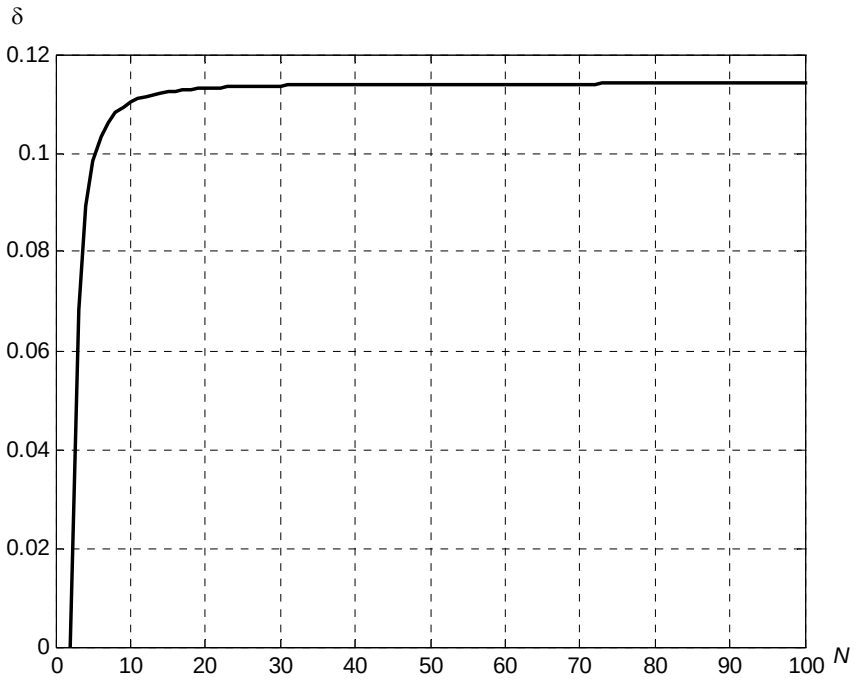


Рис. 3 Относительная погрешность δ

численно полученной частоты среза $\overline{\omega}_c$ и “теоретической” $\overline{\omega}_c^t = \dfrac{\pi}{N}$

Таким образом, в результате проведенной работы получены табличные значения для частоты среза $\overline{\omega}_c$, которые можно использовать для управления свойствами устройства сглаживания данных на основе метода скользящего среднего. Анализ абсолютной погрешности показывает, что частота среза находится левее “теоретической”, равной $\overline{\omega}_c^t = \dfrac{\pi}{N}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Polomsky S. Das Digitalfilter // Elektronik, 1992, № 4 – p. 50-53.
2. Брус А.А., Ситников В.С. Линейное управление цифровым фильтром интеллектуального датчика // Тези доповідей IV міжнар. наук.-техн. конф. “Датчики, прилади та системи − 2008” – Черкасі-Гурзуф - (вересень2008 р) – С. 61-62.
3. Файзильберг Л.С. Адаптивное сглаживание шумов в информационных технологиях обработки физиологических сигналов. // “Математические машины и системы” – 2002, № 3. – С. 96-104.
4. Переверзев А.Л. Адаптивный цифровой фильтр на основе скользящего среднего // Известия вузов. Электроника – 2005, № 2. – С. 70-72.
5. Левин Б.Р., Шварц В. Вероятностные модели и методы в системах связи и управления. – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров — М. Наука, 1974.— 832 с.

УДК 681.5; 004.94

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КЕРУВАННЯ РЕГУЛЯТОРОМ НА ОСНОВІ ЛОКАЛЬНОЇ МОДЕЛІ КЕРОВАНОГО ПРОЦЕСУ ТА П-РЕГУЛЯТОРОМ

Славко О.Г.

Вступ. Одним із найбільш поширених методів регулювання замкнених динамічних систем зі зворотнім зв’язком є використання PID-регуляторів (Proportional-Integral-Derivative) [1], що дозволяють реалізувати керування для багатьох практичних задач, особливо в тих випадках, коли динаміка процесу є стійкою та технічні вимоги до робочих характеристик є обмеженими.

В більшості випадків синтез керування вимагає наявності математичної моделі керованого процесу. На практиці за умови малої апріорної інформації про динаміку об'єкта керування та зовнішні впливи синтез моделі керованого процесу в реальному часі класичними методами на основі дуального керування та статистичної теорії прийняття рішень [2, 3] неможливий через складність обчислюваного порядку [4].

В [5, 6] показано, що модель керованого процесу для таких систем може бути створена на основі сигналу керування, вплив якого на об’єкт керування в поточний момент часу є еквівалентним дії зовнішніх невідомих збурень. Запропонований в [5, 6] метод *активно-резонансного* (АР) керування дозволяє синтезувати *локальну модель керованого процесу* (ЛМКП) в реальному часі в умовах малої апріорної інформації про об'єкт керування та зовнішні збурення.

Отже, виникає задача порівняння можливостей стабілізації об'єкта керування регулятором на основі алгоритму синтезу ЛМКП (АР-регулятор) і регулятором на основі широковідомого закону керування, оскільки принципи побудови і функціонування цих регуляторів різні.

Пропорційний (П) регулятор реалізує найбільш простий і поширений закон керування, при якому керуючий вплив лінійно залежить від відхилення вихідної керованої реакції системи.

Метою роботи є розробка методики і проведення порівняльного аналізу стабілізації об'єкта керування АР-регулятором та П-регулятором.

Постановка задачі. Розробку методології порівняльного аналізу властивостей регулятора на основі ЛМКП і П-регулятора виконаємо на прикладі системи керування зі зворотним зв'язком, що містить об'єкт керування, на який діє зовнішнє збурення, та регулятор, що формує сигнал керування.

Розглянемо систему керування, що задана наступним чином [7, 8]:

$$y(t) = A_{ob} \cdot f(t) + B_{ob} \cdot u(t), \tag{1}$$

$$f(t) = A \cdot sin(\omega \cdot t + \varphi), \tag{2}$$

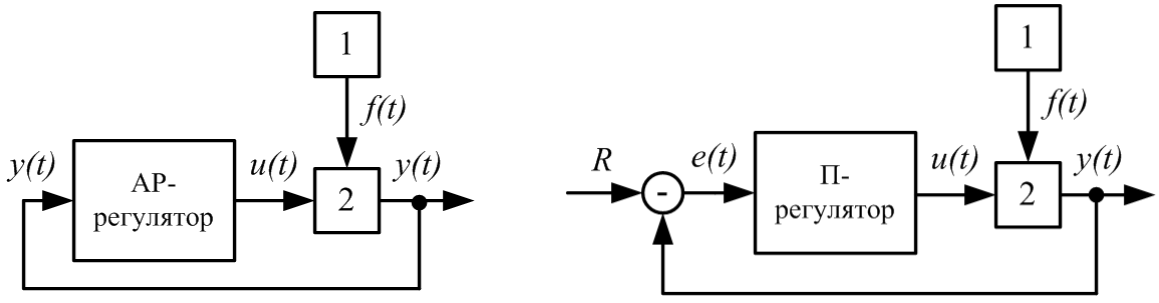
$$t_i = i \cdot \Delta t, \tag{3}$$

де t, [с] – час моделювання; Δt, [с], – інтервал дискретизації; i – порядковий номер часового відліку; $y(t)$, [Н] – вихідна реакція керованого об'єкта; $u(t)$, [Н] – керуючий сигнал регулятора; $f(t)$ – сигнал зовнішнього збурення з параметрами: A, [Н] – амплітуда; ω, [$с^{-1}$] – кутова частота; φ, [рад] – фазовий зсув; A_{ob}, B_{ob} – коефіцієнти підсилення об'єктом керування сигналу зовнішнього збурення та керуючого сигналу, відповідно.

Один із можливих алгоритмів створення ЛМКП на основі пробних керувальних впливів і лінійного прогнозу поведінки керованого об’єкта й активно-резонансний алгоритм стабілізації з її використанням докладно описані в [5, 6].

На рис. 1 наведено структурні схеми системи керування з АР- та П-регулятором:

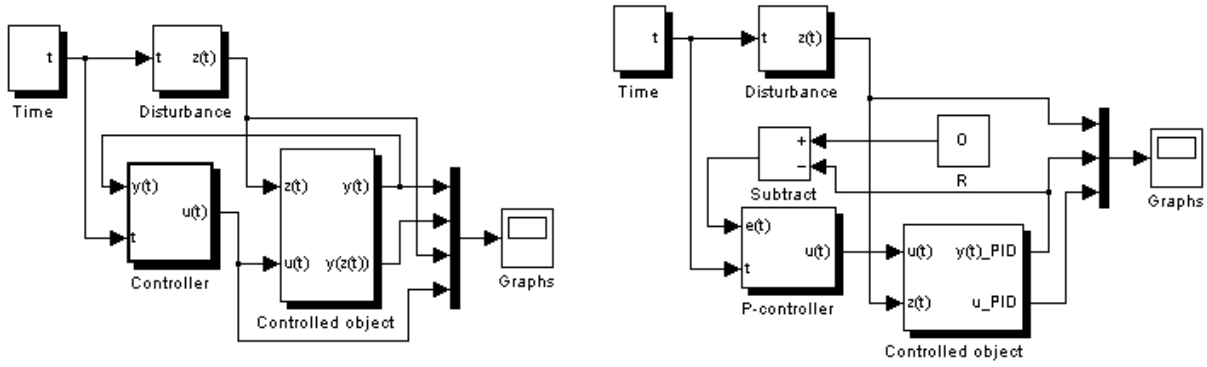
 ISSN 2076-2887



а) б)

Рис. 1 Структура системи:
а) АР-регулятор, б) П-регулятор;
1 – блок зовнішнього збурення, 2 – об'єкт керування,
e(t) – похибка керування, *R* – задавальне значення

Розробка імітаційних моделей. Імітаційну модель процесу керування системою з П-регулятором (рис. 2 б) було створено на основі розробленої в [7, 8] імітаційної моделі системи керування з регулятором на основі ЛМКП (рис. 2 а) в пакеті MATLAB / Simulink.



а) б)

Рис. 2 Схема імітаційної моделі системи керування в пакеті MATLAB / Simulink з:
а) регулятором на основі ЛМКП, б) П-регулятором

Розроблені імітаційні моделі мають наступні однакові блоки (підсистеми): *Time* – блок генерування часу, *Disturbance* – блок генерування зовнішніх збурень, *Controlled Object* – блок моделювання динаміки об'єкта керування. Відмінними є наступні блоки: *Controller* – блок регулятора на основі ЛМКП, та *P-controller* – блок П-регулятора.

Методика порівняльного аналізу стабілізації об'єкта керування. Для проведення аналізу необхідно визначити адекватні характеристики регуляторів, що забезпечують еквівалентність їх функціонування, та отримати порівнювані залежності.

Для спрощення сприйняття результатів порівняння введемо наступні умовні позначення. Нехай:

$u_{AR}(t)$, $u_P(t)$, [Н] – сигнал керування регулятора на основі ЛМКП та П-регулятора, відповідно;

N – кількість часових відліків синтезу ЛМКП АР-регулятором,

N_{opt} – оптимальна кількість часових відліків синтезу ЛМКП АР-регулятором, що визначається як 1/16 півперіоду зовнішнього збурення згідно доведеній в [9] гіпотезі про наявність оптимальної кількості часових відліків синтезу еквіваленту сигналу зовнішнього збурення в активно-резонансному алгоритмі керування;

Kp – пропорційний коефіцієнт П-регулятора;

Y_{max_AR}, Y_{max_P}, [Н] – максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта при керуванні регулятором на основі ЛМКП та П-регулятором, відповідно;

Y_{AR}, [Н] – відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта при керуванні АР-регулятором на часовому інтервалі синтезу ЛМКП;

$D_{m_AR_A} = Y_{max_AR}/A$, $D_{P_A} = Y_{max_P} / A$ – відношення максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта при керуванні АР-регулятором та П-регулятором до амплітуди зовнішнього збурення, відповідно, (безрозмірна величина);

$D_{AR_A} = Y_{AR}/A$ – відношення відхилення керованої реакції *y(t)* об'єкта керування при керуванні АР-регулятором на часовому інтервалі синтезу ЛМКП до амплітуди зовнішнього збурення, (безрозмірна величина);

$D_{m_AR_\omega} = Y_{max_AR}/\omega$, $D_{P_\omega} = Y_{max_P} / \omega$ – відношення максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта при керуванні АР-регулятором та П-регулятором до кутової частоти зовнішнього збурення, відповідно, (безрозмірна величина);

$D_{AR_\omega} = Y_{AR}/\omega$ – відношення відхилення керованої реакції *y(t)* об'єкта керування при керуванні АР-регулятором на часовому інтервалі синтезу ЛМКП до кутової частоти зовнішнього збурення, (безрозмірна величина);

$j \in \square$ – порядковий номер.

Порівняльний аналіз стабілізації об'єкта керування П-регулятором і регулятором на основі ЛМКП будемо виконувати за наступним алгоритмом:

1) визначення параметрів імітаційної моделі з АР- та П-регулятором, а саме:

– коефіцієнтів підсилення об'єкта керування;

– параметрів зовнішнього збурення *f(t)*;

– кількості часових відліків *N* синтезу ЛМКП АР-регулятором;

– задавального значення для П-регулятора;

– часу функціонування імітаційної моделі.

2) забезпечення адекватного моделювання, при якому керуючі сигнали регуляторів мають бути еквівалентними на часовому інтервалі синтезу ЛМКП для встановлених параметрів, що здійснюється обчисленням методом найменших квадратів коефіцієнта *Kp*, при якому $u_{AR}(t) = u_P(t)$ на часовому інтервалі синтезу АР-регулятором ЛМКП;

3) отримання результатів моделювання:

а) запуск імітаційних моделей системи керування з відповідними регуляторами;

б) фіксування значень Y_{max_AR}, Y_{AR} та Y_{max_P} вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування для встановлених параметрів.

4) порівняння наступних характеристик:

– залежність Y_{max_AR}, Y_{AR} та Y_{max_P} від амплітуди зовнішнього збурення;

– залежність Y_{max_AR}, Y_{AR} та Y_{max_P} від кутової частоти зовнішнього збурення;

– відношення Y_{max_AR}, Y_{AR} та Y_{max_P} до амплітуди і частоти збурення *f(t)*;

– фазовий зсув між вихідною реакцією *y(t)* об'єкта керування та сигналом зовнішнього збурення *f(t)*.

Порівняльний аналіз стабілізації. В табл. 1 наведено параметри зовнішнього збурення *f(t)*, для яких аналізувались результати імітаційного моделювання.

Таблиця 1

Параметри *f(t)*

A	ω, c^{-1}	φ
1, 2, ..., 10	$\omega_1 = j \cdot \pi/5$	0
	$\omega_2 = \pi/j$	

В табл. 2 наведено значення коефіцієнту *Kp* при фіксованому та оптимальному значенні *N* для вказаних в табл. 1 параметрів зовнішнього збурення:

 ISSN 2076-2887

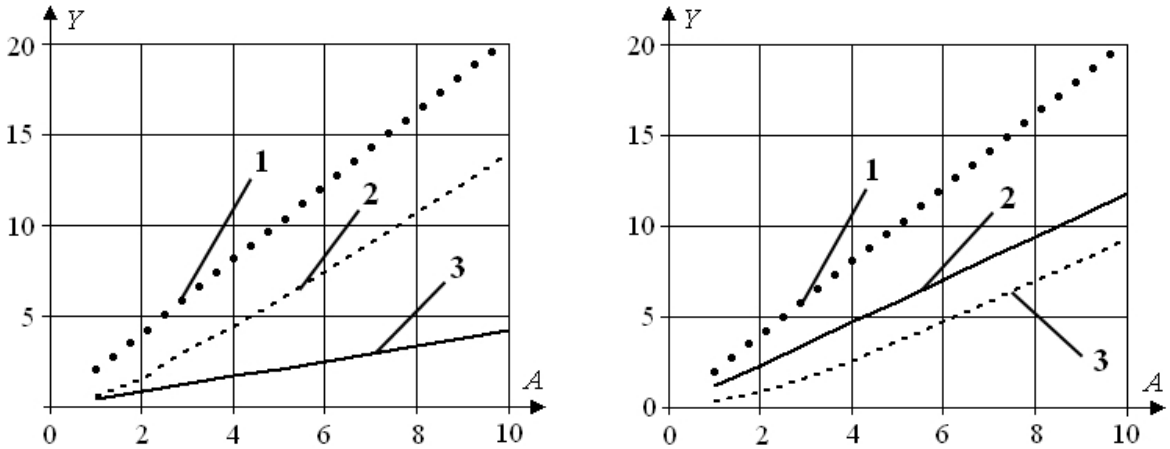
Таблиця 2

Коефіцієнт *Kp* для різних значень *N* та *ω*

ω_1, c^{-1}	Kp при N=10	N_{opt}	Kp
π/5	0,163393	30	0,164697
2·π/5	0,16341	16	0,163476
3·π/5	0,16344	10	0,16344
4·π/5	0,163481	8	0,164951
5·π/5	0,163534	6	0,171218
6·π/5	0,163599	5	0,174869
7·π/5	0,163676	4	0,200188
8·π/5	0,161638	4	0,200245
9·π/5	0,163866	4	0,200311
10·π/5	0,16398	4	0,200383

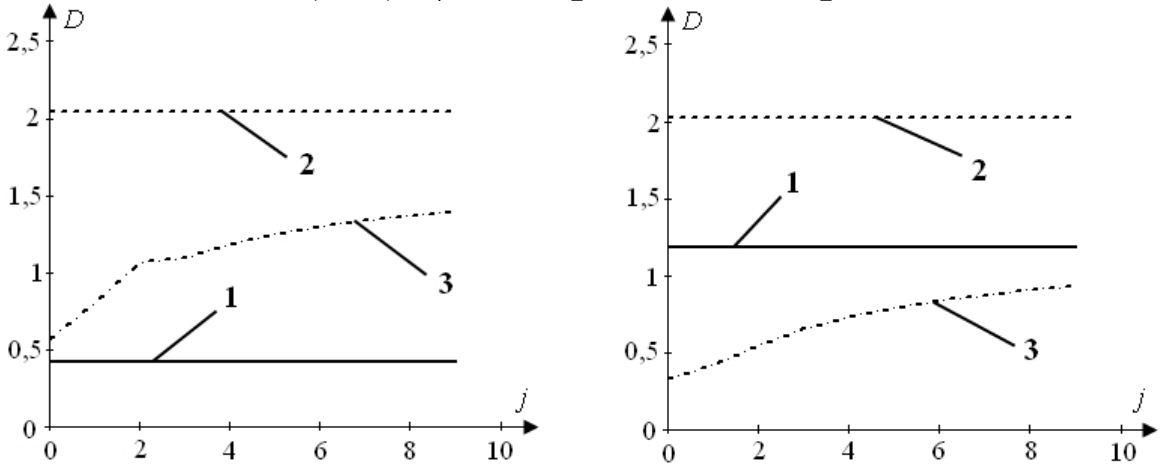
ω_2, c^{-1}	Kp при N=10	N_{opt}	Kp
π	0,163534	6	0,171218
π/2	0,163424	13	0,162381
π/3	0,163403	19	0,163432
π/4	0,163396	25	0,164148
π/5	0,163393	30	0,164697
π/6	0,163391	38	0,165082
π/7	0,16339	44	0,165287
π/8	0,163389	50	0,165446
π/9	0,163389	56	0,165573
π/10	0,163388	63	0,16566

На рис. 6 та рис. 7 наведено приклади залежності максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування від амплітуди *A* зовнішнього збурення та його відношення до цих значень амплітуди при $\omega = \pi/5$, $\varphi = 0$, відповідно.



а) б)

Рис. 6 Залежність максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* від амплітуди *A* зовнішнього збурення при:
а) *N*, б) N_{opt}; 1 – Y_{max_P}, 2 – Y_{AR}, 3 – Y_{max_AR}



а) б)

Рис. 7 Відношення максимального відхилення реакції *y(t)* до амплітуди *A* при:
а) *N*, б) N_{opt}; 1 – D_{P_A}, 2 – D_{AR_A} , 3 – $D_{m_AR_A}$

На рис. 8 наведено приклади залежності максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування від значень кутової частоти при $A = 1$, $\varphi = 0$:

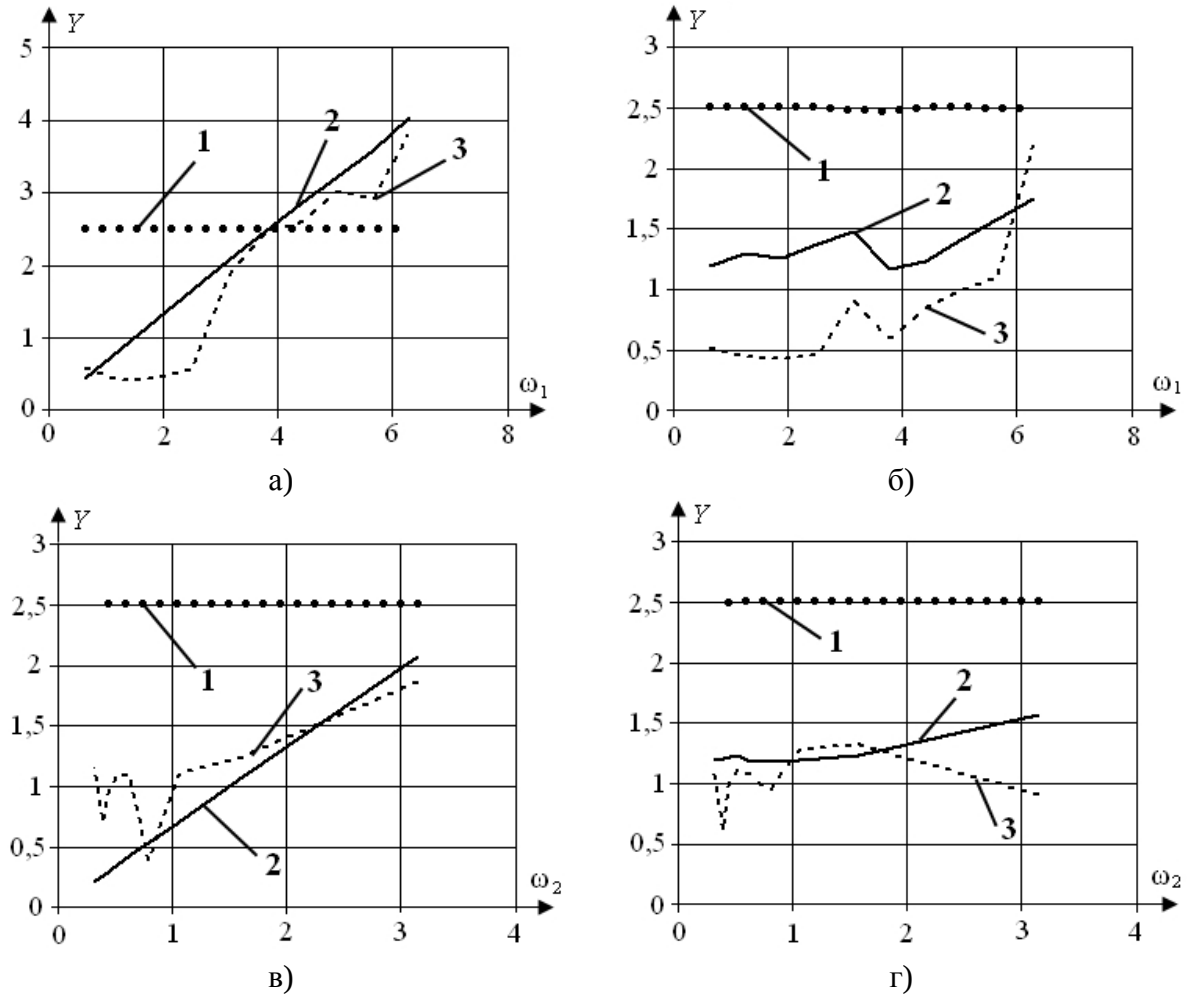


Рис. 8 Залежність максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* від кутової частоти:
а) ω_1 при N, б) ω_1 при N_{opt}, в) ω_2 при N, г) ω_2 при N_{opt}; 1 – Y_{max_P}, 2 – Y_{AR} , 3 – Y_{max_A}

На рис. 9 наведено приклади відношення максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта до значень кутової частоти ω при $A = 1$, $\varphi = 0$.

Фазовий зсув між вихідною реакцією *y(t)* об'єкта керування та сигналом зовнішнього збурення *f(t)* не залежить від його кутової частоти ω та є нульовим як при фіксованому N, так і при оптимальному N_{opt}.

Висновки. Таким чином, розроблена методика дозволяє проводити порівняльний аналіз стабілізації об'єкта керування регулятором на основі ЛМКП і пропорційним регулятором. З проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1) максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування при стабілізації АР-регулятором залежить від амплітуди A зовнішнього збурення *f(t) лінійно* як при фіксованому $N = 10$, так і при оптимальному N_{opt} значеннях кількості часових відліків синтезу ЛМКП, аналогічно П-регулятору;

2) на часовому інтервалі півперіоду сигналу зовнішнього збурення як при фіксованому $N = 10$, так і при оптимальному N_{opt} значеннях кількості часових відліків синтезу ЛМКП максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування при стабілізації АР-регулятором залежить від значень кутової частоти ω зовнішнього збурення *нелінійно* та може бути апроксимоване поліномом 6-го порядку з коефіцієнтом детермінації близьким до 1, на відміну від стабілізації П-регулятором, при дії якого максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування не залежить від значень кутової частоти ω зовнішнього збурення *f(t)*, і є сталим;

 ISSN 2076-2887

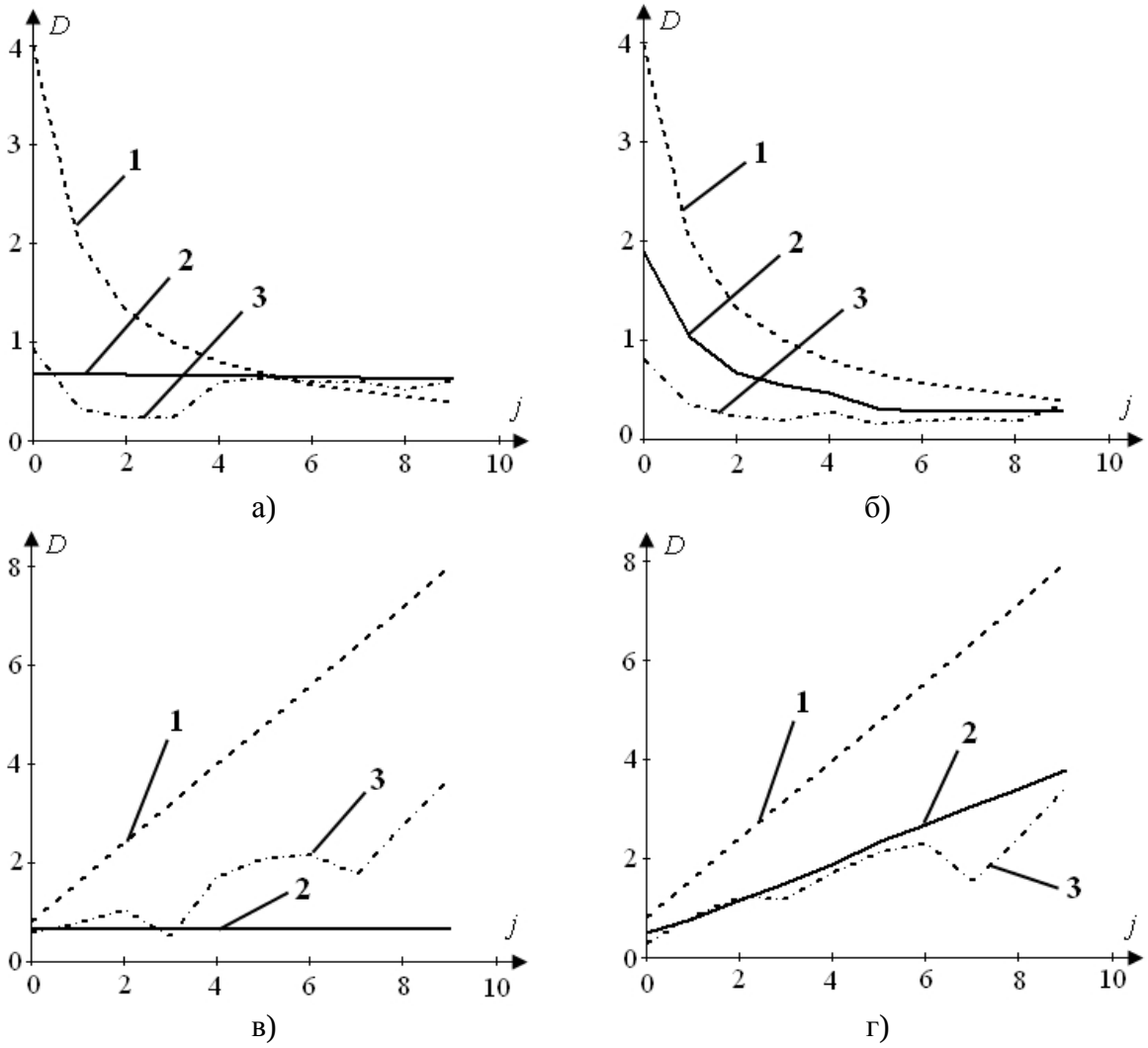


Рис. 9 Відношення максимального відхилення вихідної реакції *y(t)* до кутової частоти: а) ω_1 при N, б) ω_1 при N_{opt}, в) ω_2 при N, г) ω_2 при N_{opt}; 1 – D_{P_ω}, 2 – D_{AR_ω} , 3 – $D_{m_AR_\omega}$

2) на часовому інтервалі півперіоду сигналу зовнішнього збурення як при фіксованому $N = 10$, так і при оптимальному N_{opt} максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування при стабілізації АР-регулятором залежить від значень кутової частоти ω зовнішнього збурення *нелінійно* та може бути апроксимоване поліномом 6-го порядку з коефіцієнтом детермінації близьким до 1, на відміну від стабілізації П-регулятором, при дії якого максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування не залежить від значень кутової частоти ω зовнішнього збурення *f(t)*, і є сталим;

3) на часовому інтервалі синтезу ЛМКП максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта керування при фіксованому N залежить від кутової частоти ω зовнішнього збурення *лінійно*, а при оптимальному N_{opt} – *нелінійно* та може бути апроксимоване поліномом 6-го порядку з коефіцієнтом детермінації близьким до 1, на відміну від стабілізації П-регулятором, при дії якого максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкта не залежить від значень кутової частоти ω зовнішнього збурення *f(t)*, і є сталим;

4) при стабілізації АР-регулятором максимальне відхилення вихідної реакції *y(t)* об'єкту керування є меншим порівняно зі стабілізацією П-регулятором, що є перевагою регулятора на основі ЛМКП.

Розроблена в даній роботі методика проведення порівняльного аналізу процесу стабілізації об'єкта керування регулятором на основі ЛМКП і П-регулятором може бути використана для побудови і порівняння АЧХ, ЛАЧХ, ФЧХ, АФЧХ вихідного сигналу системи керування з регулятором на основі ЛМКП і пропорційним регулятором.

ЛІТЕРАТУРА

1. K. Astrom, T. Huggland. PID Controllers: Theory, Design and Tuning. 2nd edition. – North Carolina, USA: Instrument Society of America, Research Triangle Park, 1995. – 343 p.

2. Справочник по теории автоматического управления. /Под. ред. А.А. Красовского. – М.: Наука., 1987. – 712 с.

3. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. Изд.2, испр. и доп.– М.: «Наука», 1966. – 624 с.

4. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. – Киев: Наук. Думка, 2006. – 264 с.

5. Гученко М.І. Активно-резонансний алгоритм стабілізації. – Нові технології. Науковий вісник Інституту економіки та нових технологій ім. Ю.І. Кравченка, № 1(2), 2003. – с. 57-61.

6. Гученко М.І. Активно-резонансний принцип керування // Збірник тез доповідей 16 Міжнародної конференції з автоматичного управління "Автоматика – 2009". Чернівці, 22 – 25 вересня, 2009, с. 59-61.

7. Славко Е.Г., Гученко Н.И. Реализация алгоритма активного резонанса в среде Simulink для задачи стабилизации динамической систем // Тезисы докладов Двенадцатой Международной научно-технической конференции “Моделирование, идентификация, синтез систем управления”, Москва-Донецк. – 16-23 сентября 2009. – с. 70-71.

8. Славко О.Г., Гученко М.І. Побудова імітаційної моделі активно-резонансного регулятора // Збірник тез VII Міжнародної науково-практичної конференції "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем" (MPZIS-2009). – м. Дніпропетровськ, 2009. – с. 254-255.

9. Гученко Н.И., Славко Е.Г., Серик М.Ю., Иванова М.Н. Исследование влияния времени моделирования сигнала возмущения на точность стабилизации управляемой системы. – Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, № 2/2006(37). – Кременчук, 2006. – с. 12-15.

 ISSN 2076-2887

УДК 004.81

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПРИ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ

Соколов А.Е., Махова Е.О.

Преподавательская деятельность является сложным и многогранным процессом, на который оказывает влияние множество факторов. Разнообразие свойств участников преподавательской деятельности, а также чрезвычайно большая гамма отношений, возникающих между ними, затрудняют широкомасштабные исследования учебно-воспитательного процесса вуза, и в частности, преподавательской деятельности [1].

Преподавательская деятельность обладает свойством внутренней целостности и стабильности, то есть свойства системы не сводятся к сумме свойств её частей.

В [1] выполнена формализация элементов учебного процесса вуза, в частности рассмотрена формальная теория построения информационно-методических систем учебного назначения.

В соответствии с рекомендациями системного подхода учебный процесс представлен сложной системой, состоящий из следующих множеств: $P = \{p_1, p_2, ... p_n\}$- преподавателей; $B = \{b_1, b_2, ... b_m\}$- обучаемых (студентов); $Y = \{y_1, y_2, ... y_v\}$- учебных материалов; $M = \{m_1, m_2, ... m_l\}$- методических материалов.

На этих множествах заданы определенные отношения (унарные и бинарные), отображающие специфику учебно-педагогической деятельности. Предложены модели: $M^p = (P, \geq)$- модель преподавателя; $M^y = (Y, \subset)$- модель содержания учебно-методического материала; $\mu^m = (M, g, \tau)$ - модель содержащая; $\mu^\beta = (B, \geq)$ - модель обучающегося, где $\geq$ - отношения нестрогого предпочтения, заданное на множествах *P* и *B*, $\subset$ - отношение включения, заданное на множестве *Y*, g – отношение подчинения, τ – отношение толерантности, заданное на множестве B. Эти модели имеют чисто теоретическое значение, потому что они неприменимы в вычислительной практике при работе в системах компьютеризированного обучения (СКО). Поэтому в данной статье ставится задача разработки моделей, применимых в СКО.

Из 16 всевозможных вариантов отношений между множествами *Y, M, P, B* можно выделить эталонный вариант с наличием всех заданных отношений, что позволяет определить данное состояние как педагогическую деятельность преподавателя, который в полной мере использует методические приёмы при доведении до обучаемых учебного материала:

В педагогической практике для оценки профессиональных качеств преподавателя используют их условную классификацию, согласно которой [1] к первой категории относятся начинающие преподаватели, стаж работы которых не превышает 2 лет; ко второй категории – преподаватели, имеющие опыт работы, от 2 до 10 лет; к третьей категории – преподаватели, обладающие опытом педагогической работы от 10 до 15 лет; к четвертой категории – высококвалифицированные преподаватели, педагогический стаж роботы которых превышает 15 лет.

Исследователи сходятся на том, что наилучшим образом обучают преподаватели четвертой категории, и, если при традиционном обучении всем обучаемым не случается обучаться у преподавателей именно этой категории, то при компьютеризированном обучении (КО) на этапах обучения системой естественно стремиться к тому, чтобы к обучаемому применялась стратегия, которую применяли бы для данного конкретного обучаемого именно специалист 4-ой категории (педагог-эксперт [1]), в основном, это доктора наук и/или профессора, обладающие большим методическим опытом и обширными методическими знаниями.

В [3] описаны мотивы постреализации, действия, цели и знания данной группы преподавателей и преподавателей, которые близки к этой группе. Отличительной особенностью знаний педагогов-экспертов является их фундаментальность в данной предметной области. К знаниям педагогов-экспертов можно отнести не только совокупность сведений о свойствах объектов, закономерностях процессов и явлений, но и эвристические правила применения методик преподавания и оценивания знаний. Такие правила (методики) вырабатываются у педагогов-экспертов на базе большого практического опыта работы и могут называться эмпирическими знаниями.

Педагогическая деятельность – это процесс принятия педагогических решений. Педагогическое действие можно интерпретировать как процесс принятия педагогического решения, который состоит из ориентировочной, исполнительной и контрольной частей.

Ориентировочная часть процесса принятия педагогического решения обеспечивает анализ и синтез учебной и научной информации, а также использование знаний субъектом учебного процесса. В [3] эта часть процесса принятия педагогического решения отнесена к мыслительным действиям преподавателя, которые устанавливают отношение предпочтения между альтернативами выбора по критерию их полезности. Полезность альтернативы определяется как функция от характеристик обучаемого, задаваемых его моделью.

В компьютеризированной системе управления принятие педагогического решения принимаются на основе модели обучаемого:

$$Z = \left(P, I, Z_{лек}, Z_{лаб}, Z_{сам}, Z_{пр}\right),$$

где P – индивидуальные психологические особенности обучаемого;

I – интеллектуальные особенности обучаемого;

$Z_{лек}$ – теоретические знания, полученные на основе изученного лекционного материала;

$Z_{лаб}$ – знания, полученные в результате выполнения лабораторных работ;

$Z_{сам}$ – знания, полученные в результате самостоятельного изучения материала;

$Z_{пр}$ – практические навыки работы по изученным разделам.

Альтернативы принимаемых решений предлагается описывать множеством:

$$МД = \left\{МД_i \middle| i = \overline{1,n}\right\},$$

где

$$МД_i = \left\{Д_i^1, Д_i^2, Д_i^3, Д_i^4, Д_i^5, Д_i^6, Д_i^7, Д_i^8\right\},$$

i – номер шага обучения; $Д_i^1$- объем порции материала, предъявленного на i-м шаге обучения; $Д_i^2$- количество порций материала; $Д_i^3$- время предоставленное одной порции учебного материала до момента проверки знаний; $Д_i^4$- характеристики экрана;

$$Д_i^4 = \left\{Д_{i1}^4, Д_{i2}^4, ..., Д_{im}^4\right\};$$

 ISSN 2076-2887

$Д_{i1}^{4}$ - визуальные атрибуты расположения информации на экране;

$Д_{i2}^{4}$ - количество объектов на экране и их размеры;

$Д_{i3}^{4}$ - плотность расположения данных;

$Д_{i4}^{4}$ - цветовая гамма;

$Д_{i5}^{4}$ - яркость изображений;

$Д_{i6}^{4}$ - характеристики включения графических изображений: иллюстраций, миниатюр, пиктограмм, анимированных изображений;

$Д_{i7}^{4}$ - звуковое сопровождение;

$Д_{i}^{5}$ - количество тестов, предъявляемых обучаемому после порции материала; $Д_{i}^{6}$ - количество тестов после $Д_{i}^{2}$ порций материала; $Д_{i}^{7}$ - количество порций материала после которого необходимо выполнение лабораторных или практических работ; $Д_{i}^{8}$ - количество порций материала, после которого необходим личный контакт с преподавателем.

Множество МД определяется при помощи процедуры характерного опроса, в котором участвуют опытные эксперты – преподаватели данной дисциплины.

Таким образом, в предположении, что альтернатива при принятии педагогического решения является функцией характеристик обучаемого, построена теоретико-множественная модель принятия педагогического решения, которая может быть использована в системах компьютеризированного обучения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Метешкин К.А. Теоретические основы построения интеллектуальных систем управления учебным процессом в вузе/ К.А. Матешкин/ Харьков: Экограф, 2000. -276с.
2. Свиридов А.П. Основы статистической теории обучения и контроля знаний/ А.П. Свиридов/ М.: Высшая школа, 1981. -262с.
3. Ганзен В.А. Системные описания в психологии. –Л.: ЛГУ, 1984. -176.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

УДК 621.317.337

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДОБРОТНОСТИ ВАРИКАПОВ

Тверезовский В.С., Бараненко Р.В.

Введение и постановка проблемы

Постоянное развитие средств измерений и контроля различных параметров изделий и процессов является неотъемлемой частью научно-технического прогресса. В настоящее время существенное влияние на методы построения измерительных систем оказывает использование ЭВМ для обработки результатов измерений и управления различными процессами [1].

Одной из основных задач при разработке измерительных систем является повышение точности, быстродействия и увеличение диапазона измеряемых величин.

Анализ последних исследований

Известно устройство для измерения добротности варикапов, содержащее измерительный контур, схему управления, генератор, усилитель, управляемое сопротивление, измерительный прибор, детекторы, схемы сравнения [2]. Недостатком известного устройства является участие оператора в настройке контура по частоте, т.е. устройство не может автоматически измерять добротность варикапа.

Известно устройство для измерения добротности варикапов, содержащее колебательный контур, включающий образцовый варикап, соединенный через элементы связи с высокочастотным генератором и усилителем и через элемент развязки с источником смещения, блок управления, измеритель и регистратор [3]. К недостаткам известного устройства следует отнести то, что оно не позволяет автоматически производить измерение добротности. Добротность можно определить лишь по формуле, предварительно замерив параметры испытуемого варикапа.

Цель статьи

Целью работы является устранение недостатков существующих устройств для измерения добротности и разработка нового устройства, структурные особенности которого позволят увеличить точность измерения добротности.

Основной материал

Для реализации целей статьи разработан измеритель добротности [4], который служит для получения прямого отсчета добротности по величине выходного электрического сигнала измерителя добротности варикапов. Устройство [4] содержит генератор *1* переменного напряжения, выходное напряжение которого подается через управляемый усилитель *2* на измерительный контур *3*, содержащий катушку *14* индуктивности и подстроечный конденсатор *15*. На измерительный контур *3* подается также пилообразное напряжение от источника *4* напряжения смещения через элемент *5* развязки, обеспечивающее за счет изменения емкости измеряемого варикапа свипирование резонансной характеристики измерительного контура *3* относительно частоты генератора *1* переменного напряжения. Падение переменного напряжения на измеряемом варикапе через элемент 6 связи подастся на усилитель 7, с выхода усилителя напряжение поступает на детектор *8*, выходное напряжение которого регистрируется вольтметром *9*. Выходное напряжение детектора *8* поступает также на один из входов суммирующего усилителя *10*, на второй вход которого поступает постоянное напряжение смещения от источника *12* опорного напряжения. На третий вход суммирующего усилителя поступает выходное напряжение детектора *11*, вход которого соединен с выходом управляемого усилителя *2*. Выходное напряжение суммирующего усилителя подается на управляющий вход управляемого усилителя *2*. Режим работы суммирующего усилителя выбирается таким образом, что изменение ко-

 ISSN 2076-2887

эффициента усиления управляемого усилителя *2* обеспечивает пропорциональность выходного напряжения детектора *8* добротности измеряемого варикапа. Цель достигается введением в устройство детектора *11*, управляемого усилителя *2*, суммирующего усилителя *10* и источника опорного напряжения.

На рис. 1 представлена структурная схема разработанного устройства.

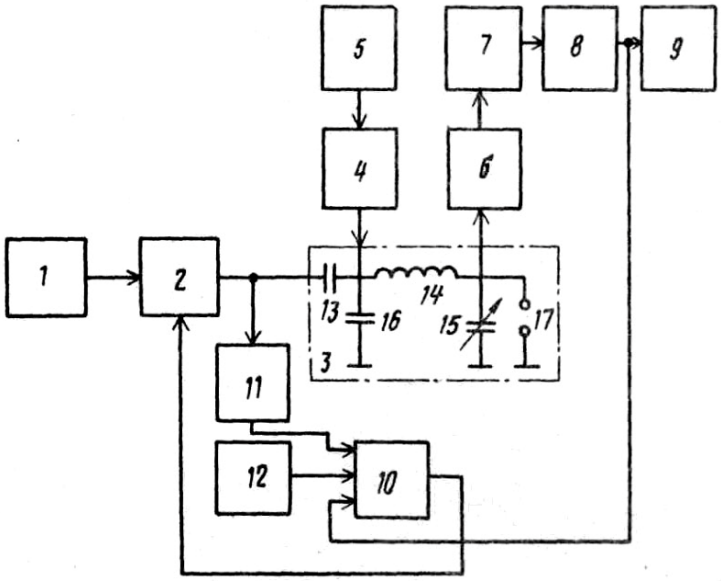


Рис. 1 Структурная схема устройства

Работа измерителя заключается в следующем. К зажимам *17* подключается испытуемый варикап. От источника *5* напряжения смещения через элемент *4* развязки и катушку индуктивности измерительного контура *3* на испытуемый варикап поступает изменяющееся напряжение смещения. При этом происходит изменение емкости варикапа. При некотором заданном значении емкости измерительный контур будет настроен в резонанс. Емкость варикапа, соответствующая резонансу в измерительном контуре *3*, задается с помощью конденсатора переменной емкости *15*. Значение емкости, при котором измерительный контур *3* настроен в резонанс, будет равняться емкостям параллельно включенных конденсатора *15* варикапа, а также емкости монтажа. Емкость конденсатора *16* имеет большое значение и на частотные свойства измерительного контура не оказывает влияния.

Значение емкости C_1 конденсатора *16* выбирается из условия

$$C_1 >> Q_{\Sigma\max} \cdot C_K ,$$

где $Q_{\Sigma\max}$ – максимальная добротность контура *3* с испытуемым варикапом при максимальной его добротности;

C_K – емкость измерительного контура *3*, соответствующая резонансу контура.

При выполнении приведенного условия шунтирующим влиянием параметров измерительного контура *3* на амплитуду входного напряжения можно пренебречь, т.е. будет выполняться условие

$$U_{BX} = U_y \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = U_y \cdot K , \qquad (1)$$

где C_2 – емкость конденсатора 13;

U_y – напряжение на выходе управляемого усилителя *2*,

$$K = \frac{C_2}{C_1 + C_2} .$$

При резонансе в измерительном контуре *3* на вход усилителя *7* переменного сигнала будет поступать переменное напряжение с частотой генератора *1*. Наибольшая амплитуда этого напряжения будет в момент резонанса в измерительном контуре *3*. Это напряжение детектируется детектором *8* и поступает на вход вольтметра *9* и на третий вход суммирующего усилителя *10*. Полярность выходных напряжений детектора *8* и источника опорного напряжения *12* U_0 – положительная. В схеме обеспечивается положительная обратная связь по цепи: выход детектора *11*, вход суммирующего усилителя *10*, выход этого усилителя и управляющий вход управляемого усилителя *2*. На первый вход суммирующего усилителя *10* поступает напряжение U_y, через детектор *11* с выхода управляемого усилителя *2*. Полярность этого напряжения – отрицательная.

$$U_y = U_Г \cdot K_1,$$

где $U_Г$ – напряжение на выходе генератора *1*;

K_1 – коэффициент усиления управляемого усилителя *2*, пропорциональный выходному напряжению инвертирующего операционного усилителя.

Для суммирующего усилителя *10* справедливо равенство:

$$U_0 + U_{ВЫХ} - U_y = K_2 \cdot U_{0y}, \tag{2}$$

откуда $U_y = U_0 + U_{ВЫХ}$,

где $U_{ВЫХ}$ – выходное напряжение детектора *8*;

U_y – значение выходного напряжения управляемого усилителя *2*.

Напряжения на входе измерительного контура *3* и выходе детектора *8* связаны соотнопением:

$$U_{ВХ} \cdot Q_\Sigma \cdot K_3 = U_{ВЫХ}, \tag{3}$$

где $U_{ВХ}$ – напряжение на входе измерительного контура *3*;

Q_Σ – суммарная добротность измерительного контура *3*, которая определяется по формуле:

$$Q_\Sigma = \frac{Q_K \cdot Q_3}{Q_K \dfrac{C_B}{C_K} + Q_B}, \tag{4}$$

Q_K – собственная добротность измерительного контура *3* (без испытуемого варикапа);

Q_B – добротность испытуемого варикапа;

C_B – емкость испытуемого варикапа;

C_K – емкость контура, включающая емкость конденсатора *15* и емкость монтажа;

K_3 – результирующий коэффициент передачи последовательно включенных элементов связи усилителя *7* переменного напряжения и детектора *8*.

Подставляя (1), (2) и (4) в уравнение (3), получим

$$K\left(U_0 + U_{ВЫХ}\right) \cdot \frac{Q_K \cdot Q_B}{Q_K \dfrac{C_B}{C_K} + Q_B} \cdot K_3 = U_{ВЫХ}. \tag{5}$$

Из (5) следует

 ISSN 2076-2887

$$Q_B = \frac{U_{ВЫХ} \cdot Q_K \cdot \frac{C_B}{C_K}}{K \cdot K_3 \cdot U_0 \cdot Q_K + U_{ВЫХ}\left(K \cdot K_3 \cdot Q_K - 1\right)}. \quad (6)$$

При выполнении условия

$$K \cdot K_3 \cdot Q_K - 1 = 0 \quad (7)$$

уравнение (6) принимает вид:

$$Q_B = U_{ВЫХ} \cdot \frac{1}{K \cdot K_3 \cdot U_0} \cdot \frac{C_B}{C_K} = K_4 \cdot U_{ВЫХ}, \quad (8)$$

где $K_4 = \frac{1}{K \cdot K_3 \cdot U_0} \cdot \frac{C_B}{C_K} - const$.

Условие (7) выполняется путем регулирования, например K_3.

Из (8) следует, что при измерении добротности варикапов с фиксированной емкостью (C_B – *const*) добротность испытуемого варикапа Q_B пропорциональна напряжению $U_{ВЫХ}$ на входе вольтметра *9*.

Установка необходимого K_3 для выполнения условия (7) производится с помощью двух мер добротности Q_1 и Q_2 с одинаковой емкостью. Меры добротности поочередно ставятся на измерительные зажимы, и, регулируя, например коэффициент усиления усилителя *7*, добиваются соотношения

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{U_{ВЫХ1}}{U_{ВЫХ2}},$$

где $U_{ВЫХ1}$ и $U_{ВЫХ2}$ – выходные напряжения детектора *8*, которые соответствуют добротностям Q_1 и Q_2.

Выводы

В данной статье предлагается устройство для измерения добротности варикапов, повышение точности которого достигается путем введения в его состав управляемого усилителя, второго детектора, суммирующего усилителя и источника опорного напряжения, что обеспечивает расширение области применения устройства по сравнению с известными решениями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В.С. Тверезовський, Р.В. Бараненко Принцип здійснення гнучкого програмного керування елементами вимірювальних систем за аналізом їх експоненціальних параметрів //Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2003. – №2 (18). – С.297-301.

2. Авторское свидетельство СССР №429375. Кл.G01R27/26, 09.02.1972.

3. Полупроводниковые диоды. Параметры, методы измерений. /Под ред. Н.Н. Горюнова. – М.: «Советское радио», 1968. – С.116-117.

4. Авторское свидетельство СССР №1496475, «Измеритель добротности варикапов». Авторы: В.З. Лубяный, В.С. Тверезовский, С.В. Сидорович. Кл. G01R27/26.

УДК 621.9.01

РЕЛАКСАЦИЯ ОБРАТНОГО ТОКА ДИОДОВ ШОТТКИ ПОСЛЕ ИХ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ (МИО)

Богданов А.В., Бень А.П., Хойна С.И.

Постановка проблемы. Данная статья посвящена изучению влияния магнитно-импульсной обработки (МИО) на характеристики полупроводниковых приборов с целью возможности разработки новых методик диагностики надёжности их работы.

Для объяснения долговременных релаксаций проводимости (в течение нескольких суток и более) в широкозонных полупроводниках с шириной запрещённой зоны более 3 эВ, на глубоких примесных уровнях был предложен и обоснован механизм донорно-акцепторной рекомбинации (ДАР) носителей заряда [1-3]. В узкозонных полупроводниках релаксация проводимости за счёт рекомбинации носителей заряда на мелких примесных уровнях длится в течение долей секунд. Накопление неравновесных носителей заряда на донорно-акцепторных парах (ДАП), может происходить в результате инжекции носителей заряда, под воздействием электромагнитного излучения или при МИО. Неравновесный заряд приводит к обратимым изменениям электропроводности, его величина определяет стабильность работы полупроводниковых приборов и влияет как на обратное напряжение, так и на частотные характеристики выпрямляющих переходов.

В полупроводниковых приборах на основе S_i роль широкозонного полупроводника, при обратном смещении на выпрямляющем переходе, выполняет тонкая диэлектрическая изолирующая плёнка (например, S_iO_2). Накопление неравновесных ДАП происходит по обе стороны этой плёнки на т.н. поверхностных уровнях. Среднее расстояние между атомами в ДАП определяется концентрацией поверхностных уровней, определяемой качеством диэлектрической плёнки и её толщиной, т.е.чисто технологией изготовления приборов. Создание неравновесного заряда при инжекции носителей заряда (при обратном смещении на выпрямляющем переходе) затруднено выбором толщины диэлектрической плёнки. Толщина диэлектрической плёнки должна быть достаточно тонкой, чтобы между атомами в ДАП было малое геометрическое расстояние R, достаточное для эффективной ДАР носителей заряда. С другой стороны, расстояние R должно быть достаточно большим, чтобы не происходило пробоя диэлектрической плёнки при больших уровнях инжекции носителей заряда, создающих неравновесный пространственный заряд. Недостатком создания неравновесного заряда с помощью электромагнитного излучения является его недостаточная избирательность. В этом плане исследование неравновесного заряда, созданного с помощью МИО полупроводниковых приборов, перспективно для разработки эффективных методов диагностики надёжности их работы.

Анализ последних исследований и публикаций. В общем виде вольтамперная характеристика (ВАХ) диода Шоттки имеет вид:

$$I = AT^2 S \exp\left(-\frac{q\varphi_B}{ckT}\right)\left(\exp\left(\frac{qU}{ckT}\right)-1\right), \qquad (1)$$

где: A - постоянная Ричардсона; $c = 1 \div 2$ - некоторая постоянная; φ_B - высота потенциального барьера контакта металл - полупроводник. Величина φ_B для каждого прибора строго индивидуальна и зависит от технологии его изготовления. Рост тока в прямом направлении начинается при напряжении порядка φ_B, когда потенциальный барьер спрямляется, и носители заряда могут его преодолеть.

Величина обратного тока, а точнее его нестабильность, в значительной степени определяется неравновесным зарядом, находящимся в изолирующей плёнке. При долговременных релаксациях обратного тока наиболее вероятен механизм ДАР носителей за-

 ISSN 2076-2887

ряда. Зависимость проводимости σ при ДАР носителей заряда от времени (t) описывается формулой [1,2]:

$$\sigma = \frac{q\,\mu\,N_v(N_a - N_d)\exp(-\frac{E_a}{kT})}{N_d - cN_a\exp\left[-W_f(N_a - N_d)t\right]}, \qquad (2)$$

где: N_a, N_d - концентрации донорной и акцепторной примесей, соответственно; E_a - энергия активации более мелкой акцепторной примеси; $c = N_{od} / N_d$ - отношение концентрации заполненных неравновесными электронами доноров к общей их концентрации. В равновесном случае $N_{od} = 0$, выражение (5) переходит в известное выражение для электропроводности компенсированных полупроводников [3].

Коэффициент ДАР носителей заряда W_f равен:

$$W_f = W_{fo}\exp\left(-\frac{2R}{a_{DA}}\right), \qquad (3)$$

где: W_{fo} – некоторая постоянная, a_{DA} – порядка постоянной решётки.

Коэффициент ДАР носителей заряда W_f экспоненциально зависит от расстояния между атомами в ДАП R, определяемом толщиной диэлектрической плёнки. Эффективная ДАР носителей заряда, например в синтетическом полупроводниковом алмазе, наступает при концентрации примеси 10^{18} см$^{-3}$, соответствующей примерному расстоянию между атомами в ДАП 10 нм, что намного больше его постоянной решетки (0,36 эВ). Т.к. постоянная решётки диэлектрической плёнки больше, чем постоянная решётки алмаза, то и эффективную ДАР носителей заряда в ней следует ожидать при её толщине в несколько десятков нанометров.

Авторами исследовался методом термостимулированной проводимости (ТСП) неравновесный пространственный заряд при его инжекции в сильных электрических полях в тонкие диэлектрические плёнки из различных материалов толщиной несколько десятков нанометров нанесённые на пластину кремния. Вольтамперные характеристики таких структур имели характерный для инжекционных токов участок квадратичной зависимости тока от напряжения. Как и в синтетических полупроводниковых алмазах, максимумы ТСП высвечивались при температуре 300-500°С. Зависимость максимумов величины токов, измеренных при различных скоростях нагрева, от обратной температуры, подчинялось выведенным авторами формулам для ТСП, обусловленной ДАР носителей заряда [1,2].

Аналитическое описание долговременных релаксаций обратного тока диодов с помощью механизма ДАР носителей заряда на тонких диэлектрических плёнках в настоящее время изучено недостаточно. Из анализа литературных данных следует, что с одной стороны стабильность работы полупроводниковых приборов в значительной степени определяется неравновесными ДАП, образуемыми на изолирующих плёнках, а с другой - наиболее эффективным механизмом создания неравновесного заряда является МИО приборов.

Целью настоящей работы является исследование временной релаксации неравновесного пространственного заряда на изолирующих плёнках диодов Шоттки, после их МИО, обусловленной ДАР носителей заряда.

Результаты исследований. Для экспериментальных исследований выбирались диоды Шоттки типа 2Д922А, изготовленные на заводе ДП "Дніпро-напівпровідники" ВАТ "Компанія "Дніпро"". Установка для МИО диодов, созданная в Херсонском Государственном морском институте, позволяла создавать импульсы магнитного поля от 0,1 ÷ 2,0 с различной скважности и мощности импульсов. Специально изготовленная на заводе измерительная установка позволяла измерять величины прямых и обратных токов диодов Шоттки при фиксированных напряжениях. Схема позволяла предотвращать пробой диодов при резком возрастании как прямого, так и обратного токов.

Результаты измерений параметров диодов усреднялись по партиям образцов, состоящих из 5 штук. При МИО диодов, прошедших отбраковку по обратному току меньше 10 мкА при напряжении 10 В, величина обратных токов при заданном напряжении изменялась несущественно. Обработка партий диодов, имеющих повышенные значения обратных токов, приводила, как правило, к увеличению уровня обратных токов примерно в три раза. В течение примерно одних суток значения обратных токов возвращалось к первоначальным значениям (рис.1).

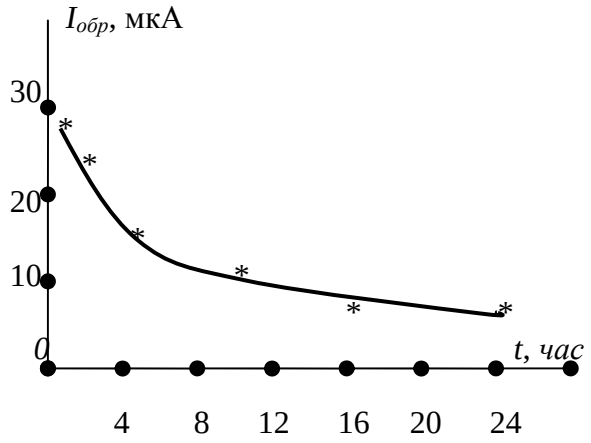


Рис.1 Релаксация обратного тока диода при напряжении 9 В

На величину прямого тока при заданном прямом напряжении (0,5 В) практически не влияла МИО, причем значение тока оставалось строго постоянным. Между образцами разброс тока был незначительным (0,33 ÷ 0,36) мА. Это свидетельствует о том, что МИО диодов не влияет на высоту потенциального барьера φ_B, а значит, не смещает ионы примесных атомов и не изменяет их пространственное распределение, как это, по-видимому, происходит при магнитном упрочении металлов [4,5].

Все изменения проводимости диодов были обратимыми.

Выводы.

1. Измерение уровня накопления неравновесного заряда в изолирующих плёнках полупроводниковых приборов при их МИО является универсальным неразрушающим методом контроля качества и надёжности работы практически для всех полупроводниковых приборов, включая микросхемы.

2. Заполнение неравновесными носителями заряда ДАП и их рекомбинация может приводить к обратной положительной связи по току или напряжению и к образованию отрицательного сопротивления *N* - типа или *S* - типа, возникновению своеобразных низкочастотных шумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Преснов В.А., Богданов А.В., Клаузов А.Ф. Термостимулированная проводимость синтетических полупроводниковых алмазов, легированных в процессе синтеза бором. Изв. вузов СССР. Сер. Физика.- 1978. - № 9. - с.130-132.

2. Богданов А.В., Викулин И.М. Приборы на основе полупроводниковых алмазов. Обзоры по электронной технике Серия 2.Полупроводниковые приборы. , Выпуск 3 (1274).- Москва: Изд-во ЦНИИ «Электроника», 1987. - 56 с.

3. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г.Физика полупроводников.– М.: Наука, 1977.- 672 с.

4. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочение изделий (теория и практика).- Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2009.- 352 с.

5. Богданов А.В., Малыгин Б.В. Электропроводность твёрдых тел по донорно-акцепторным парам.- Вестник ХГТУ. - 2010. - № 1.

 ISSN 2076-2887

УДК 621.317+681.518

ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПОЛИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Гордеев Б.Н., Зивенко А.В., Наконечный А.Г.

Постановка проблемы. Полиметрические измерения базируются на контактном зондировании контролируемых сред (объектов) короткими электромагнитными импульсами и анализе отраженных сигналов во временной и частотной областях. Точность оценки количественных и качественных характеристик этих сред в значительной степени зависит от длительности зондирующего импульса. Повышение точности полиметрических измерений может быть достигнуто укорочением длительности зондирующих импульсов и соответственно расширению их частотного спектра [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Для получения коротких зондирующих импульсов применяют различные полупроводниковые приборы, работающие в режиме переключения с положительной обратной связью. Однако большинство переключателей с положительной обратной связью по току (лавинные транзисторы, тиристоры, динисторы и др.) чувствительны к эффектам локализации тока [2]. Токовая неустойчивость отсутствует в переключателях, коммутационные процессы в которых происходят за одно пролетное время носителей через базовую область. Этому классу переключателей принадлежат диоды с накоплением заряда – ДНЗ (SRD) [3]. Существующие ДНЗ позволяют получать импульсы длительностью порядка 1 Нс (по основанию импульса). Однако получение более коротких импульсов затруднительно для работы в сложных условиях эксплуатации (температура, влажность, давление окружающей среды), что ограничивает их применение в полиметрических измерительных системах.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Формирование электромагнитных импульсов малой длительности без увеличения потребления электроэнергии на основе схемных решений и использовании отечественных ДНЗ, ориентированных на работу в промышленных условиях представляет собой достаточно сложную и нерешенную до конца задачу.

Цель работы. Укорочение зондирующего импульса с минимальными затратами энергии и минимальными схемными решениями, на основе доступной элементной базы, способной работать в сложных климатических условиях, для повышения точности полиметрических измерений.

Изложение основного материала. Используемые способы формирования электромагнитных импульсов обеспечивают получение зондирующего импульса для полиметрических измерений длительностью порядка 1 Нс.

Ширина спектра импульса в простейшем приближении определяется его длительностью и будет определяться выражением (1):

$$\Delta f = \frac{1}{\tau}, \tag{1}$$

где: τ – длительность импульса.

При $\tau = 1Hc$, полоса частот его спектра составляет величину прядка 1 ГГц, а линейный интервал, занимаемый импульсом – О.3 м. Уменьшение длительности зондирующего импульса до 0.5 Нс позволить расширить ширину спектра до 2 ГГц, и уменьшить линейный интервал занимаемый зондирующим импульсом до 0.15 м, что позволит повысить точность измерений количественных и качественных характеристик жидких сред [5].

Существующие схемы формирования коротких импульсов двухступенчатые – вначале формируется предварительный запускающий импульс, который далее поступает на конечную ступень, где окончательно формируется зондирующий импульс.

На рис. 1 представлена схема формирования предварительного импульса запуска, которая преобразует входной меандр в импульсы отрицательной полярности с фронтом порядка 3 нс и амплитудой –7,8 В.

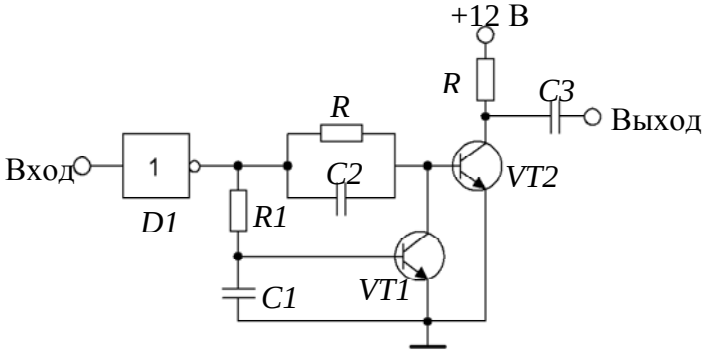


Рис. 1 Предварительный формирователь импульса запуска

На рис. 2 приведен сигнал на выходе схемы предварительного формирователя (на рис.2,4,6,7 приведены осциллограммы, полученные на реальных действующих объектах).

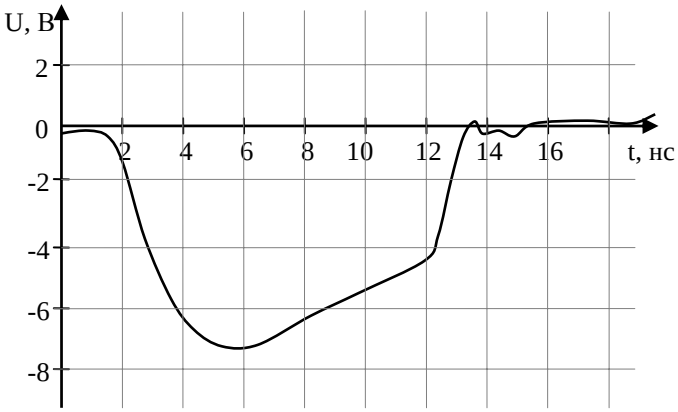


Рис. 2 Осциллограмма импульса предварительного запуска

Далее запускающий импульс со схемы предварительного формирователя поступает на оконечную схему генератора зондирующих импульсов (рис. 3).

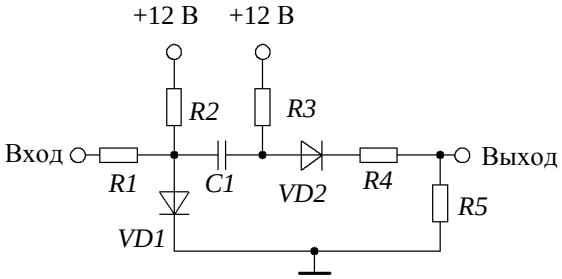


Рис. 3 Схема генератора наносекундных импульсов

Работа схемы оконечного каскада заключается в следующем: диод *VD1* обостряет передний фронт, а *VD2* формирует задний фронт импульса. Эти диоды работают в режиме накопления заряда [2,4]. В исходном состоянии от источника напряжения 12 В через диод *VD1* проходит ток, величина которого устанавливается резистором *R2*. В базе диода накапливается заряд неосновных (неравновесных) носителей, величина которого тем больше, чем больше сила тока и эффективное время жизни носителей. В используемых диодах это время составляет примерно 60 нс. В момент, когда на диод поступает запирающий импульс, в цепи диода возникает обратный ток, продолжительностью зависящей от величины накопленного заряда и обратного тока, которым рассасывается заряд. На-

 ISSN 2076-2887

пряжение на диоде при этом меняется незначительно и практически близко к нулю. Этот этап переходного процесса при запирании диода называется фазой постоянного обратного тока. Во время этой фазы диод как бы шунтирует источник импульса, и напряжение на выходе схемы отсутствует. Затем за счет резкого уменьшения обратного тока напряжение на диоде быстро возрастает, диод запирается. Продолжительность этого этапа называется фазой спада тока. Из этого перепада напряжения формируется передний фронт импульса.

Обостренный импульс напряжения с фронтом около 700 пс и амплитудой –8 В показан на рис. 4.

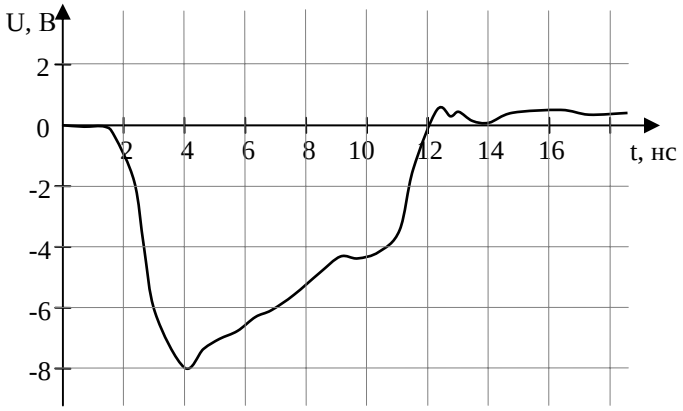


Рис. 4 Осциллограмма импульса напряжения с обостренным передним фронтом

Для укорочения длительности переднего фронта предлагается способ, не повышающий потребление электроэнергии по сравнению с существующими схемами и требующий использование минимального количества дополнительных аппаратных средств. Такое решение может быть получено благодаря внесению дополнительного каскада, не потребляющего электроэнергии в статическом режиме, а непосредственно только при генерации импульса.

Схема генератора с дополнительным формирователем на диоде *VD2* показана на рис. 5.

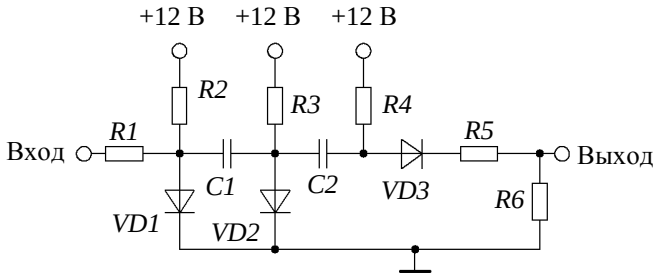


Рис. 5 Схема генератора наносекундных импульсов с дополнительным каскадом

Обостренный импульс напряжения с диода *VD1* через конденсатор *C1* поступает на второй обостряющий диод *VD2*. Прямой ток, устанавливаемый резистором *R3*, выбран несколько меньшим, чем через диод *VD1*, так как фронт импульса, поступающего на диод, достаточно короткий. Диод *VD2* обостряет фронт до 400 пс (рис. 6).

Далее импульс через конденсатор *C2* поступает на диод *VD3*, который включен последовательно и служит для формирования заднего фронта импульса. Постоянный прямой ток поступает на диод от внешнего источника через резистор *R4*. Подбирается он таким образом, что бы добиться как можно меньшей длительности без уменьшения амплитуды. Осциллограмма импульса амплитудой –0,65 В и длительностью 1 нс показана на рис. 7.

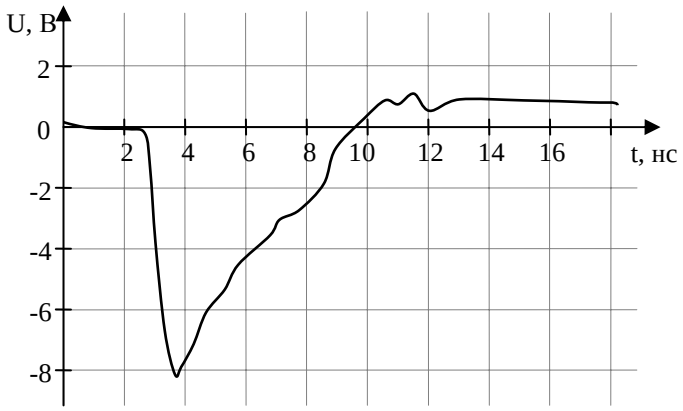


Рис.6 Осциллограмма зондирующего импульса напряжения после дополнительного каскада

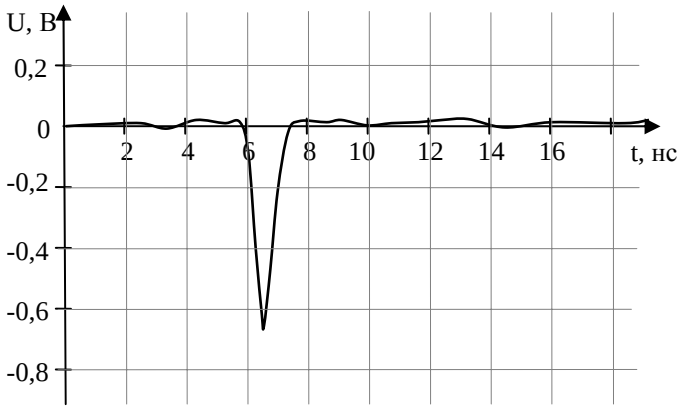


Рис. 7 Осциллограмма зондирующего импульса

Выводы. За счет схемного решения с использованием дополнительного каскада на базе ДНЗ удается сократить длительность зондирующего импульса на 60%. Использование подобного способа обострения импульсов не приводит к увеличению потребления энергии генератором зондирующих импульсов. 3.Разработанные схемные решения обострения отличаются простотой и обеспечивают надежную эксплуатацию генераторов зондирующих импульсов в промышленных условиях, в температурном диапазоне – 30..+85 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебович Г.В., Андриянов А.В., Введенский Ю.В. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов // Под ред. Г.В. Глебовича. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.

2. Еремин С.А., Мокеев О.К., Носов Ю.Р. Полупроводниковые диоды с накоплением заряда – М.: Сов. радио, 1966. – 142 с.

3. Pavel PROTIVA, Jan MRKVICA, Jan MACHÁČ Universal Generator of Ultra-Wideband Pulses // Radioengineering, 2008, Vol. 17, №2, pp. 74-78.

4. Гордеев Б.Н. Оперативный контроль количественных и качественных характеристик углеводородных топлив // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Т. 77, вип. 64. – Миколаїв: Вид-во МДТУ ім. Петра Могили, 2008. – С. 32–37.

 ISSN 2076-2887

УДК 681.5.016

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Дзюбаненко А. В.

Вступление

Многие отрасли техники, имеющие отношение к получению, обработке, хранению и передаче информации, в значительной степени ориентируются в настоящее время на развитие систем, в которых информация имеет характер изображений и видеоданных. Изображение, которое можно рассматривать как двумерный сигнал, является значительно более емким носителем информации, чем обычный одномерный (временной) сигнал. Вместе с тем, решение научных и инженерных задач при работе с визуальными данными требует особых усилий, опирающихся на знание специфических методов, поскольку традиционная идеология одномерных сигналов и систем мало пригодна в этих случаях. В особой мере это проявляется при создании новых типов информационных систем, решающих такие проблемы, которые до сих пор в науке и технике не решались, и которые решаются сейчас благодаря использованию информации визуального характера.

Постановка задачи

Повышение эффективности обработки информации является актуальной задачей компьютерных систем обрабатывающих видеоинформацию. Требования к реалистичности генерируемых изображений постоянно растут. Это приводит увеличению объемов обрабатываемой информации, к усложнению алгоритмов обработки, и, как следствие, к росту вычислительных затрат. В то же время, для многих приложений необходима очень высокая скорость обработки графической информации. Рост производительности оборудования решает эту проблему, как показывает практика, лишь отчасти. Возможны следующие пути повышения эффективности обработки графической информации.

Решение задачи

Первый путь — сокращение объемов данных. Описание объекта может содержать избыточную или несущественную информацию, которую можно отбросить. Допустим, имеется сеточное представление объекта — некоторого рельефного изображения на плоской поверхности. Чтобы передать сложную структуру изображения, сетка должна быть достаточно мелкой (и, следовательно, содержать большое число вершин и треугольников). Однако заметно, что выдерживать постоянный шаг сетки для всего объекта не требуется. Мелкая сетка явно избыточна для задания фрагмента плоскости. Некоторые участки изображения также можно представить с помощью более крупных треугольников. Таким образом, объект можно представить сеткой с меньшим числом треугольников. Затраты на обработку такой сетки снижаются, также уменьшается расход памяти для ее хранения. Существенность информации может определяться не только особенностями объекта, но и особенностями отображения объекта. Предположим, что сетку из вышеприведенного примера потребовалось отобразить в область малого размера. При этом может получиться, что реальный размер некоторых треугольников сетки составит менее 1-2 пикселов. Очевидно, что в таком случае имеет смысл использовать более крупную сетку.

Второй путь — поиск удобных для обработки представлений информации. Например, представлений, которые обеспечивают эффективную реализацию таких упомянутых выше операций, как сокращение общего объема данных и выбор информации, существенной для отображения объекта при заданных условиях. Также желательно, чтобы одно представление могло использоваться для решения сразу нескольких подзадач сложной многоэтапной обработки объекта. В этом случае отсутствие необходимости на каждом этапе преобразовывать объект в новое представление может упростить общую процедуру обработки и повысить эффективность ее реализации.

Третий путь — разработка более производительных алгоритмов обработки информации. Повышение производительности может достигаться разными методами, например, оптимизацией существующих алгоритмов, применением более эффективных численных методов, распараллеливанием, аппаратной поддержкой части вычислений и т.д. Очевидно, что разработка производительных алгоритмов тесно связана с поиском представлений информации, обеспечивающих эффективную обработку.

Допустим теперь, что существует описание объекта в виде многослойной структуры, обладающей следующим свойством: первый слой содержит информацию, достаточную для грубого (с низким разрешением) приближения объекта; при добавлении информации из каждого последующего слоя степень детализации постепенно увеличивается, пока объект не будет восстановлен полностью (то есть с максимальным разрешением). Такое представление обладает целым рядом полезных свойств. Прежде всего, оно позволяет выделить на изображении фрагменты, которые при переходе от слоя к слою меняются либо слабо, либо, напротив, сильно. Слабые изменения свидетельствуют о том, что данный фрагмент достаточно хорошо представим и с невысоким разрешением. Это позволяет исключить информацию, соответствующую такому фрагменту, из последующих слоев, и обеспечивает, таким образом, сжатие информации, т.е. сокращение объемов данных. Сильные изменения, наоборот, соответствуют фрагментам, которые требуется представлять с высоким разрешением, их локализация позволяет выделять контуры изображения, мелкие детали и т.д. Многослойное представление открывает широкие возможности и для редактирования объектов: вносить изменения можно не в объект целиком, а либо в одно из приближений объекта, либо в детализирующие слои. Иерархическая структура позволяет эффективно отображать объект в зависимости от конкретных условий (параметров графического устройства, расположения объекта в сцене, положения наблюдателя). Возможна демонстрация объекта с разрешением, возрастающим по мере получения детализирующей информации. Такая операция (т.н. прогрессивная передача), полезна в случае, когда невозможно моментально получить полностью описание объекта, например, при передаче по сети, или если нужно получить изображения большого числа объектов, не требуя их воспроизведения с высоким разрешением, например, при просмотре результатов запросов к базам данных с графической информацией.

Таким образом, иерархическое представление позволяет обеспечить разностороннюю обработку объекта, включая сжатие данных и управление уровнем детализации. Кроме того, как будет показано ниже, построение и обработка таких представлений может осуществляться с помощью достаточно простых и эффективных алгоритмом.

При проектировании современных компьютерных систем применяют блочно иерархический подход. Он использует идеи декомпозиции сложных описаний процессов и соответственно средств их реализации на иерархические уровни и аспекты, вводит понятие стиля проектирования (восходящие и нисходящее), устанавливает связь между параметрами соседних иерархических уровней.

Обобщенная структура всякой компьютерной системы анализа изображений была представлена на рис. 1. Устройство захвата кадров формирует изображение в цифровом виде. За этим блоком может стоять любое аппаратное устройство захвата и оцифровки изображений (сканер, видеокамера, веб-камера, ip-камера, фотоаппарат) либо программное средство вывода изображений и видеопотоков. Цифровое изображение в определенном формате поступает на блок предварительной обработки для устранения шумов и повышения яркостно-контрастных характеристик. Цель блока поиска объектов – определить находится ли объект или объекты, представляющие интерес, на изображении или нет.

 ISSN 2076-2887

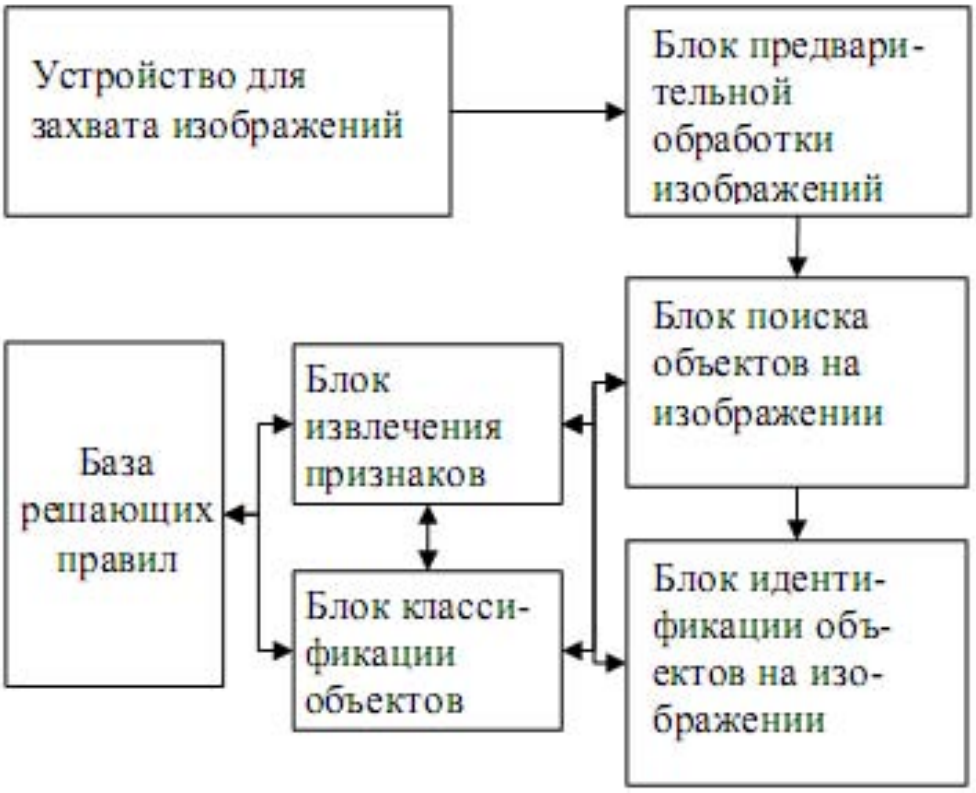


Рис.1 Структурная схема систем анализа изображений

Объектом, в зависимости от типа решаемой задачи, может быть: буква алфавита, лицо, автомобиль, дорожный знак и т.д. Если целевой объект присутствует, то блок должен возвратить координаты его местоположения, что является исходной информацией для осуществления идентификации с помощью следующего блока. Идентификация необходима для установления тождественности между неизвестным образом и образом, хранимым в базе данных системы. Результатом идентификации может быть информация в любом виде (цифровом, текстовом, графическом), понятном оператору. Отметим, что каждый блок может быть реализован как программно, так и аппаратно.

Унифицированый принцип решения задач поиска и идентификации объектов за счет унификации процедуры извлечения признаков и трансформации задачи разделения мультиклассов в задачу разделения двух классов. В соответствии с ним блок, решающий задачу извлечения признаков, является универсальным и может использоваться как при поиске, так и при идентификации. Идентичные свойства проявляет блок классификации объектов.

В соответствии со схемой блок поиска или блок идентификации инициирует запросы к блокам извлечения признаков и классификации объектов. Те, в свою очередь, передают запрос к базе решающих правил на получение информации о количестве и параметрах фильтров, количестве и параметрах слоев ассоциативных машин. Получив необходимые данные из базы, блоки извлечения признаков и классификации объектов выполняют необходимые операции и возвращают результат в блок, который был инициатором запроса. В структурную схему систем анализа изображений также могут быть введены дополнительные блоки, осуществляющие хранение и обмен специфичной информацией, а также оптимизирующие скорость и точность распознавания. К первому типу относятся блок интерпретации и "База данных 1". Ко второму блок фильтрации ложных сигналов, блок верификации качества изображения блок нормализации объектов (рис. 2).

Рис. 2 Расширенная структурная схема системы анализа изображений

Блок интерпретации результата необходим для преобразования информации о распознанном объекте из числовой формы в символьную или графическую, которая доступна для понимания человеком. "База данных 1" ведет журнал событий распознавания, содержит изображения идентифицированных объектов, а также описание зарегистрированных в системе классов объектов. Блок фильтрации ложных объектов, по сути, сужает пространство поиска и тем самым уменьшают вычислительную сложность задачи. Для достоверной идентификации необходимо убедиться в том, что качество изображения будет способствовать ее точному осуществлению. Отметим, что качество идентификации напрямую зависит от качества изображения. Поэтому в системе анализа изображений присутствует блок, выполняющий верификацию качества изображения, а также, если это возможно, обеспечивающий минимально необходимый уровень качества путем дополнительной цифровой обработки. Суть блока нормализации объектов сводится к тому, что выполняется преобразование изображения к виду, удобному для распознавания. Последнее подразумевает некий стандарт для нормализованного изображения, в качестве которого могут выступать средняя яркость, разброс или дисперсия яркости на изображении, ориентация изображенного объекта, его размеры и т.д. Процедура нормализации может осуществляться либо за счет дополнительной обработки изображения, либо посредством поиска дополнительных опорных точек, относительно которы выполняется переориентация объекта. Последний вариант подразумевает решение основной задачи распознавания – поиска объектов. Следовательно, блок нормализации имеет связь с блоками извлечения и классификации признаков.

 ISSN 2076-2887

Выводы

В тоже время традиционная аналоговая техника связи повсеместно в мире заменяется более совершенной цифровой. Важнейшее преимущество цифровой техники - возможность цифровой обработки, передачи и хранения информации в частности, визуальной. В связи с этим цифровая обработка изображений ввиду ее особой важности выделилась в самостоятельную область техники. В эту область входят коррекция изображений, их "препарирование", т.е. сознательное разделение на части цифровыми средствами, видоизменение этих частей и их обратная "сборка" в изображение, оценка параметров изображений с целью контроля качества их передачи и приема, преобразование и кодирование изображений, компьютерная графика, а также визуализация информации, т.е. представление массивов данных в виде различных изображений, что очень эффективно, так как облегчает решение широкого класса сложных абстрактных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ., Под ред. Я.З.Цыпкина. – М.: Наука. Гл.ред.физ.-мат.лит., 1991. – 432 с.

2. Макаров И.М. Управляющие системы промышленных роботов. М.: Машиностроение, - 1984. - 287 с.

3. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники.- М.: Наука 1986. - 288 с.

4. Павленко І.І. Синтез структури промислових роботів та аналіз їх механічних систем для верстатів з ЧПУ.- М.: Машиностроение.–1996.-230 с.

5. Сейдж Э.П., Мелса Дж. Идентификация систем управления. - М.: Наука, 1974.-248 с.

6. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами: Пер. с англ. / Под ред. Б. Р. Левина. – М.: Радио и связь, 1982 . – 392 с., ил.

7. Современные методы идентификации систем: Пер.с анг./ Под ред. П.Эйкхоффа. – М.: Мир. 1983. – 400 с., ил.

8. Ту Д.Т., Гонсалес Р.К. Принципы распознавания образов / пер. с анг. И.Б. Гуревич; Под ред. Р.И.Журавлева. – М.: Мир, 1978. – 411 с.

9. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. – М.: Радио и связь, 1986. –264 с.

10. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. - М.: Наука, 1984. – 320 с.

11. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. – М.: Наука; Физ.мат.лит, 1995. –336 с.

12. Шередеко Ю.Л., Марусяк А.В. Способ корректного сведения задачи идентификации к задаче распознавания образов // УсиМ. - 2002. – №5. – С.5- 12.

УДК 681.3.01:519.67

ПОРОГОВО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ЦВЕТНЫХ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА JSEG

Полякова М.В., Ищенко А.В., Худайбердин Э.И.

Актуальность. Под сегментацией понимают процесс разбиения изображения на непересекающиеся области, семантически соответствующие объектам. Такая процедура необходима для решения различных задач: определения объектов на фотографиях, сделанных со спутников (дорог, лесов, и т. п.); распознавания отпечатков пальцев; распознавания лиц; обработки медицинских изображений (определения опухолей и других патологий, определения объемов тканей, диагностики, планирования лечения, изучения анатомической структуры).

Сегментация изображения обеспечивает снижение объема обрабатываемой информации. В процессе распознавания образов сегментация занимает одно из основополагающих мест по причине зависимости качества решения, получаемого в результате работы системы распознавания образов в целом, от правильно выделенных объектов. Ошибочное определение положения и размеров объектов на изображении, причиной которого может служить избыточная или недостаточная сегментация, в значительной степени усложняет получение приемлемого решения задачи и приводит к ошибочным результатам.

В процессе сегментации проводится разбиение изображения на области, однородные по какому-нибудь признаку: интенсивности, текстуре, цвету. Большинство существующих методов сегментации, такие как методы прямой кластеризации в цветовом пространстве, методы, основанные на стохастических моделях, методы наращивания областей, морфологического водораздела, диффузии энергии, разрезания графов, хорошо работают на однородных цветных областях. Но семантические объекты обычно соответствуют областям, однородным не только по цвету, но и по текстуре. Однако многие методы текстурной сегментации требуют оценки параметров текстурной модели, что является сложной задачей, которая решается в четко выделенной однородной области для получения устойчивой оценки.

Анализ существующих методов решения задачи. Одним из методов сегментации цветных изображений на однородные текстурные области является метод JSEG [1]. Согласно этому методу вместо оценки параметров модели текстуры проверяется однородность каждого фрагмента изображения, что приводит к сокращению объема вычислений. Метод JSEG включает 2 этапа: квантование цветов и пространственную сегментацию по текстурному признаку. На первом этапе цвета на изображении квантуются на несколько представительных классов, которые могут быть использованы для дифференциации областей изображения. Это квантование происходит в цветовом пространстве без учета пространственного расположения цветов. Значения цветов пикселей изображения изменяются на соответствующие им маркеры классов, тем самым формируя карту значений цвета изображения. Последняя может быть рассмотрена как текстурное изображение. На втором этапе пространственная сегментация применяется прямо к карте значений цвета, без учета сходства цветов соответствующих пикселей. Для этого определен текстурный признак сегментации на основе карты значений цвета изображения. Вычисление этого признака в локальных окнах на карте значений цвета изображения выполняется путем определения в окрестности каждого пикселя J-величины — нормированной разности общей дисперсии координат пикселей окрестности и внутриклассовой дисперсии координат пикселей окрестности. Чем выше значение J-величины в окрестности пикселя изображения, тем больше вероятность того, что соответствующий пиксель принадлежит границе однородной области. Свойства результата J-преобразования позволяют использовать методы наращивания областей для определения «центров группирования» с последующим присоединением соседних пикселей изображения. В качестве «центов группирования» выбираются пиксели с

 ISSN 2076-2887

малыми значениями *J*-величины. После наращивания областей проводится слияние мелких фрагментов изображения.

Преимущество метода JSEG в том, что отделение сходства цвета пикселей от их пространственного расположения позволяет развивать методы обоих этапов сегментации. Метод обладает высокой помехоустойчивостью и может проводить сегментацию изображения на разных масштабах за счет варьирования размера окрестностей пикселей карты значений цвета. Недостаток метода JSEG — высокая погрешность определения координат точек границ однородных областей, пересегментация в области теней объектов, недостаточная сегментация в случае плавного изменения значений цвета на изображении.

Постановка задачи. Целью работы являлось снижение погрешности определения координат точек границ однородных областей цветного изображения методом сегментации JSEG путем модификации *J*-преобразования. Усовершенствованный метод исследован на тестовых изображениях и применен для сегментации цветных цифровых фотоснимков.

Математическая модель цветного изображения. Цветовая модель описывает цвета изображения стандартным образом, определяя некоторую систему координат и подпространство внутри этой системы, в которой каждый цвет представляется единственной точкой [2]. Существующие цветовые модели ориентированы на устройства воспроизведения (цветные принтеры, мониторы) или на прикладные задачи, возникающие при работе с графикой (создание цветной графики в анимации). Аппаратно-ориентированными цветовыми моделями является модель RGB для цветных мониторов, модель CMY для цветных принтеров и модель HSI, соответствующая цветовосприятию человека. Недостаток этих моделей в том, что соответствующие цветовые пространства не являются перцептивно однородными и не могут использоваться для вычисления цветовых расстояний. Поэтому в работе использовалось цветовое пространство Luv [3]. Это пространство является колометрическим, т. е. одинаково воспринимаемые цвета имеют одинаковые цветовые координаты, и равноконтрастным (т. е. равным изменениям координат цветности соответствуют равные изменения в ощущении цвета). Параметр L соответствует интенсивности цвета, u отвечает за переход от зеленого к красному (при увеличении), а при увеличении параметра v происходит переход от синего к фиолетовому. Если u и v равны 0, то, изменяя L, получаем цвета, являющиеся градациями серого.

В качестве расстояния между цветами (L_1, u_1, v_1) и (L_2, u_2, v_2) используется евклидово расстояние:

$$D = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}\ . \qquad (1)$$

Достоинство пространства Luv в том, что оно учитывает восприятие цветов человеком и различие между цветами определяется формулой (1), которая применяется в определенных условиях: освещение, фон не должны мешать и отвлекать наблюдателя.

Квантование цветов изображения. Обычные 24-битные цветные изображения имеют тысячи цветов, которые тяжело обрабатывать непосредственно. На первом этапе метода сегментации JSEG, цвета на изображении квантуются. В результате квантования, полученным интервалам значений цвета присваиваются маркеры. Класс значений цвета — это набор пикселей изображения, принадлежащих одному интервалу. Цвет пикселей изображения заменяется на соответствующий маркер класса значений цвета. Полученное изображение, состоящее из таких маркеров, называется картой значений цвета.

Моделирование карты значений цвета на изображении. Карта значений цвета на изображении может рассматриваться как некоторая композиция текстур. Значение каждой точки на карте значений цвета характеризуется ее координатами на изображении, двумерным вектором (x, y). Каждая точка принадлежит некоторому классу значений цвета.

Классы значений цвета могут быть описаны при помощи модели статистической текстуры. В [4] приведено несколько моделей для представления статистических текстур.

В основе этих моделей лежит гипотеза о том, что образцы текстур — это выборка из некоторого вероятностного распределения.

Учитывая приведенное понятие статистической текстуры, примем следующую модель представления текстуры на карте значений цвета пикселей изображения. Пусть x=1, …, P; y=1, …, M — пространственные координаты. Пусть **Z** — множество всех N точек карты значений цвета. Предположим, что **m** — среднее значение координат пикселей карты значений цвета:

$$\mathbf{m} = \frac{1}{N}\sum_{\mathbf{z}\in\mathbf{Z}} \mathbf{z}\,.$$

где $\mathbf{z}=(x,y)$ – вектор значений координат пикселя изображения.

Допустим, что множество **Z** расклассифицировано на C классов, $\mathbf{Z_i}$, i=1, …, C. Пусть $\mathbf{m_i}$ – среднее значение координат N_i точек класса $\mathbf{Z_i}$,

$$\mathbf{m_i} = \frac{1}{N_i}\sum_{\mathbf{z}\in\mathbf{Z_i}} \mathbf{z}\,.$$

Модель статистической текстуры, описывающая координаты пикселя класса $\mathbf{Z_i}$, имеет вид:

$$\mathbf{z_i} = (x,y) = \mathbf{m_i} + \boldsymbol{N}_i(x,y),$$

где $N_i(x,y)$ — белый гауссовский шум с нулевым средним и дисперсией σ_i^2. Тогда модель текстуры, описывающая координаты пикселя **z**, определяется формулой

$$\mathbf{z} = (x,y) = \sum_{i=1}^{C} \chi_i(x,y)\left(\mathbf{m_i} + \boldsymbol{N}_i(x,y)\right),$$

где $\chi_i(x,y)$ — характеристическая функция множества $\mathbf{Z_i}$, i=1, …, C.

На границах классов значений цвета $\mathbf{Z_i}$ значения фоновой составляющей координат пикселей карты значений цвета изображения и значения дисперсии шума скачкообразно изменяется, но это изменение ограничено:

$$\left\|\mathbf{m_i} - \mathbf{m_j}\right\|^2 \le M^2 + P^2,$$

$$\left|\sigma_i - \sigma_j\right| \le \sigma_{\min},\ i = 1, ..., C;\ j = 1, ..., C;$$

где $\sigma_{\min}$ — параметр модели.

***J*-преобразование карты значений цвета на изображении.** Обозначим

$$S_T = \sum_{\mathbf{z}\in}\left\|\mathbf{z}-\mathbf{m}\right\|^2,\ S_W(\mathbf{z}) = \sum_{i=1}^{C}\sum_{\mathbf{z}\in\mathbf{Z_i}}\left\|\mathbf{z}-\mathbf{m_i}\right\|^2,$$

где S_T — это дисперсия координат точек на всем изображении, а $S_W(\mathbf{z})$ — это суммарная дисперсия координат точек, которые принадлежат одному классу. Здесь S_T зависит от размера и формы окрестности обработки в точке $\mathbf{z}=(x,y)$, но не зависит от самих значений координат точки (x,y).

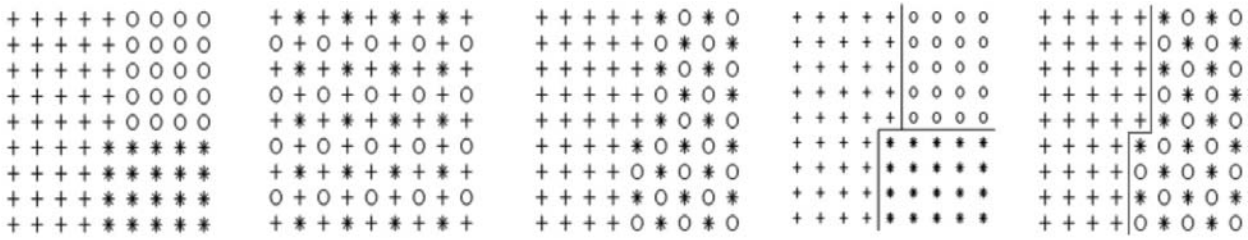
J-величина определялась по формуле [1]

$$J(\mathbf{z}) = \frac{S_T - S_W(\mathbf{z})}{S_W(\mathbf{z})}, \tag{2}$$

что основано на линейном дискриминанте Фишера [5] для нескольких классов в случае произвольного распределения значений из разных классов.

 ISSN 2076-2887

В случае, когда изображение состоит из нескольких однородных цветных областей, классы значений цвета отделены друг от друга и значения *J* велики (рис. 1, а; *J*=1,720). С другой стороны, если значения цвета из разных классов равномерно распределены по всему изображению, то значение *J* мало (рис. 1, б; *J*=0). Для карты значений цвета изображения с рис. 1, в, *J*=0,855, что указывает на более близкое к равномерному распределение значений цвета из разных классов, чем у карты, представленной на рис. 1, а. Заметим, что каждая карта значений цвета содержит три класса и количество точек каждого класса одинаково на всех трех картах значений цвета.



а б в г д

Рис.1 Карты значений цвета [1]: исходные (а, б, в) и сегментированные (г, д). Значения маркеров классов карты значений цвета представлены символами: «*», «+» и «о»

Рассмотрим карту значений цвета изображения с рис. 1, а. "Идеальной" сегментацией для этого случая является разбиение на три области, каждая из которых содержит только точки, принадлежащие одному классу (рис. 1, г). Карта значений цвета с рис. 1, б однородная и не требует сегментации. Для карты значений цвета с рис. 1, в, "идеальной" сегментацией является разбиение на две области. Одна область содержит пиксели, принадлежащие классу "+", вторая — пиксели, принадлежащие классам "*" и "о" (рис. 1, д).

Т. о. результат вычисления *J* по локальной области карты значений цвета является идентификатором однородности текстурной области цветного изображения. Поэтому на одном из этапов метода сегментации JSEG (рис. 2) строилось изображение, значения пикселей которого представляют собой значения *J*-величин в окрестностях этих пикселей. Такое изображение называлось *J*-изображение, а значение пикселя такого изображения — локальное значение *J*-величины. Чем выше локальное значение *J*-величины, тем более вероятно, что соответствующий пиксель лежит на границе однородных областей цветного текстурного изображения. *J*-изображение можно представить как трехмерное изображение ландшафта, для которого хребты представляют границы областей, а долины — однородные области.

Размер окна обработки определяет минимальный размер однородной области изображения. В данной работе для метода JSEG использовалось круглое окно 9x9 на наименьшем масштабе. На следующем масштабе размер окна удваивался и частота выборки уменьшалась (см. рис. 2). Множество масштабов, которые задают детальность сегментации изображения, определялось пользователем.

К результату *J*-преобразования изображения по формуле (2), которая использовалась в скользящем окне обработки, применялся гауссовский фильтр. Коэффициенты этого фильтра рассчитывались путем дискретизации функции

$$G_\sigma(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right),$$

где σ — параметр. Гауссовский фильтр является низкочастотным, он использовался с целью повышения помехоустойчивости результата *J*-преобразования.

Модификации *J*-преобразования карты значений цвета на изображении. Для снижения погрешности определения координат точек границ однородных областей изображения в работе предлагаются три новые модификации *J*-преобразования, т. е. преобразования характеристики разброса пространственного признака сегментации в значение

интенсивности изображения. В качестве характеристики разброса пространственного признака сегментации согласно методу JSEG использовалась внутриклассовая дисперсия координат пикселей классов значений цвета изображения.

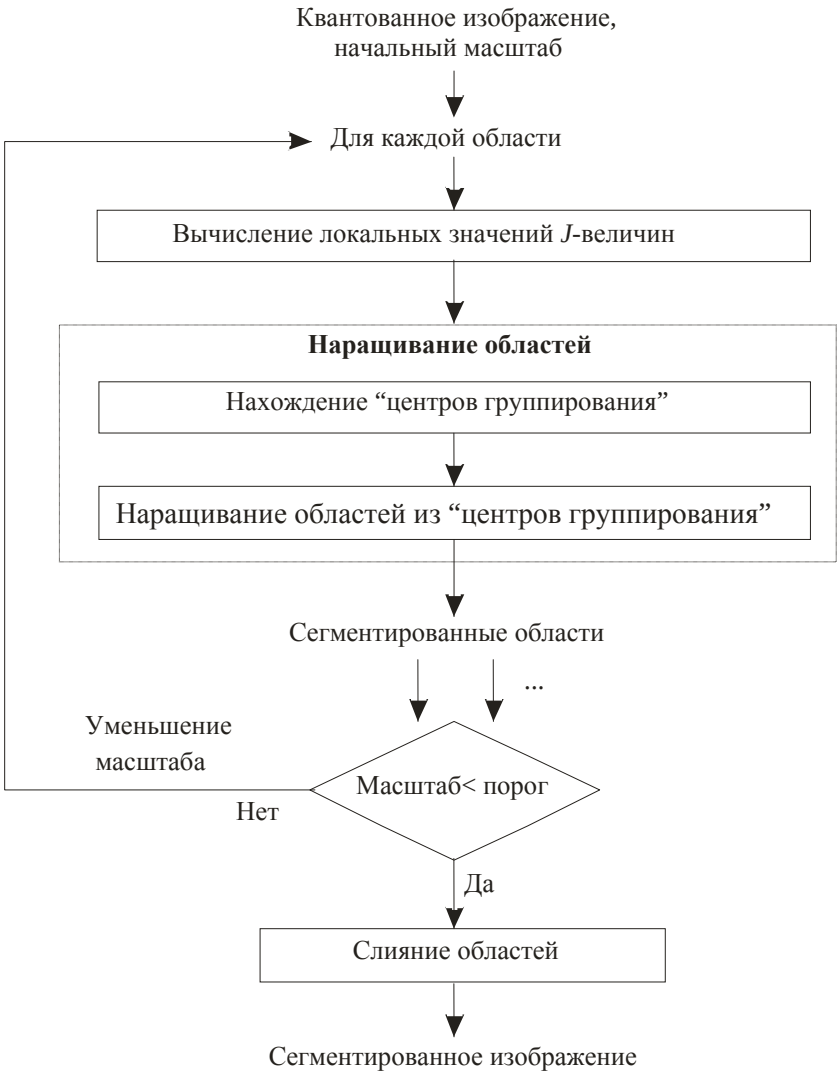


Рис. 2 Схема алгоритма пространственной сегментации [1]

В модификации I *J*-преобразования предлагается перед применением формулы (2) дополнительно сглаживать изображение с помощью фильтра $\{h(n)\}$ с коэффициентами $\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}\right)$. Такой сглаживающий фильтр меньше размывает контуры и текстуру на изображении значений пространственного признака сегментации по сравнению, например, с гауссовским фильтром. Пусть изображение, значения интенсивности которого соответствуют суммарной дисперсии $S_W(\mathbf{z})$ координат точек, принадлежащих одному классу значений цвета в окрестности точки $\mathbf{z} = (x, y)$, по строкам и столбцам сглаживалось фильтром $\{h(n)\}$. Полученное изображение обозначим $Z_W(\mathbf{z})$. В результате модификации I *J*-преобразование рассчитывалось по формуле

$$J_I = \frac{S_T \sum_n h(n) - Z_W(\mathbf{z})}{S_W(\mathbf{z})}. \qquad (3)$$

 ISSN 2076-2887

Дополнительное сглаживание значений пространственного признака сегментации повышает помехоустойчивость результата *J*-преобразования, а также снижает погрешность определения координат точек границ однородных областей изображения. Последнее достигается путем сужения импульсов *J*-преобразования за счет сглаживания колебаний на фронте и срезе импульсов.

Для снижения погрешности определения координат точек границ однородных областей изображения к значению пространственного признака сегментации предлагается также применять подчеркивающее преобразование

$$s = cr^{\gamma}, \tag{4}$$

где r — значение пространственного признака сегментации, $r \neq 0$, s — результат подчеркивающего преобразования, c, γ — константы, $c > 0$, $\gamma < 0$. В данной работе эти константы полагались равными 1 и -3 соответственно.

С учетом (4) модификации II и III *J*-преобразования проводились по формулам

$$J_{II} = \frac{\dfrac{1}{S_W(\mathbf{z})^3} - \dfrac{1}{S_T{}^3}}{\dfrac{1}{S_W(\mathbf{z})^3}}, \tag{5}$$

$$J_{III} = \frac{\dfrac{1}{S_W(\mathbf{z})^3} - \dfrac{1}{S_T{}^3}}{\max\limits_{\substack{\mathbf{z}=(x,y)\\ x=1,\ldots,P\\ y=1,\ldots,M}} \left(\dfrac{1}{S_W(\mathbf{z})^3} - \dfrac{1}{S_T{}^3} \right)}, \tag{6}$$

которые отличались лишь способом нормирования *J*-величины.

Экспериментальные исследования. В процессе экспериментальных исследований оценивались эффективная длительность подчеркнутого перепада пространственного признака сегментации изображения, а также помехоустойчивость и качество метода сегментации JSEG с применением предложенных модификаций *J*-преобразования.

Тестовое изображение состояло из 128x256 пикселей. В центре этого изображения находился вертикально ориентированный красно-зеленый перепад. *J*-преобразование данного изображения можно представить в виде полутонового изображения (рис. 3), для которого локальное значение *J*-величины отвечает значению интенсивности.

а б

Рис. 3 Тестовое изображение (а) и результат *J*-преобразования (б)

Эффективная длительность подчеркнутого перепада пространственного признака сегментации — показатель, функционально связанный с погрешностью определения координат точек границ однородных областей изображения. Он определялся по ослаблению результата *J*-преобразования тестового изображения с рис. 3 до 0,5 от максимального значения (табл. 1).

Согласно результатам табл. 1 и рис. 4, наименьшая эффективная длительность импульса для *J*-преобразования тестового изображения получена при помощи модификации III (на 33,33% ниже, чем для базового *J*-преобразования). Модификация II вообще не

уменьшает эффективную длительность импульса для *J*-преобразования тестового изображения и, следовательно, не дает снижения погрешности определения координат точек границ однородных областей изображения. Модификация I *J*-преобразования позволила получить промежуточный результат: снижение эффективной длительности импульса результата *J*-преобразования на 16,67% по сравнению с базовым преобразованием.

Таблица 1

Результаты исследования эффективной длительности импульса модификаций *J*-преобразования

J-преобразование	Эффективная длительность импульса в пикселях	Уменьшение эффективной длительности импульса относительно базового *J*-преобразования
Базовое, формула (2)	12	—
Модификация I, формула (3)	10	16,67%
Модификация II, формула (5)	12	0%
Модификация III, формула (6)	8	33,33%

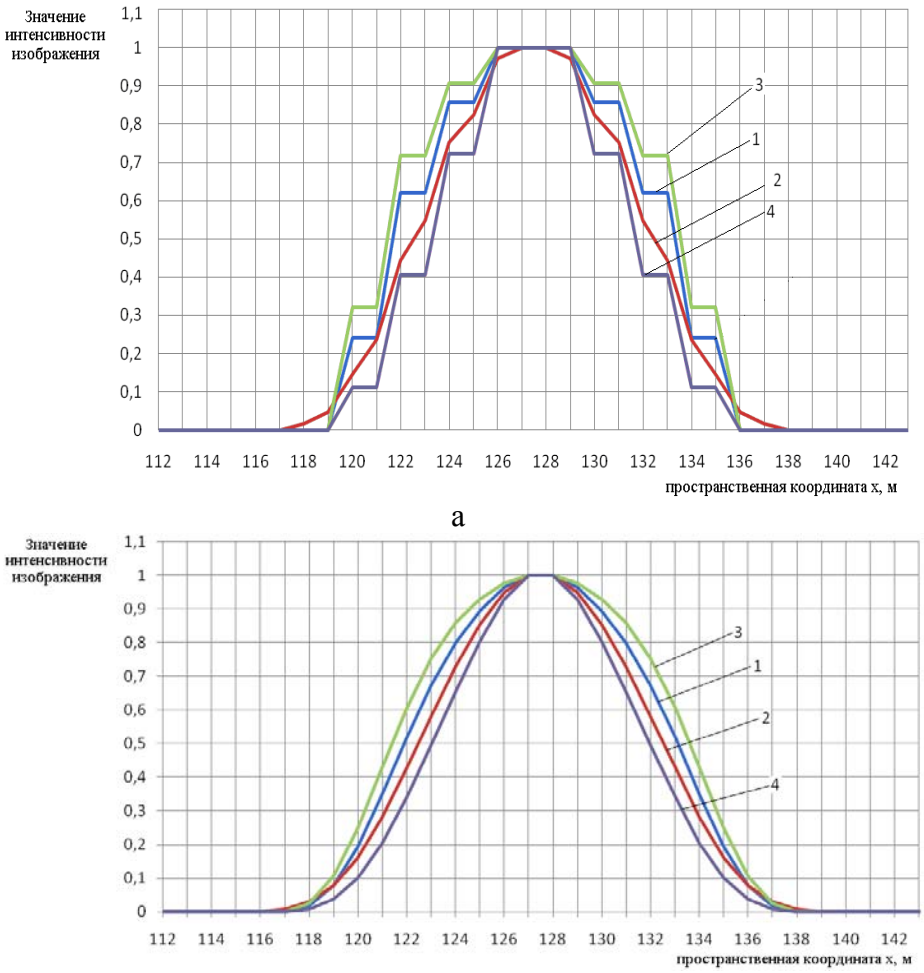


Рис. 4 Строка изображения *J*-преобразования без использования гауссовского фильтра (а) и с использованием гауссовского фильтра (б): 1 — базового *J*-преобразования; 2 — после модификации I по формуле (3), 3 — после модификации II по формуле (5), 4 — после модификации III по формуле (6)

 ISSN 2076-2887

При проведении экспериментальных исследований метода JSEG сегментации изображения с учетом предложенных модификаций *J*-преобразования оценивалась его помехоустойчивость и качество выделения границ сегментов. На каждую цветовую компоненту тестового изображения был наложен белый гауссовский шум. Отношение сигнал/шум по мощности определялось как $q = h^2 / \sigma_{вх}^2$, где h — разница значений цветовой компоненты.

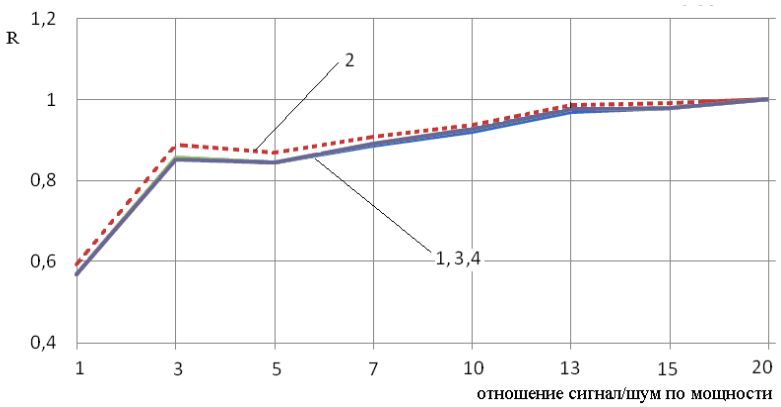
При оценке помехоустойчивости метода сравнивались идеально и реально сегментированные изображения по критерию Прэтта [6] (рис. 5, а).

Показателем качества сегментации изображения выбрано расстояние между границами тестового идеально сегментированного изображения $I^{эт}$ и сегментированного методом JSEG I^t [7]:

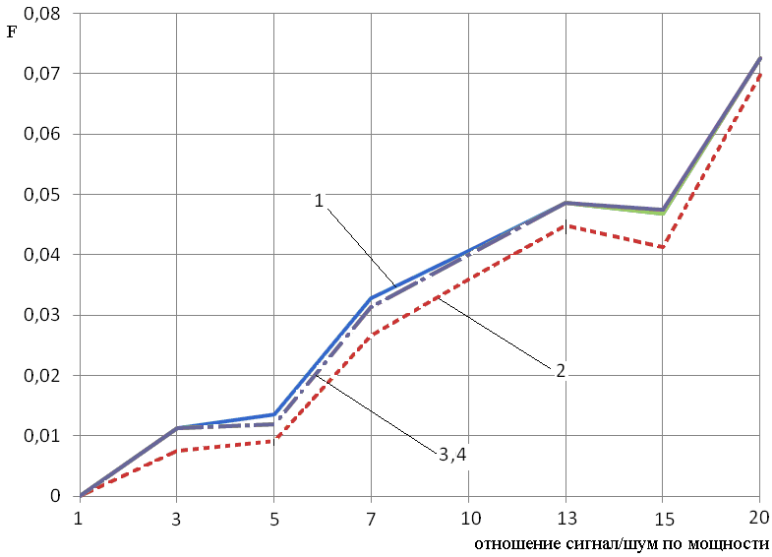
$$F = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}\left(I_{i,j}^{t} - I_{i,j}^{эт}\right)^2}}{D},$$

где D — длина границ выделенных сегментов в пикселах, M, P — размеры изображения.

На рис. 5, б приведен график зависимости показателя качества от отношения сигнал/шум.



а



б

Рис. 5 Зависимость критерия Прэтта (а) и показателя качества (б) от отношения сигнал/шум для метода сегментации JSEG с использованием: 1 — базового *J*-преобразования; 2 — после модификации I по формуле (3), 3 — после модификации II по формуле (5), 4 — после модификации III по формуле (6)

Анализируя полученные результаты, следует заметить, что по критерию Претта метод сегментации цветных изображений JSEG с использованием разработанной модификации I превышает базовый метод *J*-преобразования в 1,01 – 1,04 раз при отношении сигнал/шум 1 – 7 по мощности. При остальных значениях отношения сигнал/шум для метода JSEG с учетом разработанных модификаций *J*-преобразования по критерию Претта получены сходные результаты. По показателю качества метод JSEG с использованием модификации I *J*-преобразования превышает базовый метод JSEG в 1,08 – 1,49 раз при отношении сигнал/шум 3 — 20 по мощности.

Т. о. в результате применения метода JSEG с учетом предложенных модификаций *J*-преобразования к тестовому изображению наблюдалось снижение погрешности определения координат точек границ однородных областей изображения. При этом показатели качества и помехоустойчивости сравнимы или улучшены по сравнению с базовым методом JSEG.

Применение метода JSEG к реальным изображениям. Метод JSEG может быть применен для сегментации цветных изображений, полученных с помощью обычных цифровых фотоаппаратов. Результаты сегментации могут быть использованы для последующей обработки в системе распознавания образов, особенно для выделения областей, однородных по цветовым и текстурным признакам. Например, для изображения ствола дерева на фоне леса (рис. 6, а) результат сегментации с применением базового *J*-преобразования (рис. 6, б), модификации I (рис. 6, в) и модификации II (рис. 6, г) характеризуется наличием большого числа пересегментированных областей, в отличие от модификации III (рис. 6, д), на котором ствол дерева выделен как один сегмент.

Для изображения оазиса на вспаханном поле (рис. 6, е) результат сегментации с применением базового *J*-преобразования (рис. 6, ж), модификации I (рис. 6, з) и модификации II (рис. 6, и) также характеризуется наличием большого числа пересегментированных областей, в отличие от модификации III (рис. 6, к), в результате применения которой оазис выделен как один сегмент.

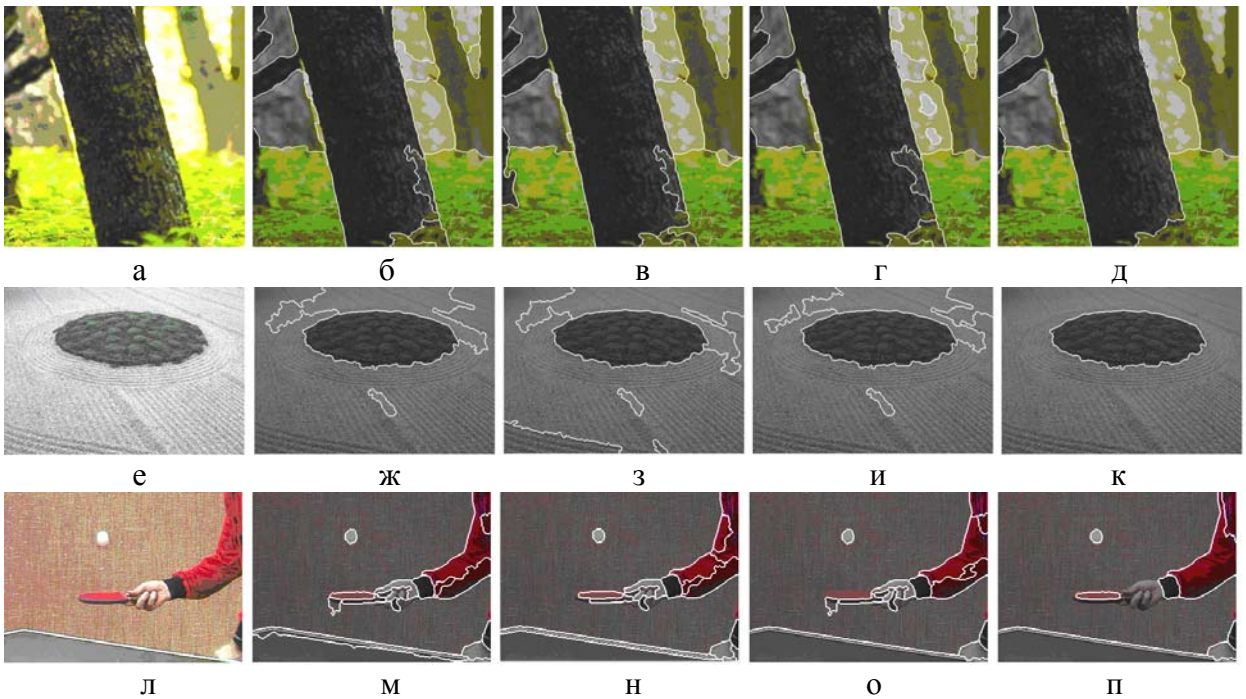


Рис. 6 Реальные изображения (а, е, л) и результат их сегментации методом JSEG с выполнением *J*-преобразования по формулам (2) (б, ж, м), (3) (в, з, н), (5) (г, и, о), (6) (д, к, п)

Еще один пример — изображение теннисной подачи (рис. 6, л). Результаты сегментации с применением базового *J*-преобразования (рис. 6, м) и модификации II (рис. 6, о)

 ISSN 2076-2887

также характеризуются наличием большого числа пересегментированных областей, лишними контурами, неровными границами. Результат сегментации с применением модификации I *J*-преобразования (рис. 6, н) тоже характеризуется пересегментированными областями, но все границы выделены с меньшей погрешностью. Для результата сегментации с применением модификации III *J*-преобразования (рис. 6, п) не характерны такие проблемы, как для других модификаций, однако из-за сходства цвета кисти руки и фона, рука не выделена как отдельный сегмент.

Выводы. В работе предложены модификации *J*-преобразования, подчеркивающего границы однородных текстурных областей на цветном изображении. Эти модификации использовались в методе JSEG сегментации цветных изображений. В результате применения модификаций I и III была снижена погрешность определения координат точек границ однородных областей тестового изображения на 16% и 33% соответственно. При этом использование модификации I *J*-преобразования в составе метода сегментации JSEG привело к улучшению качества сегментации до 1,5 раз. Применение предложенных модификаций *J*-преобразования привело лишь к незначительному улучшению помехоустойчивости метода JSEG на тестовом изображении. Проведенные исследования также показали, что модификация II *J*-преобразования не позволяет снизить погрешность определения координат точек границ однородных областей тестового изображения и ее дальнейшее использование нецелесообразно.

Метод JSEG с учетом разработанных модификаций *J*-преобразования был применен для сегментации цифровых цветных фотоснимков. В большинстве случаев лучшие результаты были получены с использованием модификации III *J*-преобразования.

Т. о. разработанные модификации I и III *J*-преобразования рекомендуется использовать в процессе применения метода JSEG для сегментации цветных изображений естественных сцен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deng Y., Manjunath B.S., Unsupervised segmentation of color-texture regions in images and video // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2001. – V. 23, № 8. – P. 800 – 810.

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

3. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д. Вейвлеты в компьютерной графике / Пер. с англ. – Ижевск: НИЦ РХД, 2002. – 272 с.

4. Харалик Р. Статистический и структурный подходы к описанию текстур // ТИИЭР. – 1979. – Т. 67, № 5. – С. 98 – 120.

5. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен / Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 510 с.

6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Т. 2. – М.: Мир, 1982. – 790 с.

7. Абакумов В.Г., Крылов В.Н., Антощук С.Г. Повышение эффективности обработки образной информации в автоматизированных системах // Электроника и связь: Темат. вып. «Проблемы электроники». – 2005. – Ч. 1. – С. 100 – 105.

УДК658.51:658.562:006.06/.07

ВИМІРЮВАННЯ У ПРОЦЕСНО-ОРІЄНТОВАНИХ СТАНДАРТАХ

Ковальов О.І.

Постановка завдання. Якщо говорити про вимоги процесно-орієнтованих стандартів на системи управління підприємствами (стандарти ISO серій 9000, 14000, 22000, 28000, стандарти ISO/IEC серій 20000, 27000 та ін.), то вони включають моніторинг та вимірювання процесів, продукції та системи в цілому. У матеріалах ISO/TC 176 «Управління якістю та забезпечення якості» дано визначення: «Моніторинг – спостереження, нагляд, утримання під наглядом; вимірювання або випробування, через певні проміжки часу, головним чином, з метою регулювання і управління». Спостереження – планомірне, систематичне і цілеспрямоване сприйняття об'єкта в цілому або окремих його сторін, при якому спостерігач не втручається в поведінку об'єкта, а лише фіксує його властивості. Вимірювання – визначення чисельного значення деякої величини за допомогою одиниці виміру.

Існують різні точки зору на концепцію вимірювань в рамках процесно-орієнтованих стандартів (ПОС). Одні стверджують, що все треба вимірювати, щоб знати, що і як покращувати, у той час як інші доводять, що не варто вимірювати показники роботи, якщо їх все одно не можна поліпшити [1]. Безумовно, вимірювання показників і їх поліпшення тісно взаємопов'язані і питання може бути поставлене таким чином: як розробити систему вимірювань, що підтримує зусилля з удосконалення? Для цього необхідно системне розгляд вимірювань.

Формулювання мети. Метою дослідження є порівняльний аналіз існуючої практики та вимог ПОС до вимірювання якості функціонування підприємств, включаючи результативність, ефективність, продуктивність, економічність, та інші аспекти, – для формулювання системного підходу до вимірювань.

Результати дослідження. Модель виміру та аналізу в ПОС складається з трьох компонентів: того, хто управляє (функціональні керівники); того, чим управляють (елементи системи управління); і того, що використовується для керування (засоби управління); а також відповідних елементів взаємодії між ними: рішення / дії, вимірювання / дані, інформаційний опис / сприйняття.

Дані – це результат безпосередніх вимірювань, тоді як інформація – це інтерпретація даних. У стандарті ДСТУ ISO 9000-2007 інформація визначена як значущі дані. Коли дані порівнюються з нормами так, що їх можна використовувати для прийняття рішень і ініціалізації дій, ми отримуємо інформацію. У результаті проведення вимірювань ми маємо дані; після їх аналізу та оцінки ми отримуємо інформацію. Керівники приймають рішення, які трансформуються в дії, що здійснюються над тим, чим вони керують: процесами, людьми, верстатами і т.д., тобто елементами системи. У цій системі проводяться вимірювання, дані збираються і зберігаються. Потім за допомогою методів управління вони витягуються, обробляються й аналізуються для прийняття рішень з метою вдосконалення діяльності.

Будь-яка компанія має скелет – інформацію, тобто систему, що забезпечує існування компанії як єдиного цілого. Автор [2] зазначає нове розуміння інформації, згідно з яким інформація потрібна не для реєстрації того, що вже сталося, а для планування діяльності в майбутньому.

З точки зору аналізу роботи підприємству необхідно вимірювати результативність та ефективність. Результативність є наслідком того, що «робиться правильну справу», а ефективність є наслідком того, що «справа робиться правильно» [3]. Відповідно до ДСТУ ISO 9000, результативність (effectiveness) – ступінь, з якої запланована діяльність реалізована, а заплановані результати досягнуті. Результативність має відношення до виходів і результатів. Це – відношення фактичного виходу до очікуваного (запланованому). З її до-

 ISSN 2076-2887

помогою оцінюється, чи робиться правильна (потрібна) робота. Ефективність (efficiency), характеризує зв'язок між досягнутими результатами та використаними ресурсами. Це – відношення виходів до ресурсів. З її допомогою оцінюється, чи робиться робота правильно[1].

Також можна зв'язати результативність та ефективність, відповідно, з керівництвом та контролюванням. Управління включає два рівні: керівництво і контролювання. Наприклад, ДСТУ ISO 9000 дає визначення: управління (management) – скоординовані дії щодо спрямовування та контролювання діяльності організації. Спрямовування (або керівництво) – це послідовність дій, націлених, перш за все, на створення підприємства, його формування, а також на пристосування його до істотно мінливих обставин. Воно стосується того, як справлятися зі змінами: формулювання перспективних цілей (розвитку підприємства), об'єднання людей цими цілями та їх надихання на здійснення намічених цілей.

Контролювання (або адміністрування) – це дії, спрямовані на забезпечення нормального функціонування трудових колективів і технологічних систем: складання бюджетів, комплектування персоналом, контроль та вирішення проблем [4]. Контролювання фокусується на нижньому рівні: як мені зробити це найкращим чином? Керівництво має справу з верхнім рівнем: що саме я хочу зробити? Таким чином, контролювання вимірюється за допомогою ефективності, а керівництво (або лідерство) – за допомогою результативності. Від контролювання залежить швидкість підйому по сходах успіху; керівництво визначає, до тієї чи стіни приставлені сходи.

Ви можете швидко усвідомити – вказується в [5] – важливу відмінність між цими двома поняттями, якщо уявити собі, як група людей пробирається крізь джунглі, прокладаючи собі шлях за допомогою мачете. Це виробники, вони вирішують проблему. Вони прокладають дорогу. За їхніми спинами знаходяться адміністратори, ті, хто контролює виробників, здійснюють оперативне управління. Вони заточують мачете, створюють правила, посібники та інструменти, організовують програми з відновлення м'язової сили, пропонують технологічні нововведення, розробляють виробничі графіки та плани матеріального стимулювання для виробників. Лідер же (керівник) – той, хто піднявшись на найвище дерево, оцінює всю ситуацію в цілому і кричить: «Це не ті джунглі!». Як же найчастіше реагують на це зайняті роботою виробники і адміністратори? А ось як: «Та перестань ти! Ми успішно просуваємося вперед!».

Ефективність, а часто і саме виживання залежить не тільки від того, скільки зусиль ми докладаємо, але і від того, чи в тих джунглях ми їх докладаємо. І перетворення, що відбуваються в наші дні практично в кожній галузі, вимагають, перш за все, лідерства, а вже потім контролювання. Якщо підприємства не використовують творче лідерство для підтримки руху в правильному напрямку, то ніяке, навіть саме майстерне, контролювання не врятує їх від краху. Високопродуктивне контролювання – адміністрування – у відсутності результативного лідерства подібно впорядкуванню розміщення стільців на палубі потопаючого «Титаніка». Ніякий успіх у контролі не компенсує провалу у лідерстві.

Ось чому деякі коментатори відзначають пріоритет результативності над ефективністю. Вони вказують на те, щоб ми спочатку визначилися з вибором стратегії, з цільовою спрямованістю нашої діяльності, вказали всім правильний орієнтир, а потім намагалися досягти поставлених цілей мінімально можливими засобами. Спочатку – правильна стратегія, а потім – економічне виробництво.

Всі компанії, описані в прикладах [3], як компанії, що домоглися значних успіхів, робили «правильну справу», вибравши мету, яка відповідає якісь важливій потребі, яка

[1] У примітці наукового редактора [3] звертається увага на інший переклад обох термінів, – як «ефективність». При цьому слід мати на увазі відмінність: effectiveness – це зовнішня ефективність, вимірюючи досягнення цілей підприємства; efficiency – це внутрішня ефективність, вимірюються найкраще використання ресурсів та оптимізацію процесів підприємства.

існує в світі. Сьогодні більшість фахівців констатують, що низькі витрати не є тривалою конкурентною перевагою підприємства, а створюють лише ситуаційні можливості. А найкращий спосіб скорочення витрат – це припинення будь-якої діяльності.

У практиці роботи підприємств іноді використовується поняття продуктивності (productivity). Можна відзначити двозначність і протиріччя у визначенні термінів «ефективність» і «продуктивність». Автор [6] відзначає широкий діапазон тлумачення, але, вказує, що можна прийти до певної згоди про сутність поняття «продуктивність»: загальним для нього є співвідношення готового продукту і вихідного матеріалу, що відбиває ефективність, з якою останній (матеріал) переробляється в результат. Іншими словами, робиться висновок, продуктивність – це найбільш загальний критерій ефективності використання підприємством (галуззю промисловості, країною) своїх ресурсів (або факторів виробництва) [6,7].

Щоб відшукати показники для виміру продуктивності, варто задатися питанням, наскільки добре (ефективно) наявний у розпорядженні підприємства вихідний матеріал перетвориться в кінцевий продукт. Відповіддю на нього є все розмаїття можливих показників, деякі з яких наведено в табл. 1 [6].

Таблиця 1

Приклади традиційних приватних показників продуктивності

● Кількість польотів у день.
● Урожай, зібраний з одного гектара землі.
● Середній прибуток, отриманий в результаті одного звернення до продавця.
● Відстань, подолану залізничним транспортом, в розрахунку на одного члена персоналу.
● Обсяг продажів на квадратний метр площі магазину.
● Витрати на енергоносії на одиницю продукції.
● Кіловат-години, вироблені електростанцією на одиницю палива.
● Тонни руди, підняті шахтою за зміну.
● Кілометри на літр палива для транспортних засобів.

Продуктивність підприємства часто прирівнюється до продуктивності праці. Продуктивність праці – обсяг випуску продукції або наданих послуг на одиницю витраченої праці, що вимірюється у годинах роботи, чисельності персоналу, або витратах на робочу силу. Якщо ми хочемо дізнатися як співвідносяться «вихід» і вся група ресурсів на «вході», то отримуємо сукупну факторну продуктивність [1].

У загальному вигляді сукупна продуктивність вимірюється ставленням усього обсягу випуску (вихід) до використовуваних ресурсів (вхід):

$$\begin{matrix}\textit{Сукупна} \\ \textit{продуктивність}\end{matrix} = \frac{\textit{Весь обсяг випуску (выхід)}}{\textit{Праця} + \textit{Капітал} + \textit{Матеріали} + \textit{Енергія} + \textit{Інше}}.$$

Визначення продуктивності як відношення випуску до витрат широко поширене. Однак існує й інший погляд на співвідношення продуктивності та ефективності. Він полягає в тому, що показники продуктивності відображають, наскільки виправдані трудовитрати та інші капітальні вкладення компанії. Тобто продуктивність, на відміну від використовуваного в широкому сенсі терміну «ефективність», – досить чітко визначений і обмежений за змістом термін, що представляє собою відношення між продукцією, що випускається за певний відрізок часу і витратами на виробництво цієї продукції. Усім підприємствам необхідно мати в своїй системі показників кілька показників, які оцінюють продуктивність, щоб забезпечити грамотне використання людських та інших ресурсів. При цьому ефективність є мірою, як продуктивності, так і результативності використання всіх ресур-

 ISSN 2076-2887

сів – праці, капіталу, землі, матеріалів, енергії, часу, інформації і т.п. – у виробництві товарів і послуг, які задовольняють запитам і вимогам споживачів. Висока ефективність як міра продуктивності означає, що вхідні фактори виробництва використовуються економно при виготовленні заданого обсягу продукції (тобто використовується цілком і повністю, а відходи і втрати зведені до мінімуму). А результативність є показником того, що вироблена продукція, а також результати відповідних видів діяльності і процесів, робить внесок у досягнення будь-яких конкретних цілей підприємства, будь то задоволення запитів споживачів, отримання певних результатів у бізнесі або сприяння руху в напрямку соціальних, економічних і екологічних орієнтирів, обраних суспільством. Отже, ефективність означає створення додаткової вартості за рахунок використання ресурсів і технологічних процесів у виробництві. Ефективність – це отримання доданої вартості на основі оптимального поєднання обмежених ресурсів [8].

Завдяки роботам видатних фахівців у галузі управління відбувається зміна самого поняття ефективності діяльності підприємства. Ефективність, як і результативність для різних зацікавлених сторін – різна, це завжди питання деякого балансу їх інтересів і можливого компромісу. Що вважати результатом і ефектом – це, перш за все, питання стратегії підприємства. У Європі і Японії вже давно при розгляді ефективності підприємств акцент робиться на питання соціальної відповідальності[2] та сталого розвитку[3], необхідність врахування потреб усіх зацікавлених сторін, причому одночасно. Ефективно те, що сприяє реалізації стратегії відносно декількох або всіх зацікавлених сторін одночасно, причому з найменшими витратами всіх видів ресурсів і протягом досить тривалого часу [9].

Існують ще поняття «ефективність роботи» (performance) і «управління ефективністю роботи» (performance management) [10]. Управління завжди потрібно було для того, щоб були реалізовані цілі, а добрий керівник дбає, щоб потрібні справи були зроблені добре. Саме в цьому полягає управління ефективністю роботи – організація робочих процесів для досягнення найкращих можливих результатів. З цієї простої точки зору управління ефективністю роботи – це сукупність повсякденної роботи всіх керівників, пов'язаної з підвищенням якості та розширенням можливостей працівників.

Повернемося до вимог ПОС – вимірювати результативність досягнення цілей. В [11] зазначається, що якщо стратегія сформульована, цілі функціонування системи управління визначені, необхідно встановити (1) критерії досягнення цих цілей; (2) показники, за допомогою яких можна виміряти критерії; (3) номінал (або норму), тобто деякі цільові значення показника, які ми повинні досягти.

Показники – це особливі засоби вимірювання, що використовуються як для управління, так і для контролю результативності діяльності підприємства. Використання окремих показників може бути продиктовано застосовуваної методології, але будь-яка з них обов'язково включає в себе як фінансові, так і нефінансові показники діяльності, об'єднані групами в позитивні або негативні ключові індикатори [12]. Критерії (грец. criterion – засіб переконання, основа судження) – мірило для визначення достовірності чого-небудь, наприклад, того, що цілі підприємства досягнуті. Критерій визначає, яким чином мета[4] може бути виміряна (винесено судження про неї) [2]. Критерієм досягнення мети підприємства є практична виробнича діяльність людей, що перетворюють вхідні потоки і додають їм цінність. Тобто діяльність – є засобом переконання, мірилом того, що цілі будуть досягнуті (практика – критерій істини). Тому критерії можна сформулювати як короткі твердження, що описують конкретні дії, які треба виконати, щоб досягти цілей.

[2] Соціальна відповідальність організацій – збалансований підхід, що дозволяє підприємствам вирішувати економічні, соціальні та екологічні проблеми з користю для співробітників, місцевого населення і суспільства в цілому.

[3] Сталий розвиток – це такий розвиток суспільства, коли задоволення потреб сьогоднішніх поколінь не повинно ставити під загрозу можливість майбутніх поколінь задовольняти свої потреби.

[4] У загальному випадку – об'єкт.

Таким чином, якщо критерій – це мірило оцінки, то показник – це якісна або кількісна характеристика властивості, яка придатна для підтвердження тотожності за відповідним критерієм. В [13] наведена наступна аналогія: для того, щоб людина була щаслива, їй необхідно, зокрема, міцне здоров'я. Значить здоров'я – критерій людини (один з його ознак, на підставі якого він оцінюється); температура – показник здоров'я; 36,6 ºС – номінал (стандарт, норма).

У ПОС ідентифіковані наступні джерела даних: процес закупівель та верифікація (підтвердження) закуплених матеріалів і комплектуючих; внутрішній контроль, моніторинг та вимірювання процесів; моніторинг та вимірювання продукції; задоволеність споживача. На рис. 1 наведена структура плану вимірювань в системі управління підприємством.

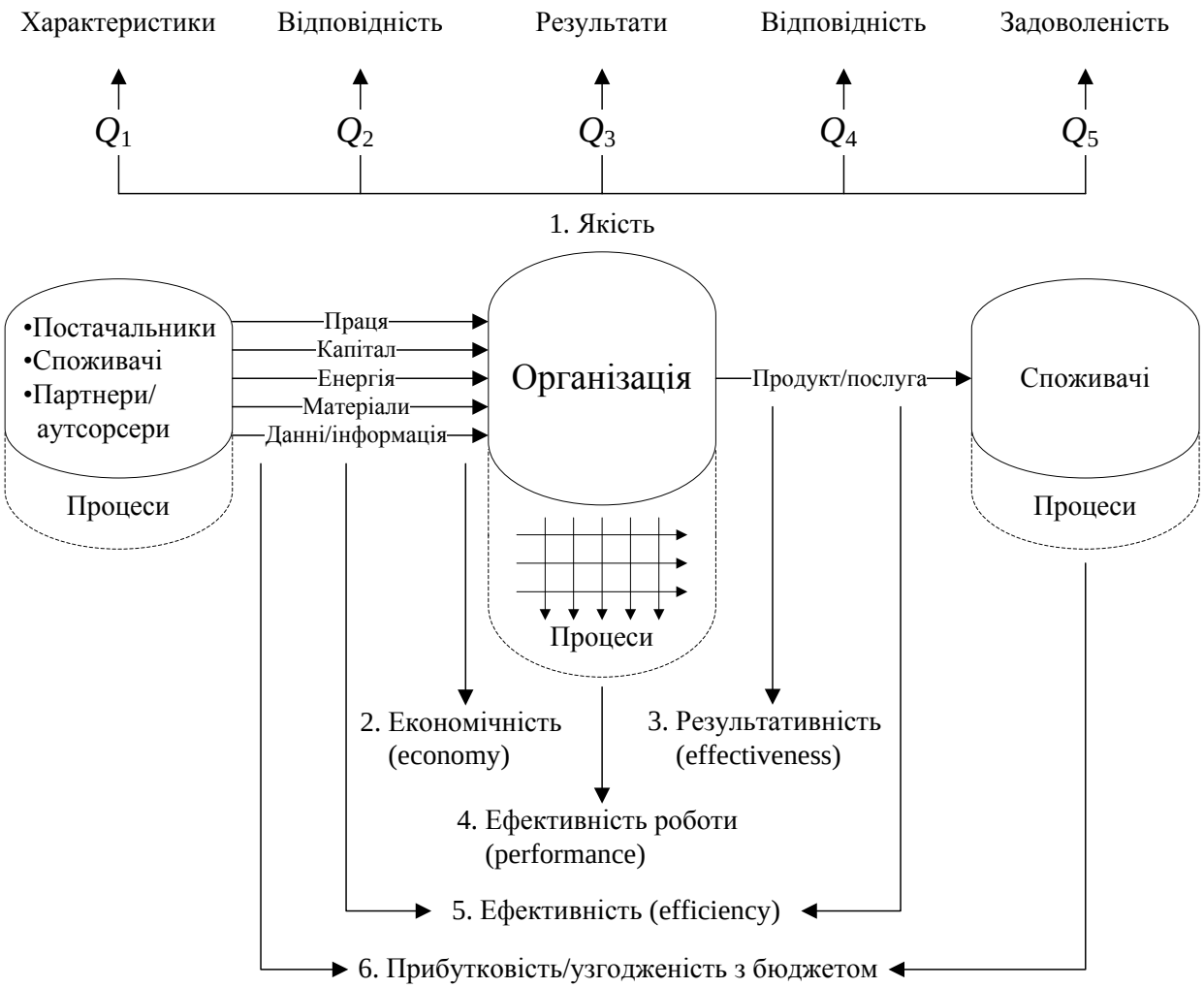


Рис. 1 Структура плану вимірювань з урахуванням вимог ПОС.

На малюнку зазначені шість взаємопов'язаних критеріїв: (1) якість, (2) економічність, (3) результативність, (4) ефективність роботи,[5] (5) ефективність системи, (6) прибутковість (або узгодженість з бюджетом).

Якість вимірюється в п'яти контрольних точках:

[5] У книзі [1], з якої взято ці критерії, ефективність роботи представлена двома критеріями: (1) впровадження нововведень – це творчі зусилля з постійного вдосконалення процесів і (2) якість трудового життя – емоційний відгук працівників на оточуюче їх трудове середовище. На наш погляд ці два критерії – є ефективність роботи. Якість трудового життя – це психологічна реакція людей на умови праці в організації. Вона включає в себе задоволеність безпосередніми умовами праці, характером роботи та організацією в цілому, в якій працює людина. Впровадження нововведень – це процес, за допомогою якого ми отримуємо нові, більш досконалі товари та послуги.

 ISSN 2076-2887

Q_1 – активний відбір і керування постачальниками ресурсів (входів в широкому сенсі слова);

Q_2 – забезпечення того, що вихідні ресурси (входи) відповідають нашим вимогам або перевищують їх (по своєчасності постачання, якості, вартості, кількості);

Q_3 – забезпечення того, що процеси долучення цінності сприяють досягненню результативності, підвищенню ефективності роботи та ефективності системи;

Q_4 – забезпечення того, що виходи (продукція і послуги) відповідають вимогам споживачів (внутрішніх, зовнішніх) або перевищують їх;

Q_5 – знання запитів споживачів, відповідність вимогам, потребам, очікуванням і бажанням споживачів або їх перевищення.

Економічність оцінює реальне споживання ресурсів у порівнянні з очікуваним. Висока економічність означає, що вхідні фактори виробництва використовуються цілком і повністю, а відходи і втрати зведені до мінімуму.

Прибутковість – це відношення доходів до витрат для центрів витрат, тоді як узгодженість з бюджетом – це відношення фактичних витрат до очікуваних для центрів витрат.

Розуміння і схвалення з боку всіх ключових фігур, залучених до здійснення контролю на підприємстві істотні для успішного впровадження вимірювальної системи.

Як видно з мал. 1 ефективність включає в себе як економічність, так і результативність використання ресурсів – праці, капіталу, землі, матеріалів, енергії, часу, інформації і т.п.

Система оцінювання повинна будуватися за ієрархічною ознакою:

Окремі елементи цієї системи можуть перебувати в суперечності між собою. Наприклад, підприємство може бути результативним, але не ефективним, ефективним, але не економічним, економічним, але не прибутковим. Не слід концентрувати увагу на якому-небудь єдиному показнику успіху, але розглядати сімейства показників оцінки діяльності підприємства. Родини показників зможуть забезпечити цілісне розуміння «здоров'я» підприємства та отриманих ним результатів. Встановлене сімейство показників повинно служити і як індикатор поточної діяльності, і як провісник майбутніх результатів. Робота вищого керівництва – це планування і керування зусиллями щодо вдосконалення, спрямованими на поліпшення всього сімейства показників.

Зазначені дві групи показників називають випереджаючими і запізнілими показниками, іноді «показники динаміки діяльності» і «показники результатів діяльності» [14]. Показники результатів вимірюють досягнуті результати, а показники динаміки відображають процеси, що сприяють отриманню цих результатів. Показники результатів говорять підприємству, до чого воно прийшло, реалізуючи свої цілі, але мовчать про те, як воно до цього прийшло або, що ще важливіше, що треба робити інакше. Більшість показників результату дають уявлення про те, що відбувається в одному відділі, але не в декількох одночасно. Тому для міжфункціональних процесів ті деякі показники результату, які звичайно використовуються на підприємствах, є фінансовими, орієнтовані тільки на керівників вищої ланки.

Показники динаміки діяльності, навпаки, дозволяють стежити за завданнями і заходами, які приводять до результату. Вимірюючи показники динаміки діяльності, які логічно «більш ранні», ніж показники результатів, підприємство отримує можливість діяти швидше. Обидві категорії показників повинні бути пов'язані один з одним, тому що для досягнення першого (наприклад, певного рівня продуктивності) потрібно реалізувати другий (наприклад, домогтися розрахункового завантаження потужностей машин та обладнання) [15].

Показники динаміки діяльності являють собою характеристики поведінки підприємства і їх можна розглядати в якості симптомів. Автор [16] пише, що зазвичай під «симптомом» ми маємо на увазі ознака загрози здоров'ю організму або життєздатності підприємства. Однак він може бути і ознакою сприятливої можливості, тобто він може свідчити як про щось винятково погане, так і про щось виключно хороше. Симптомом є одне із значень, яке приймає показник, коли зазвичай відбувається щось виключно хороше або виключно погане, але ніколи не з'являється коли справи йдуть нормально. У цьому сенсі показники динаміки можуть використовуватися як попередні ознаки або провісники, тобто як показники майбутніх сприятливих можливостей або проблем.

Наприклад, продовжуючи аналогію зі здоров'ям людини, можна стверджувати, що інтервал коливань нормальної температури тіла складає 0,6 ºС. Припустимо, що при п'яти послідовних вимірюваннях температури тіла людини через кожні 15 хвилин спостерігалася нормальна, але постійно зростаюча температура. Це свідчить про те, що якщо не відбудеться втручання, то найближчим часом у цієї людини буде жар. Щось подібне відбувається, коли ми спостерігаємо невелике, але безперервне збільшення частоти появи дефектів у продукції, що випускається. Підприємства повинні регулярно генерувати інформацію про декілька показниках динаміки функціонування, окремі значення яких можуть бути симптомами.

Приклади показників: показник результату – обсяг збуту нової (інноваційної) продукції, показник динаміки – кількість угод зі споживачем такої продукції; показник результату – кількість заявлених патентів, показник динаміки – кількість ініційованих технічних розробок.

Оцінка показників динаміки – це превентивний підхід до якості. Він включає контроль параметрів процесу, які безпосередньо впливають на характеристики товару або послуги. Стосовно до системи управління якістю результативність оцінюється по повноті виконання цільової програми по якості (показники динаміки діяльності) та виконання стратегічних цілей у сфері якості (показники результатів діяльності).

Представляти показники доцільно у вигляді відносних величин – часткою деяких «ідеальних» значень, або градієнтів величин, або їх поведінки в часі.

Висновок. Вимірювання якості функціонування підприємств покликані реалізувати такий базовий принцип ПОС, як прийняття рішень, що базуються на фактах. У свою чергу, реалізація цього принципу є складовою частиною такої функції управління, як забезпечення якості – створення впевненості, що вимоги до якості будуть виконані.

Системний підхід до вимірів повинен враховувати набори показників, у тому числі, за критеріями: якості, економічності, результативності, ефективності роботи та ефективності системи управління, прибутковості (узгодженість з бюджетом). При цьому ефективність системи слід розглядати як найбільш загальну міру отримання доданої вартості, що включає продуктивність використання ресурсів та їх оптимальне поєднання (в процесах підприємства, – залежно від поставлених цілей). Таке розуміння ефективності та необхідність оцінювання результативності процесів і системи визначає доцільність двох груп показників – динаміки та результатів.

 ISSN 2076-2887

ЛІТЕРАТУРА

1. Управление эффективностью и качеством: Модульная программа: пер. с англ. в 2ч. Ч.І. / Под ред. И. Прокопенко, К. Норта.– М.: Дело, 2001. – 800 с.

2. Друкер П.Ф. Информация, которая действительно нужна руководителю / в кн. Измерение результативности компании / Питер Ф. Друкер; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 220 с.

3. Мескон М.Х. Основы менеджмента / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури; пер. с англ. – М.: Дело, 2002. – 704 с.

4. Коттер Д. П. Впереди перемен / Джон П. Коттер; пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 256 с.

5. Кови С. Р. Семь навыков высокоэффективных людей: Мощные инструменты развития личности / Стивен Р. Кови; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 375 с.

6. Вильямс Р. Управление деятельностью служащих / Р. Вильямс; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2003. – 302 с.

7. Чейз Р., Эквилайн Н. Дж., Якобс Р. Ф. Производственный и операционный менеджмент / Р. Чейз, Николас Дж. Эквилайн, Роберт Ф. Якобс; пер. с англ. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. – 704 с.

8. Качество в XXI веке. Роль качества в обеспечении конкурентоспособности и устойчивости развития: пер. с англ. / Под ред. Т. Конти, Ё. Кондо, Г. Ватсона. – М.: «Стандарты и качество», 2005. – 280 с.

9. Швец В.Е. К вопросу определения результативности и эффективности СМК / В.Е. Швец // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 6. – С. 4-8.

10. Армстронг М., Бэрон А. Performance Management. Управление эффективностью работы / М. Армстронг, А. Бэрон; пер. с англ. – М.: HIPPO, 2005. – 384 с.

11. Гончаров Э.Н. Как разработать систему менеджмента качества в соответствии с процессным походом / Э.Н. Гончаров // Стандарты и качество. – 2003. – № 12. С. 64-69.

12. Ковени М. Стратегический разрыв: Технологии воплощения корпоративной стратегии в жизнь / Майкл Ковени, Деннис Гэнстер, Брайан Хартлен, Дейв Кинг; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 232 с.

13. Шадрин А.Д. Менеджмент качества. От основ к практике / А.Д. Шадрин. – М.: ООО «НТК «Трек», 2004. – 360 с.

14. Олве Н-Г., Петри К-Й., Рой Ж., Рой С. Баланс между стратегией и контролем. Заставьте работать карту показателей BSC / Нильс-Горан Олве, Карл-Йохан Петри, Жан Рой, Софи Рой; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2005. – 320 с.

15. Разработка сбалансированной системы показателей. Практическое руководство / Под ред. А.М. Гершун, Ю.С. Нефедьевой. – М.: ЗАО «Олимп- Бизнес», 2004. – 88 с.

16. Акофф Р. Л. Искусство решения проблем / Р.Л. Акофф; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 224 с.

ИНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ КОМПЛЕКСИ І СИСТЕМИ

УДК 681.31

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ СЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ В СУДОРЕМОНТНОЙ ОТРАСЛИ

Бень А.П., Терещенкова О.В.

Введение. Становление судоремонтной отрасли Украины, происходящее в настоящее время, требует разработки новых эффективных методов и технологий управления производством. Ключевыми факторами, влияющими на эффективность работы судоремонтного предприятия, являются оперативность и качество исполнения ремонтных заказов. Их улучшение способствует повышению конкурентоспособности предприятия и расширению его клиентской базы. Повышение оперативности и качества ремонта, в свою очередь, невозможно без использования современных информационных систем управления, осуществляющих функции оперативного и среднесрочного планирования. Ввиду высокой специализации отрасли, использование универсальных программных продуктов («1С-Предприятие», «Парус», «Галактика» и др.) не обеспечивает полного решения проблемы, и разработка специализированных программных продуктов гибкого оперативного управления судоремонтом является актуальной задачей. Создание таких продуктов невозможно без использования новых методов и моделей планирования, позволяющих формировать адаптивные ремонтные графики в условиях неточности и неполноты исходных данных, обусловленных спецификой отрасли.

Постановка задачи. Целью статьи является определение особенностей судоремонтного процесса как объекта оперативного и среднесрочного управления и разработка комбинированных сетевых методов планирования, пригодных для использования в информационных системах управления судоремонтом в условиях неточности и неполноты поступающей информации о текущем состоянии судна.

Основная часть. Переход к рыночной экономике внес существенные изменения в функционирование судостроительных и судоремонтных предприятий, к которым относятся:

- переход от системы госзаказов к индивидуальной системе отношений при формировании портфеля заказов;
- значительная материалоемкость и ресурсоемкость судоремонтной продукции, которая обусловлена тем, что для ремонта судов требуются дорогостоящие сооружения;
- длительный технологический цикл выполнения работ, в период которого могут изменяться как внешние, так и внутренние ценообразующие факторы (инфляция, разрыв связей межзаводской кооперации, повышение тарифов на энергоносители, отсутствие надежного финансирования со стороны заказчика);
- снижение эффективности использования основных фондов;
- неустойчивость объема производства, находящегося в зависимости от размера портфеля заказов;
- снижение серийности постройки судов.

При исследовании функций управления судоремонтом важным вопросом становится определение факторов, наиболее влияющих на производственный процесс. Учет их влияния позволяет минимизировать собственные затраты на выполнение заказа, увеличивает вероятность его выполнения в оговоренные сроки.

Указанные факторы можно классифицировать по типу их влияния на внешние и внутренние в соответствии с схемой, представленной на рисунке 1.

 ISSN 2076-2887

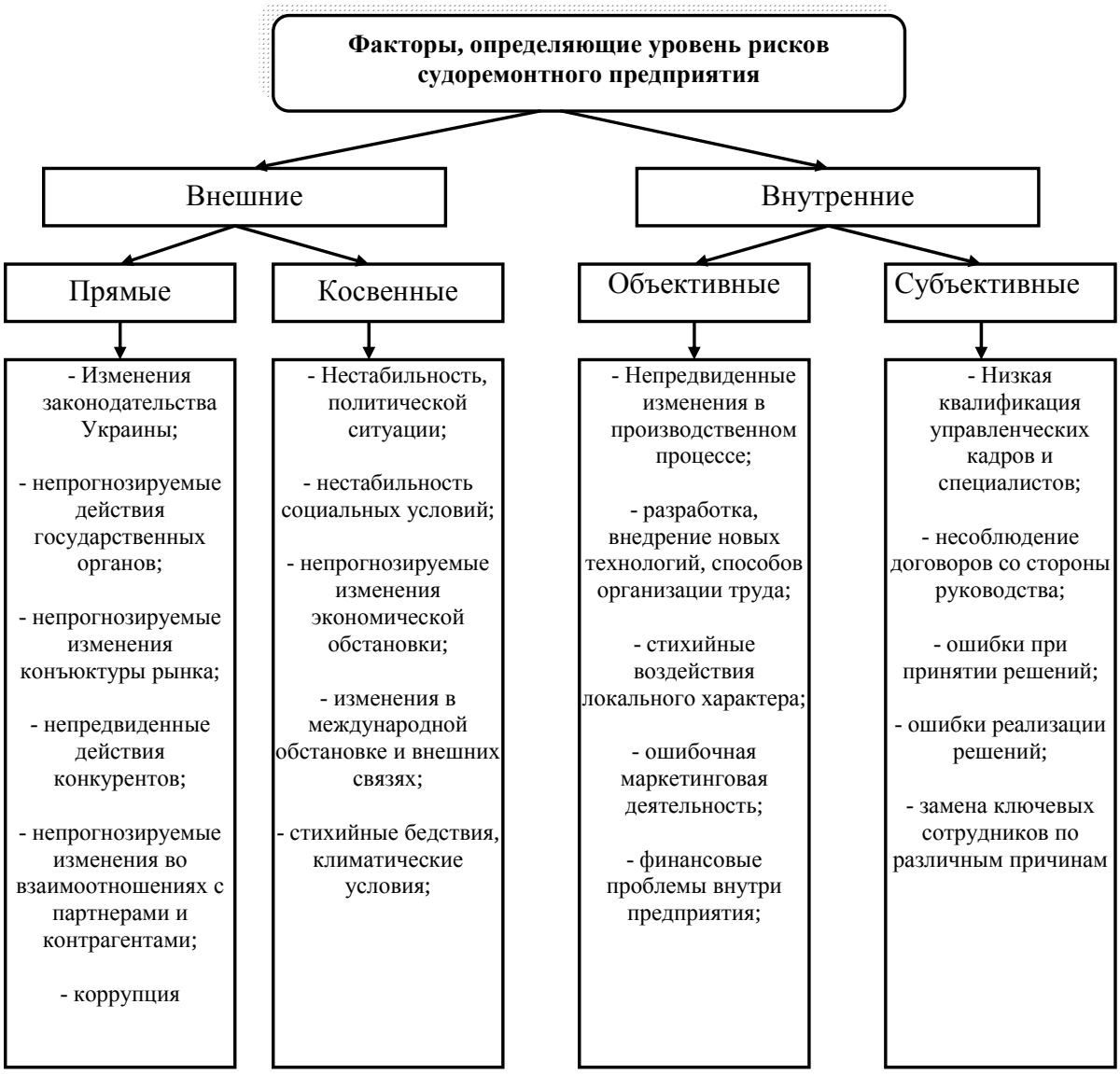


Рис. 1 Классификация факторов риска на судоремонтном предприятии

Проведенный анализ характера воздействий внутренних и внешних факторов на работу судоремонтного предприятия показывает, что наибольшим источником рисков с позиций стратегического и инвестиционного управления являются внешние факторы, определяющие уровень рискованности судоремонтной отрасли в целом. В условиях несовершенной финансовой, кредитной и валютной политики предприятиям крайне сложно формировать долгосрочные планы производства продукции и принимать правильные управленческие решения в вопросах модернизации и расширения производства.

С позиций оперативного и среднесрочного управления судоремонтом наибольшее влияние имеют, напротив, внутренние факторы. Для выявления их влияния рассмотрим более детально основные стадии процесса судоремонта (рис.2).

Суда, поступающие в ремонт, проходят три основные стадии производственного цикла:

- подготовка к ремонту (судна и судоремонтной верфи);
- ремонт;
- сдача судна и ввод его в эксплуатацию.

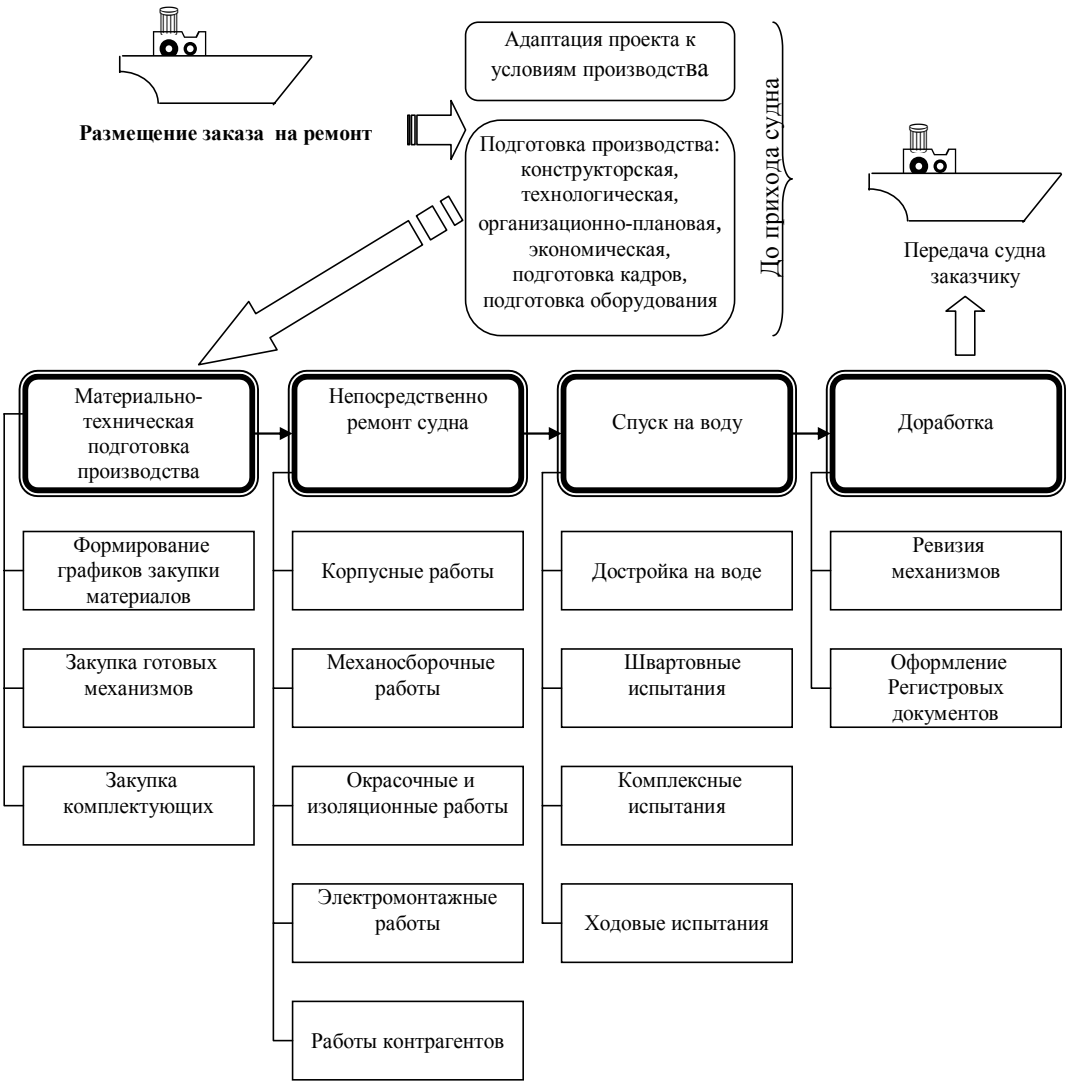


Рис. 2 Стадии процесса судоремонта

Из представленной на рисунке 2 схемы видно, что на оперативном уровне судоремонтный процесс также зависит от значительного количества сложнопрогнозируемых факторов:

- неравномерность изменения трудоемкости на протяжении цикла ремонта судна;
- участие в ремонте большого количества предприятий-контрагентов, которые самостоятельно определяют стоимость своих работ в договорной цене ремонта судна и могут повышать в процессе ремонта;
- неустойчивость объема производства, находящегося в зависимости от количества поступивших заказов;
- зависимость величины затрат по ремонту судов влияния природно-климатических условий.

Для снижения негативных воздействий указанных факторов и своевременного реагирования на них предприятия вынуждены искать различные методы управления и планирования своей деятельности. Перспективным вариантом решения проблемы в сложившейся ситуации становится использование прогрессивных информационных технологий, позволяющих создавать информационные системы адаптивного управления производством [1-2].

В качестве формальной модели управления ремонтным процессом целесообразно применять сетевые методы планирования [3-5], сравнительный анализ возможностей которых представлен в таблице 1.

 ISSN 2076-2887

Таблица 1

Сравнительный анализ сетевых методов планирования

Наименование метода	Особенности метода	Преимущества	Недостатки
Календарное планирование	В таблице отражаются одновременно несколько заказов, различных по объему, времени, качеству и последовательности выполнения	Простота и наглядность построения. Возможность использования для планов большим объемом различных работ.	Требует большой точности выполнения отдельных работ, малопригоден в условиях вариабельности сроков ремонта.
Сетевой график	Полная графическая модель комплекса работ, направленных на выполнение единого заказа, в котором определяется логическая взаимосвязь, последовательность работ и взаимосвязь между ними. Основными элементами являются работа, событие, критический путь.	Простота и наглядность построения.	Неудобен при частых изменениях в исходных данных.
ПЕРТ	Метод событийного сетевого анализа, используемый для определения длительности заказа при наличии неопределенности в оценке продолжительности некоторых операций.	Возможность построения планов при неопределенности исходных данных, отсутствии точного времени о продолжительности операций.	Необходимость в профессиональных высококвалифицированных сотрудниках, жесткая «привязка» к особенностям конкретного заказа
Метод критического пути	Метод сетевого планирования, основанный на определении наибольшего времени выполнения заказа	Высокая гибкость и оперативность планирования, устойчивость к непостоянству сроков выполнения отдельных этапов	Обладает небольшим резервом времени, пригоден для относительно несложных заказов

Преимуществом рассмотренных сетевых методов является то, что модель управления ремонтными работами, разработанная на начальной стадии планирования, может далее модифицироваться и дополняться в соответствии с потребностями адаптации управления к изменяющимся условиям выполнения заказа.

Учитывая рассмотренные ранее особенности судоремонта, и представленный сравнительный анализ сетевых методов планирования, можно сделать вывод, что наиболее приемлемым подходом является использование комбинированного сетевого метода планирования, основанного на методе критического пути и методе ПЕРТ.

Ввиду того, что информация о количестве необходимых работ априорно неполна, и зависит от результатов актов дефектации, которые могут быть получены только непосредственно в процессе ремонта, представляется целесообразным дополнительная модификация метода критического пути, введением в него нечетких оценок сроков выполнения отдельных этапов.

В случае использование метода нечеткого критического пути ремонтный заказ, состоящий из ряда отдельных ремонтных работ, рассматривается в виде сети (U, D) $|U| = n$ без контуров с правильной нумерацией вершин. Среди множества вершин выделены входы сети U_0 и выходы сети U_n. При этом дуги сети соответствуют работам, а вершины – событиям (моментам окончания одной или нескольких операций). В четком случае для

каждой операции (i, j) задана ее продолжительность t_{ij}.

Ввиду наличия факторов неточности сроков выполнения работ, заказ представляет нечеткий случай, при котором относительно продолжительности ремонта имеется нечеткая информация, заданная функциями принадлежности $\mu_{ij}(\bullet): \Re_+ \to [0;1]$ для нечеткой продолжительности работ (i, j), $i, j \in U$, которая может быть получена от экспертов в процессе выполнения заказа.

Функции принадлежности нечеткого раннего времени выполнения этапа ремонта $i \in U - \mu_i^-(t)$, нечеткой длины критического пути $\mu_T(T)$, нечеткого позднего времени выполнения этапа ремонта $i \in U - \mu_i^+(t)$, нечеткой длины максимального пути из вершины $i - \mu_i^{\max}(t)$ и нечетких полных резервов времени - $\mu_i^{\Delta t}(t)$ опишем следующими формулами (ранние времена свершения событий (начала выполнения ремонтных графиков) – входов сети предполагаются четкими и равными нулю):

$$\mu_i^-(t) = \max_{\{(t_j, t_{ji}), j \in U_i^- | \max\limits_{j \in U_i^-}(t_j, t_{ji}) = t\}} \min_{j \in U_i^-}[\min((\mu_{ji}(t_{ji}); \mu_j^-(t_j))]; \tag{1}$$

$$\mu_T(T) = \max_{\{(t_j), j \in U_n | \max\limits_{j \in U_n} t_j = T} \min_{j \in U_n}[\mu_j^-(t_j)]; \tag{2}$$

$$\mu_i^+(t) = \max_{\{(T, t_j) | T - t_j = t\}} \min[\mu_T(T); \mu_i^{\max}(t_j)], \tag{3}$$

где $$\mu_i^{\max}(t) = \max_{\{(t_j, t_{ij}), j \in U_i^+ | \max\limits_{j \in U_i^+}(t_j + t_{ij}) = t\}} \min_{j \in U_i^+}[\min(\mu_{ij}(t_{ij}); \mu_j^{\max}(t_j))]; \tag{4}$$

$$\mu_i^{\Delta t}(t) = \max_{\{(y_i, t_i) | y_i - t_i =\}} \min[\mu_i^+(y_i,); \mu_i^-(t_i)]. \tag{5}$$

Величину $\mu_i^{\Delta t}(0) \in [0;1]$ можно интерпретировать как степень принадлежности i-го события критическому пути, $i \in U$. Тогда при выполнении ремонтного графика первоочередное внимание должно уделяться тем его этапам, у которых степени принадлежности критическому пути равны единице или близки к ней. Оптимизация сетевого графика выполняется с позиций сокращения сроков выполнения работ в условиях ограничений, предусмотренных технологическим процессом судоремонта, а также ограничений на имеющиеся трудовые и материальные ресурсы. Результатом оптимизации является сокращение длительности критического пути.

Выводы. Использование комбинированных сетевых методов планирования позволяет наиболее полно реализовать адаптивные возможности ремонтных графиков в условиях неполноты и неточности исходных данных и трудно прогнозируемом влиянии внешних факторов. Практическое использование метода нечеткого критического пути в системе поддержки принятия решений по управлению судоремонтом позволило минимизировать сроки выполнения ремонтных заказов и сократить затраты предприятия на их реализацию.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах. — К,: КНЕУ, 2001, — С, 133-170.
2. Воропаев В. И. Управление проектами в России. М.: Аланс, 1995.
3. Системы сетевого планирования и управления опытно-конструкторскими разработками / Под ред. Л.С.Мещанинова. – Новосибирск: НГУ, 2006. – 140 с.
4. Сыроежин И.М. Азбука сетевых планов. Выпуск 1. – М.: Экономика, 2006. – 150 с.
5. Сыроежин И.М. Математика сетевых планов. Выпуск 2. – М.: Экономика, 2007. – 165 с.

УДК 519.8

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКОЙ В СИСТЕМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Богушевский В.С., Сухенко В.Ю., Сергеева Е.А., Жук С.В.

Введение. Для управления конвертерной плавкой в ОАО «Металлургический комбинат “Азовсталь” испытана модель, в основу которой положено управление по образцовой плавке [1]. Плавки разбиты на классы в зависимости от начальных и конечных параметров. Если начальные и заданные конечные параметры текущей плавки совпадали с одной из ранее проведенных плавок, хранящихся в базе (образцовой для данной плавки), то значения управляющих воздействий $\vec{U}_i$ принимались такими же, как в найденной плавке $\vec{U}_i^0$. Методика разбиения образцовых плавок на классы приведена в [2], а классификация плавок в модели статического управления для 350-тонного конвертера в [3]. Диапазон изменения основных параметров при классификации выбран достаточно большим: чугун – по содержанию кремния и марганца – 0,3 %, фосфора и серы соответственно 0,05 и 0,005 %, температуре – 25 ^{0}С, массе – 5 т; сталь – по содержанию углерода – 0,01 %, фосфора и серы – 0,005 %, температуре металла 10 ^{0}С, основности шлака – 0,2, расходу дутья – 50 м^3/мин, положению фурмы – 50 мм. Такие большие диапазоны выбраны для уменьшения количества классов – число диапазонов не превышает для каждого параметра 5 значений.

Модель является достаточно сложной для реализации в условиях действующего производства.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка технического обеспечения АСУ ТП конвертерной плавки, реализующего модель.

Решение задачи. Спроектированная по децентрализованному принципу система управления конвертерами отличается от аналогов способами, моделями и средствами контроля и управления параметрами, тесной взаимосвязью расчета шихтовых материалов с управлением дутьевым и температурным режимом, а также режимом шлакообразования, предусматривающим связанное регулирование в замкнутом режиме расхода дутья, положения продувочной фурмы, массы и ритма подачи сыпучих [4].

Техническая структура системы представлена на рис. 1. На этой схеме жирными линиями выделены предлагаемые новые источники информации, которые необходимы для контроля и управления плавкой. Система состоит из двух частей – подсистемы сбора и обработки информации и подсистемы реализации модели управления.

Подсистема сбора и обработки информации построена на УВК, на базе ПЭВМ *IBM PC/AT*. Она охватывает параметры конвертерного и миксерного отделений цеха. Используемая в качестве управляющей, ПЭВМ содержит центральный процессор *Intel* 80286, математический процессор *Intel* 80287, видеоадаптер *EGA* и операционную систему *DOS* 4.01. Применение ПЭВМ позволяет использовать ее и как мощное инструментальное средство для создания рабочих программ и ведения базы данных. Устройство ввода-вывода (УВВ), встроенное непосредственно в машину, позволяет осуществить ввод (вывод) аналоговых и цифровых сигналов. УВВ состоит из двух плат цифрового ввода-вывода, одной платы цифрового ввода-вывода с АЦП и двух преобразователей уровня сигналов. Для ввода-вывода цифровых сигналов *TTL* уровней использован интерфейс *PC*1-12. Связь с внешними устройствами осуществляется по 48 линиям, разбитым на 6 равных групп. УВВ позволяет ввести 24 аналоговых сигнала (0…5 мА), 72 дискретных сигнала (0 – 0…1,2 В; 1– минус 4,8…7,2 В) и 16 типа “сухой контакт” и вывести 30 дискретных сигналов (коммутируемый ток – не более 150 мА, напряжение – минус 6… 10 В).

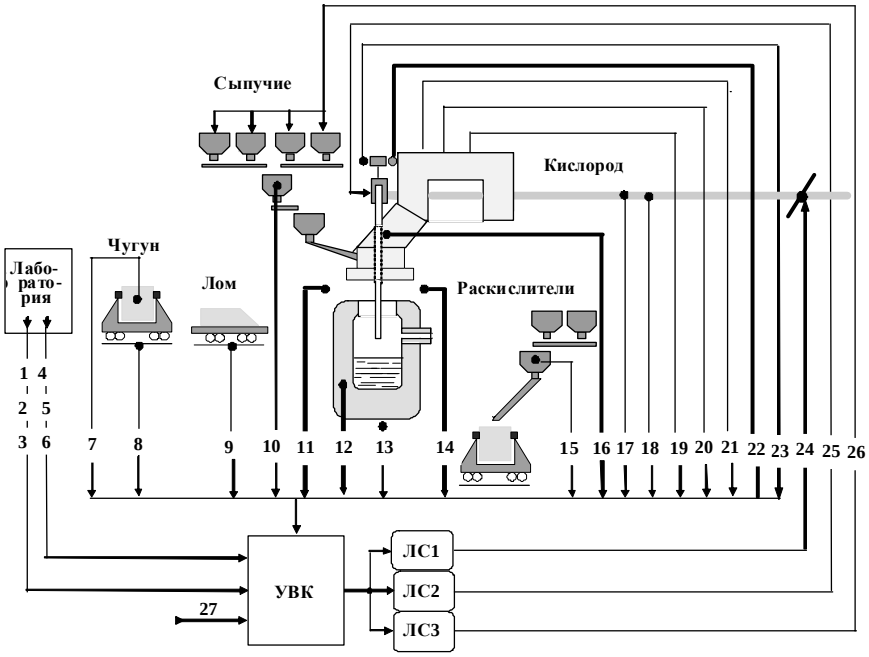


Рис. 1 АСУ ТП конвертерной плавки:
1…3 – доля кремния, марганца и серы в чугуне; 4…6 – доля углерода, марганца и серы в готовом металле; 7 – температура, 8 – масса чугуна, 9 – лома и 10 – сыпучих; 11 – акустическая характеристика продувки; 12 – электросопротивление футеровки; 13 – температура металла на повалке; 14 – параметры ванны, измеренные зондом; 15 – масса раскислителей; 16 – масса фурмы; 17 – давление, 18 – расход дутья; 19 – температура, 20 – давление, 21 – химсостав отходящих газов; 22 – разность температуры воды на входе и выходе фурмы; 23 – положение фурмы; 24 – регулирование расхода дутья; 25 – регулирование положения фурмы; 26 – регулирование массы и ритма подачи сыпучих материалов; 27 – марка стали; ЛС1, ЛС2, ЛС3 – локальные системы управления расходом дутья, положением фурмы и вводом сыпучих материалов

Входная информация подсистемы формируется аналоговыми сигналами, поступающими от преобразователей, и позиционными – из схем электро-автоматики и локальных систем автоматического управления (ЛС). Выходная информация представлена на экране монитора ПЭВМ и печатающем устройстве (ПЧ).

Вся обрабатываемая информация проходит проверку на достоверность по пределам сигналов, длительности и возможному порядку следования событий. Основная технологическая информация поступает в УВК автоматически. Часть информации, необходимой для формирования протокола и паспорта плавки, а также для запуска и корректировки работы системы, вводится вручную.

Сигналы, обрабатываемые подсистемой контроля, условно могут быть разбиты на следующие группы:

– ключевые сигналы цикла плавки (открытие кислородного клапана, опускание фурмы, слив стали);

– позиционные из схем электро-автоматики (открытие промбункеров (ПБ), открытие бункеров весового дозирования);

– цифровые (масса шлакообразующих и ферросплавов, выгружаемых из расходных бункеров);

 ISSN 2076-2887

– токовые сигналы (расход, давление, температура и чистота кислорода, положение фурмы, температура чугуна и стали, масса чугуна).

Программный модуль ПЭВМ-УВВ, написанный на языке *Visual Basic* и работающий в среде *MS-DOS*, позволяет:

– формировать протокол плавки в автоматическом режиме с событиями в конвертерном и миксерном отделении и осуществлять выдачу на монитор и ПЧ;

– просматривать массив протоколов плавок;

– осуществлять мониторинг работы системы и вносить требуемые корректировки;

– выдавать сформированный за сутки файл протокола на внешний носитель. В протоколе отражается также функционирование АСУ в наладочном режиме.

Программный модуль паспорта плавки позволяет:

– формировать паспорта плавок по протоколам текущих суток; осуществлять ручной ввод информации (химический состав чугуна, стали и шлака, заданная марка стали и т.д.);

– производить запись паспортов в базу данных;

– осуществлять трансляцию паспортов в текстовый файл;

– просмотр и корректировку их в базе данных, а также печать.

Программный модуль базы данных и учета шихтовых материалов, реализованный в среде реляционной базы данных *Paradox*, позволяет:

– производить импорт текстовых файлов на основе паспорта плавки;

– формировать суточные и месячные отчеты по сыпучим материалам и чугуну, а также выборочные отчеты;

– осуществлять редактирование необходимой информации (дата плавки, код материала и пр.);

– производить выборочное удаление данных из таблиц базы.

При создании информационной подсистемы принято программное решение по опросу входов и обновлению состояния выходов, которое осуществляется по прерыванию таймера с частотой 18,2 Гц (соответствует частоте аппаратного прерывания внутренних часов реального времени *IBM PC/AT*) в режиме последовательного скана мелких, нересурсоемких подзадач в следующем порядке:

– опрос дискретных входов и формирование двух битовых массивов по конвертерам;

– сравнение по модулю 2 вновь сформированного массива с созданным в предыдущем скане программы (в случае расхождения определяется бит несовпадения и направление изменения, т.е. из 0 в 1 и наоборот);

– копирование обновленного массива как обработанного для последующего скана;

– опрос по сигналу “Открытие кислородного клапана” аналоговых входов соответствующего конвертера с получением значений “Давление кислорода”, “Перепад давления кислорода”, “Температура кислорода”, “Расход кислорода” и “Объем кислорода” с начала продувки или додувки с занесением данных в суточный протокол;

– протоколирование через 1 мин значений “Давление кислорода”, “Расход кислорода”, “Положение фурмы”, если открытие кислородного клапана идентифицировано как “Начало продувки”. В случае отклонения средних значений этих параметров за заданный интервал времени на регламентированную величину информация выдается на печать и на диске сохраняется соответствующее сообщение;

– протоколирование через 15 с значений “Положение фурмы”, “Давление кислорода” и “Расход кислорода”, если открытие клапана идентифицировано как “Додувка”;

– включение в скан подзадачи поиска “площадки” по температуре металла в заданных пределах значений температуры, длины и разброса показаний, если закрытие кислородного клапана идентифицировано как “Конец продувки” (время продувки составляет более 11 мин) или “Конец додувки”, но не как “Прерывание продувки”;

– включение по инициативному сигналу в скан программы подзадачи поиска “площадки” по температуре чугуна;

– ввод в систему в виде аналогового сигнала “Масса чугуна” и его считывание по инициативе с платформенных весов;

– передача в коде Айкена по инициативе и подтверждение о готовности к считыванию массы сыпучих и ферросплавов с весов дозаторов;

– выбор из массива и занесение в протокол со своим кодом, номером бункера и временем считывания массы соответствующего материала по приходу сигналов открытия ПБ (в случае открытия считается, что материал прямо попадает в конвертер или сталеразливочный ковш, в противном случае масса запоминается либо суммируется нарастающим итогом).

В настоящее время внедрена локальная сеть на базе ПЭВМ типа *486 SX* и двух рабочих станций сбора информации: для подсистемы контроля параметров конвертерной плавки и подсистемы обработки информации спектральных и рентгеновских квантометров экспресс-лаборатории. Кроме того, осуществлена передача в АСУТП информации о химическом составе чугуна, металла и конвертерного шлака с присвоением даты, номера плавки, вида продукта и стадии передела.

Для реализации модели применена структура средств вычислительной техники (ВТ), представленная на рис. 2.

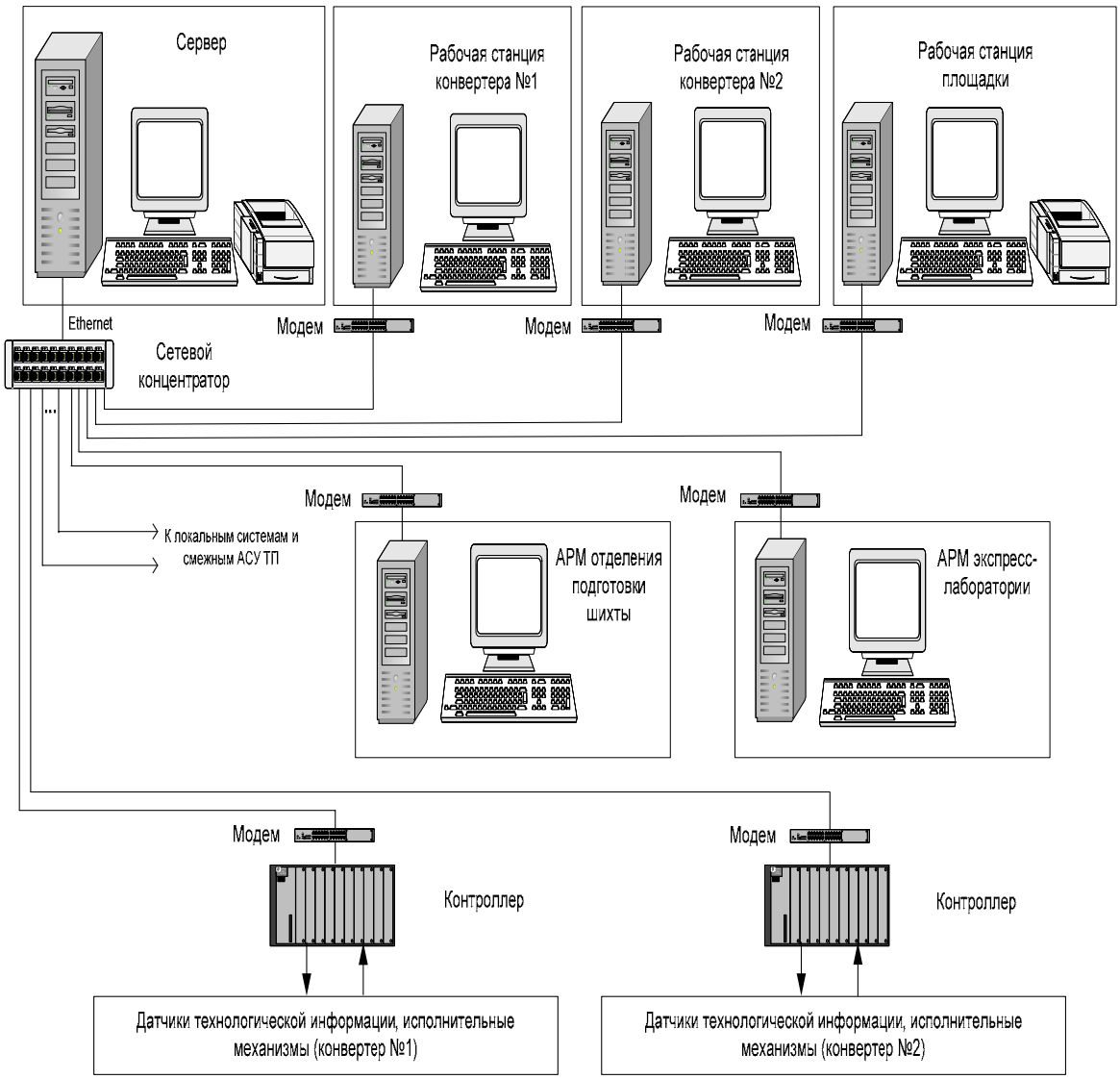


Рис. 2 Структурная схема средств вычислительной техники для реализации компьютерной модели расчета шихтовки и продувки конвертерной плавки

 ISSN 2076-2887

В состав средств ВТ входят [3]:

– автоматические рабочие места (АРМ) – рабочие станции конвертеров № 1 и № 2, расположенные в главных постах управления;

– АРМ мастера конвертерного отделения – рабочая станция площадки;

– АРМ системы управления положением фурмы конвертеров № 1 и № 2;

– сетевой концентратор – ОРС-сервер.

На АРМ конвертеров производится расчет рекомендованного суммарного количества дутья, массы извести, известняка и плавикового шпата на плавку, заданного дутьевого режима, определение массы и моментов ввода отдельных добавок сыпучих материалов, изменения расхода дутья и положения фурмы с передачей соответствующих уставок в локальные системы, в том числе и по результатам промежуточного измерения параметров ванны без прекращения продувки.

На АРМ мастера производится расчет шихтовок плавок для каждого конвертера – рекомендуемых масс чугуна и лома на плавку по заданию марки стали, определение массы и последовательности ввода ферросплавов с передачей соответствующих уставок в локальную систему подачи ферросплавов.

На сетевом концентраторе обеспечивается взаимодействие отдельных АРМов системы, связь с цеховыми АРМами шихтового отделения, экспресс-лаборатории, с подсистемой сбора информации и локальными системами регулирования расхода кислорода, сыпучих материалов и раскислителей.

Алгоритмическое и программное обеспечение системы разработано с учетом возможности его использования как в цехах с развитым информационным обеспечением, позволяющим автоматически вводить параметры в систему (за исключением марки стали), так и в цехах, где оператор вводит необходимые для расчета параметры вручную.

Выводы. Разработана техническая структура системы, состоящая из двух частей – подсистемы сбора и обработки информации и подсистемы реализации модели управления. В состав системы входят АРМ операторов управления плавкой и мастера конвертерного отделения. Взаимодействие отдельных АРМов системы обеспечивается сетевым концентратором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерная модель расчета шихтовки и продувки конвертерной плавки / В.С.Богушевский, Г.Г.Грабовский, В.М.Михайлов и др // Сталь. – 2006. – № 1. – С. 18 – 21.

2. Богушевский В.С., Сухенко В.Ю. Модель управления конвертерной плавкой в системе принятия решений//Збірка наукових праць конференції Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту. – 19 – 23 травня 2008, Євпаторія. – Т. 1. – С. 21 – 24.

3. Система управления конвертерной плавкой /В.С.Богушевский, Г.Г.Грабовский, Н.С.Церковницкий, В.А.Ушаков // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. – С. 232 – 235.

4. Математические модели и системы управления конвертерной плавкой / В.С.Богушевский, Л.Ф.Литвинов, Н.А.Рюмшин, В.В.Сорокин. – К.: НПК “Киевский институт автоматики”, 1998. – 304 с.

УДК 004.75

ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ І НАВАНТАЖЕННЯМ ЦЕНТРІВ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ

Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М., Андросов С.А.

Вступ. Глобальна інформатизація, викликана стрімким розвитком інформаційних технологій (ІТ), обумовила зростання вимог до кількісних і якісних параметрів інформаційного обслуговування бізнесу [1]. Реакцією на ці процеси стало поширення інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС), призначених для підтримки процесів прийняття управлінських рішень міністерств, відомств і великих корпорацій. Створення високопродуктивної, надійної ІТ-інфраструктури ІТС реалізується на основі центрів оброблення даних (ЦОД) — комплексних організаційно-технічних рішень. Основними завданнями ЦОД є консолідоване зберігання і оброблення даних користувачів, надання їм прикладних сервісів, підтримка функціонування застосувань.

У галузі ІТ накопичений певний досвід створення і експлуатації ЦОД. Він підтвердив, що експлуатація ЦОД можлива лише за наявності організаційної структури, оснащеної сучасним інструментарієм та комплексом методик збору, аналізу інформації, прийняття рішень та управління їх відпрацюванням. Їх створення вимагає глибокого розуміння функціонування ІТ-інфраструктури, чіткої постановки проблем дослідження, розроблення математичних моделей і відповідних методів вирішення задач та, насамкінець, реалізації згаданих інструментарію та методик у структурі системи управління ІТ-інфраструктурою (СУІ).

Серед проблем, які ще потребують розв’язання, залишається важлива проблема управління продуктивністю ІТ-інфраструктури і насамперед базова її складова — розподіл і управління навантаженням і ресурсами ЦОД. Також вимагають ефективного розв’язання проблеми управління рівнем обслуговування користувачів мереж, впливу неполадок у мережі на рівень обслуговування користувачів, виявлення нелигитимного використання ресурсів операторів зв’язку та інші проблеми [2—4].

У статті автори на основі узагальнення накопиченого досвіду розв’язання проблеми розподілу і управління навантаженням і ресурсами центрів оброблення даних пропонують модифікації раніше розроблених моделей, які більш вдало враховують реалії цієї цікавої галузі досліджень. З метою розроблення універсального алгоритму для цього класу задач авторами пропонується варіант керованого генетичного алгоритму. Керованість означає вплив на вибір чергових операторів формування популяції у залежності від деяких важливих її параметрів. Шляхом налаштування зазначених параметрів керований генетичний алгоритм (ГА) можна досить швидко «навчити» розв’язувати різноманітні проблеми зазначеного класу, особливістю яких є складний характер взаємодії критеріїв і обмежень, що раніше часто призводило до передчасного виродження популяції.

1 Розподіл і управління навантаженням і ресурсами ЦОД: досвід практичного впровадження і експериментальних досліджень. Комплекс моделей розподілу і управління навантаженням і ресурсами ЦОД для різних технологій хостингу запропонований авторами у циклі праць [5—10], зокрема для випадків:

— віртуального хостингу [5, 6]: дискретний і неперервний варіанти моделі;

— виділених серверів [7];

— серверної віртуалізації [8].

У кожній із зазначених робіт проблема розподілу і управління навантаженням і ресурсами ЦОД розв’язувалась шляхом реалізації послідовно (за необхідності, ітеративно) виконуваних етапів планування, управління і диспетчеризації ресурсів і навантаження.

Задачі планування та управління розподілом ресурсів і навантаженням зводяться до оптимізаційних проблем вигляду:

$$\max_{x \in \Omega} f(x), \tag{1}$$

 ISSN 2076-2887

де $f(x)$: $\Omega \to R$ — функція, яка визначає ефективність рішення x, критерій оптимальності, оснований на конкретній постановці задачі управління, Ω — область допустимих рішень. Без втрати узагальненості результатів можна вважати, що $f(x) \geq 0$, а Ω — дискретний або неперервний простір (в залежності від обраного варіанту математичної моделі).

Функція $f(x)$ та область Ω залежать від технологій хостингу, побудови прикладного програмного забезпечення, кластеризації і віртуалізації, а також прийнятих критеріїв ефективності і ресурсних, технологічних та інших актуальних обмежень.

Для задачі управління при віртуальному хостингу зазначені вище математичні моделі були формалізовані наступним чином [5, 6]:

$N=\{N_1,\ldots,N_n\}$ — множина серверів, кількість яких дорівнює n;

$A=\{A_1,\ldots,A_m\}$ — множина застосувань, кількість яких дорівнює m;

З опису системи, яка моделюється, легко зрозуміти, що потребу в обчислювальних потужностях можуть забезпечити декілька серверів своєю сумарною процесорною місткістю (у випадку розподілених обчислень). Тоді на кожному з обраних сервері розміщується екземпляр застосування, якщо потреби в оперативній пам'яті, пам'яті жорстких дисків та пропускній здатності каналів повністю задовольняються ресурсами кожного окремого серверу.

Для позначення результату (шуканого оптимального розміщення) у математичній моделі вводиться матриця $X=\|x_{ji}\|$, де

$$x_{ji} = \begin{cases} 1, \text{якщо екземпляр застосування } A_j \text{ запущений на сервері } N_i; \\ 0, \text{в супротивному випадку.} \end{cases}$$

для дискретного варіанту моделі, і

$$x_{ji} = \begin{cases} 0 < \ldots \leq 1, \text{якщо екземпляр застосування } A_j \text{ запущений на сервері } N_i; \\ 0, \text{в супротивному випадку.} \end{cases}$$

для неперервного, при якому значення x_{ji} відповідає частці процесорного часу, виділеній на i-му сервері для j-го застосування.

Для неперервного варіанту реалізації моделі вводиться додатковий параметр, який характеризує факт наявності екземпляру певного застосування на сервері:

$$]x_{ji}[= \begin{cases} 1, \text{якщо } x_{ji} > 0, \\ 0, \text{якщо } x_{ji} = 0. \end{cases} \tag{2}$$

Оптимальне розміщення $X=\|x_{ji}\|$ повинне враховувати такі обмеження:

— сумарні незалежні від навантаження вимоги визначених для розміщення на сервері екземплярів застосувань не перевищують відповідні параметри сервера;

— сумарні залежні від навантаження вимоги визначених для розміщення на сервері екземплярів застосувань не перевищують відповідні параметри сервера;

— залежні від навантаження вимоги застосувань повинні бути забезпечені сумарними можливостями ресурсів тих серверів, на яких розміщуються екземпляри відповідних застосувань;

— обмеження, пов'язані з можливістю розгортання застосування A_j на сервері N_i.

У розглянутому циклі робіт [5—10] для розв'язку були обрані наступні задачі з оптимізації розподілу ресурсів і навантажень:

1) Задача мінімізації витрат на підтримку клієнтських запитів. Тобто вибирається така мінімальна за витратами на їх підтримку підмножина серверів, які зможуть підтримати необхідну для задоволення вимог існуючих користувачів множину екземплярів застосувань.

У контексті задачі вводиться додаткова змінна y_i, що характеризує зайнятість i-го сервера.

Формалізація критерію має наступний вигляд:

$$min \sum_{i=1}^{n} s_i y_i \ , \tag{3}$$

де s_i — вартість підтримки серверу N_i.

Змінна зайнятості сервера приймає наступні значення:

— для дискретного варіанту: $y_i = x_{1i} \vee x_{2i} \vee \ldots \vee x_{mi}$, i=1,…,n.

— для неперервного варіанту: $y_i =]x_{1i}[\vee]x_{2i}[\vee \ldots \vee]x_{mi}[$, i=1,…,n.

2) Задача рівномірного завантаження серверів з метою уникнути відмов у обслуговуванні користувачів у разі різкого збільшення навантаження.

Формалізація критерію для дискретного варіанту розподілу:

$$max \prod_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{m} \omega_j \cdot x_{ji} \right), \tag{4}$$

де ω_j — вимоги застосування A_j до процесорної місткості серверів, а для неперервного:

$$max \prod_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{m} x_{ji} \right). \tag{5}$$

3) Задача мінімізації сумарних витрат на підтримку клієнтських запитів і реалізацію переходу до нового оптимального плану розміщення застосувань.

Формалізація критерію для дискретного варіанту розподілу:

$$min \sum_{i=1}^{n} \left(s_i y_i + \sum_{j=1}^{m} p_{ji} \left| x'_{ji} - x_{ji} \right| \right), \tag{6}$$

а для неперервного:

$$min \sum_{i=1}^{n} \left(s_i y_i + \sum_{j=1}^{m} p_{ji} \left|]x'_{ji}[-]x_{ji}[\right| \right), \tag{7}$$

де значення параметру p_{ji} відповідає вартості розгортання певного застосування на певному сервері, а x'_{ji} характеризує початковий план розташування застосувань на серверах.

Для вирішення сформульованих задач управління розподілом ресурсів і навантаженням у роботах були використані:

— базовий варіант ГА;

— евристичні алгоритми з урахуванням специфіки критеріїв і обмежень.

Результати виконаних експериментів продемонстрували працездатність обраних методів.

Нижче наведені характеристики залежності одержаного оптимального значення критерію (цільової функції (ЦФ)) від розмірності задачі (кількості серверів та застосувань, що плануються до розміщення на серверах). Аналізуючи характеристики, можна порівняти оптимальність результатів евристичних та генетичних методів пошуку рішень. З огляду на те, що ГА для різних початкових параметрів популяції може давати різні рішення, на графіках присутні дві величини, що характеризують ГА: кращий варіант розв’язку, отриманий під час експериментів, та середнє значення оптимальності отриманого розв’язку.

Отримані характеристики:

1) Характеристики до задачі мінімізації витрат на підтримку клієнтських запитів (3) (за ординату береться відношення величини ЦФ до загальної вартості усіх серверів):

 ISSN 2076-2887

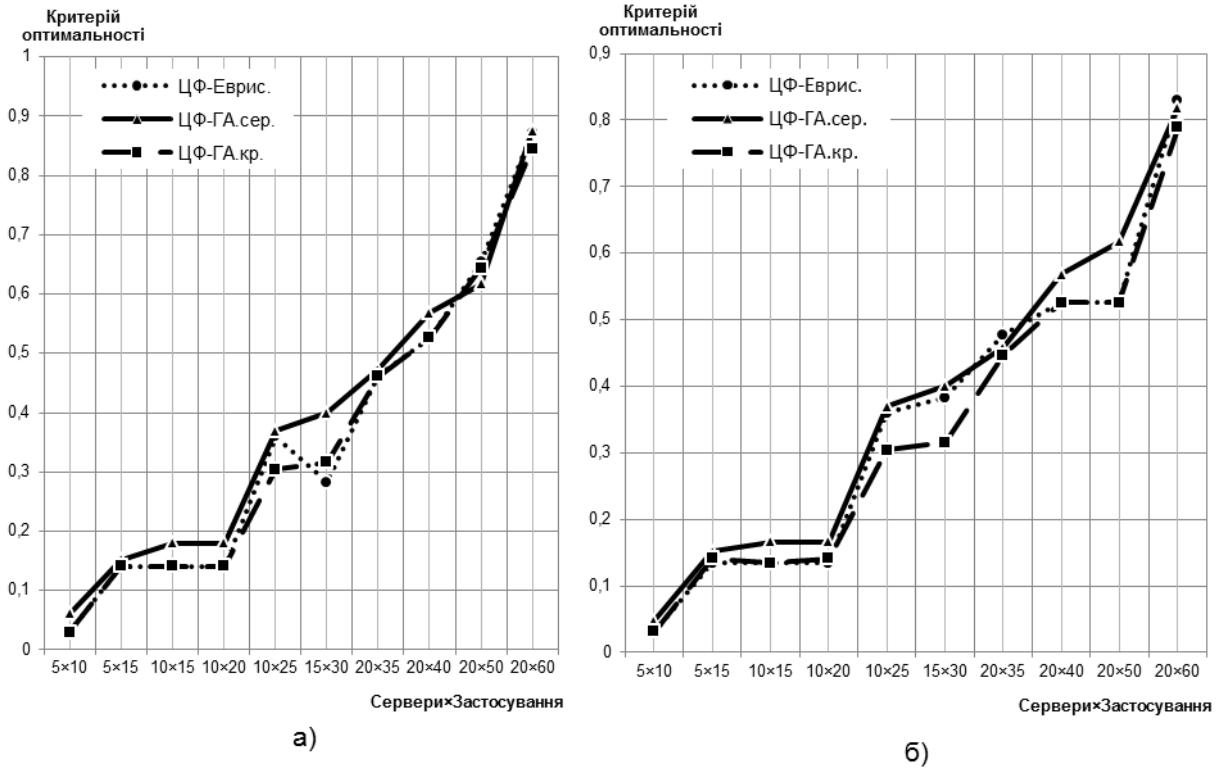


Рис. 1 Залежність значення ЦФ від розмірності вирішуваної задачі:
а) дискретний варіант формулювання задачі; б) неперервний варіант формулювання задачі

На основі отриманих характеристик можна зробити ряд висновків, зокрема:

— як генетичний, так і евристичний алгоритм пошуку оптимального рішення показали себе придатними до застосування у задачах подібного типу;

— середнє значення результату, одержаного за допомогою ГА, дещо гірше, ніж значення евристичного. Це можна пояснити наявністю багатьох випадкових процесів у основі виконання ГА, що зумовлюють певну непередбачуваність кінцевих результатів (випадковість складу початкової популяції, випадковість мутації та точки кросоверу);

— хоча середнє значення оптимуму ГА і менше, ніж евристичного, та на графіку чітко видно, що кращий результат ГА не поступається, а інколи навіть перевершує результати евристичного алгоритму (задача мінімізації — кращий результат знаходиться нижче по осі ординат). Це можна пояснити тим, що структура та сутність ГА дозволяє йому уникати «локальних оптимумів», та досягати їх «глобальних» значень;

— варто зауважити, що рівномірність результату неперервного варіанту значно більша, ніж у дискретного. Це можна пояснити тим фактом, що обчислювальні потужності ЦОД при неперервному варіанті використовуються значно кращим чином, ніж при дискретному.

2) Задача рівномірного завантаження фізичних серверів (4, 5).

За ординату береться відношення величини ЦФ розв’язку до теоретично розрахованого оптимуму критерію, абсцисою є розмірність задачі — Сервери×Застосування. Характеристики будуються для обох варіантів математичної моделі:

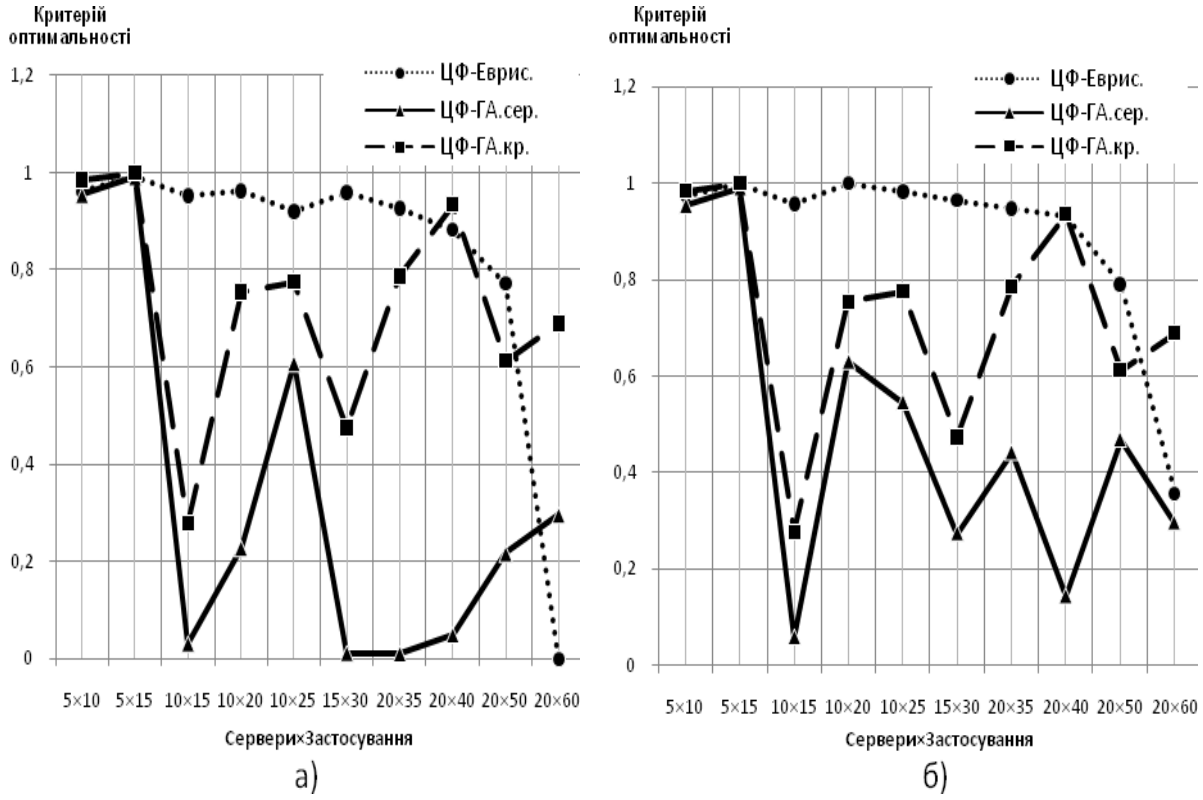


Рис. 2 Залежність значення ЦФ від розмірності вирішуваної задачі:
а) дискретний варіант формулювання задачі; б) неперервний варіант формулювання задачі

Як видно із результатів, отриманих у ході експерименту, метод, оснований на використанні ГА, досяг значно гірших за оптимальністю розв’язків, ніж евристичний підхід.

Одержані результати можливо пояснити тим, що для кожного специфічного критерію оптимальності, що використовується для знаходження кращого розв’язку, необхідно певним чином модифікувати структуру ГА в плані генерації початкових випадкових даних стартової популяції, операцій кросоверу і мутації задля покращення збіжності до оптимуму процесів пошуку ГА.

Причина більшості збоїв ГА при тестуванні реалізації даної задачі була викликана специфікою початкових даних, на основі яких будувалась робота ГА.

В деяких випадках, як і у попередній задачі, ГА досягав значень показника оптимальності кращих, ніж евристичний. Причина у наявності «локальних» та «глобальних» оптимумів цільової функції.

3) Задача мінімізації сумарних витрат на підтримку клієнтських запитів і реалізацію переходу до нового оптимального плану розміщення застосувань (6, 7).

За ординату береться відношення величини ЦФ (вартості підтримки з урахуванням переходу) до сумарної вартості підтримки усіх серверів парку, абсцисою є розмірність задачі — Сервери×Застосування. Характеристики будуються для обох варіантів математичної моделі:

 ISSN 2076-2887

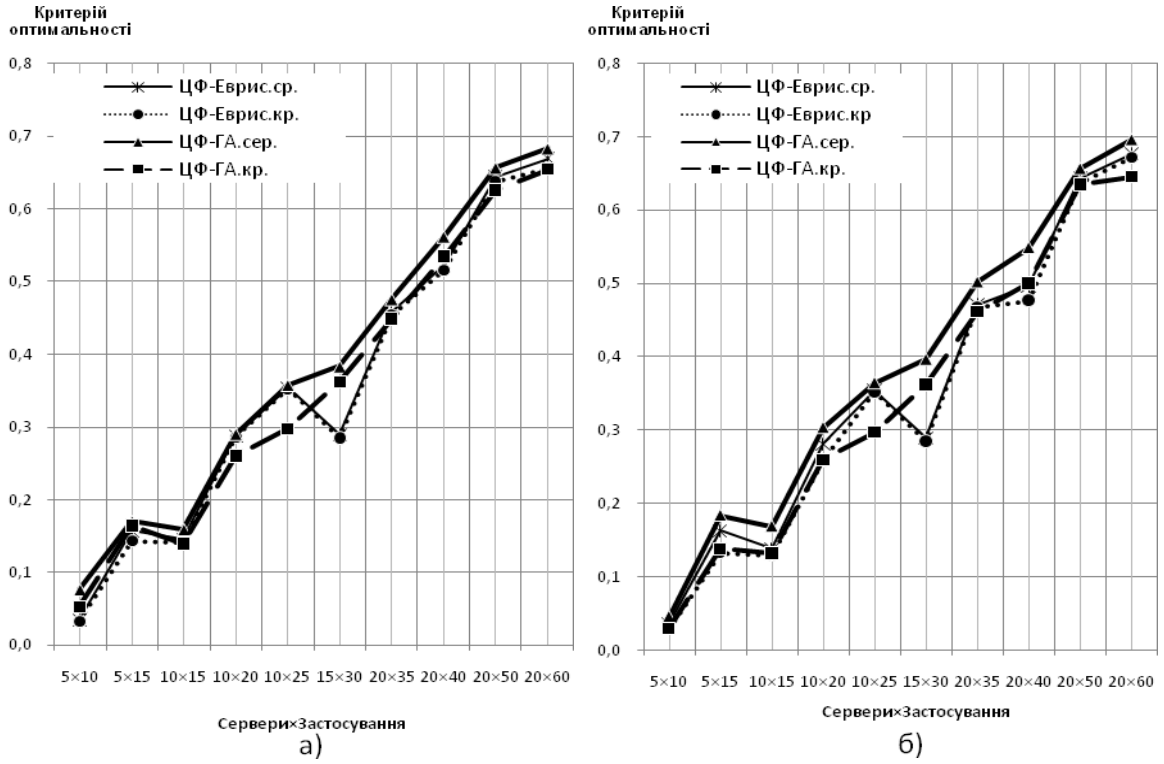


Рис. 3 Залежність значення ЦФ від розмірності вирішуваної задачі:
а) дискретний варіант формулювання задачі; б) неперервний варіант формулювання задачі

У двох останніх експериментах ГА продемонстрував прийнятну оптимальність у порівнянні з евристичним алгоритмом. Характеристики подібні до характеристик першої із розглянутих задач. Подібність результатів можна пояснити близькістю формулювання критеріїв оптимальності, та більш придатною для даного типа задачі початковою популяцією хромосомних наборів.

Наведені вище результати дозволяють зробити такі висновки:

— як генетичний, так і евристичний алгоритм пошуку оптимального рішення показали себе придатними до застосування у задачах подібного типу;

— експерименти показали, що евристичні алгоритми дозволяють переважно одержувати розв’язки швидше, але з меншим наближенням до оптимуму, тобто оптимальність розв’язків ГА, для деяких задач, перевищує їх евристичні відповідники;

— середнє значення оптимальності розв’язків ГА значно менше, ніж оптимальність кращого з отриманих розв’язків. Це можна пояснити наявністю випадкових процесів, на базі яких будується реалізація ГА: випадковість стартової популяції алгоритму, моменту і позиції мутації та кросоверу;

— для певного класу задач (певного критерію оптимальності) ГА показав кращі результати, ніж для інших. Це вказує на необхідність певного налаштування конкретної реалізації ГА під потреби конкретної задачі, задля забезпечення необхідного характеру збіжності процесів пошуку оптимуму. Окрім налаштувань ГА під конкретну задачу є можливість змінити формулювання критерію оптимальності, без втрати логіки оптимізації.

На основі проведених досліджень можна сказати, що, по-перше, запропоновані моделі працюють, але в окремих випадках вимагають деяких уточнень. По-друге, використання класичного генетичного алгоритму не завжди дає потрібну точність результату, а адаптація алгоритму під кожну окрему задачу вимагає достатньо великих витрат часу.

2 Постановка проблеми поглиблення досліджень. З урахуванням зазначеного вище, метою цього дослідження є уточнення окремих моделей управління ресурсами і навантаженням ЦОД, а також розроблення універсального ГА, який можна було б просто налаштовувати на специфіку різних задач розподілу і управління ресурсами і навантаженням.

3 Модифікація і розвиток існуючих моделей. В ході аналізу методів пошуку оптимального розподілу ресурсів і навантаження, а також проведення експериментів було вирішено внести точність у формулювання критерію оптимальності задачі мінімізації сумарних витрат на підтримку клієнтських запитів і реалізацію переходу до нового оптимального плану розміщення застосувань. У формулах (6) та (7) модулі різниць $\left|x'_{ji} - x_{ji}\right|$ та $\left|]x'_{ji}[-]x_{ji}[\right|$ будуть дорівнювати 1 тільки у випадку, коли на певному сервері не було застосування у попередньому плані і з'явилось у новому ($x'_{ji} = 0$ та $x_{ji} = 1$). Випадок, коли застосування зникає із серверу у зв'язку з переходом до нового плану, не несе витрат на перенесення програмного забезпечення.

4 Керований генетичний алгоритм. Оскільки проблеми проектування, аналізу і управління ІТС становлять окремий клас проблем великої вимірності, то для ГА при вирішенні цих проблем важливою умовою є ефективне управління збіжністю. Тобто необхідно мати такий механізм у ГА, який, виходячи із вимірності задачі і заданої точності рішень, міг би знайти потрібний компроміс між кількістю кроків алгоритму і точністю рішень.

Виникає необхідність розробити керований ГА для розв'язання цієї проблеми і обґрунтувати його збіжність. Керований ГА повинен враховувати особливості проблеми, характеристики попередньої популяції і послідовності найкращих рішень з метою визначення такої послідовності операторів кросинговеру, мутації та вибору, яка забезпечує найшвидшу збіжність.

Розглянемо універсальну схему застосування ГА з контрольованою збіжністю до класу задач проектування, аналізу і оптимізації ІТС. На рисунку 4 наведена блок-схема керованого ГА.

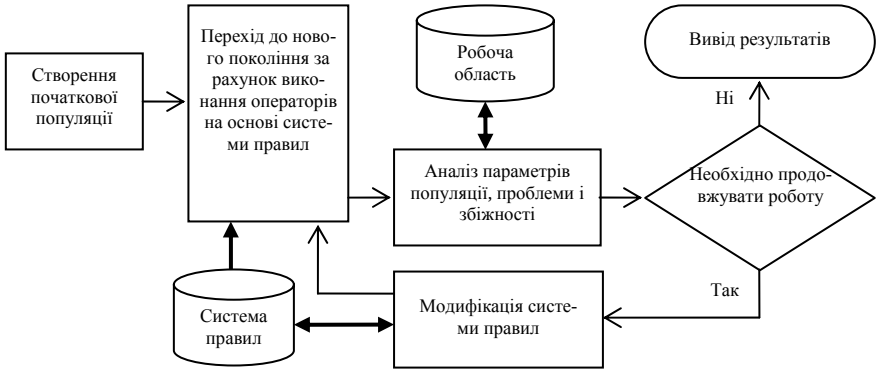


Рис. 4 Блок-схема керованого генетичного алгоритму

Основна відмінність запропонованого керованого ГА від базового ГА, розглянутого раніше, полягає у механізмі отримання нової популяції особин на базі представників минулої епохи.

У базовому варіанті ГА отримання популяції нової епохи відбувалось шляхом послідовного виконання операторів кросоверу (C), мутації (M) (з певною вірогідністю, над нащадком, одержаним з кросоверу) та селекції (S) (відбір кращих з одержаних результатів). Певного роду селекція відбувалась також перед кросовером при відборі за певним принципом особин, що братимуть у кросовері участь. Таким чином, у формуванні популяції кожної наступної епохи брали участь усі три типи операторів ГА.

Подібна організація процесу, хоча і давала збіжність пошуку, але не гарантувала оптимальності розв'язку. Це пов'язано із наявністю проблеми балансу «дослідження» і «використання» [11,12], яка полягає у балансуванні між використанням вже існуючого матеріалу (закріплення оптимальних схем розв'язку за допомогою кросоверу) та дослідженням нових оптимумів, що не входять до вивченого простору (отримання якісно нових

 ISSN 2076-2887

схем за допомогою використання мутації). Велика кількість мутацій може привести до руйнування схеми кращого представника поточної популяції, в той час, як використання кросоверу призводить до підвищення швидкості збіжності процесів пошуку до оптимуму (може бути як «локальним», так і «глобальним»).

Із постановки проблеми видно, що при використанні базового варіанту ГА явних механізмів балансування між «дослідженням» і «використанням» немає. Процеси відбуваються без контролю у послідовності, заданій схемою самого алгоритму.

При використанні керованого ГА (рисунок 4) відбувається забезпечення балансування між «дослідженням» і «використанням» шляхом введення системи правил, на базі якої відбувається вибір оператора (кросоверу чи мутації), у результаті використання якого буде отримана популяція наступної епохи. Таких чином, ми присвячуємо кожну окрему епоху процесу пошуку, або «використанню» існуючого матеріалу (закріпленням оптимальних розв'язків), або «дослідженню» нових областей простору розв'язків. Селекція буде відбуватись у кожному з випадків, залишаючи у складі популяції нової епохи лише кращих представників із сукупності представників минулої епохи та одержаних на їх базі нащадків. У випадку, коли кількість отриманих нащадків буде занадто мала, сукупність, з якої робитиметься відбір, поповнюватиметься додатковим вливанням випадково згенерованих представників — для забезпечення різноманіття генетичного матеріалу популяції.

Для того, щоб сформувати систему правил керованого ГА необхідно вибрати параметри процесу, за якими буде оцінюватись характер його збіжності, та потреба у використанні конкретного оператора алгоритму (С або М) для кожної конкретної епохи. Певні підходи до формулювання таких параметрів процесів наводились авторами [12] у їх дослідженнях збіжності ГА.

Введемо наступні параметри:

— Коефіцієнт приросту популяції.

Під час генерації популяції нової епохи за допомогою використання одного з операторів (С або М) одержана кількість нащадків може бути дуже малою у порівнянні із розміром популяції. Цей факт вказує на вироджуваність популяції, пов'язану з недостатнім різноманіттям генетичного матеріалу, і потребує відповідних дій (додаткового «вливання» нового генетичного матеріалу).

$$k_{n.n.} = \frac{l}{n}, \tag{8}$$

де l — кількість отриманих нащадків, n — розмір популяції.

— Тиск відбору.

Під час роботи ГА необхідно мати параметр, який характеризував би ступінь наближення поточної популяції до оптимуму. Відомо, що алгоритм пошуку зупиниться, коли максимальне значення оптимальності співпаде (або достатньо сильно наблизиться) до середнього значення оптимальності всієї популяції.

Введемо тиск відбору, як величину відношення максимального оптимуму популяції поточної епохи до її середньої оптимальності. При цьому приймемо, що критерієм оптимальності є максимізація значення ЦФ. Тоді тиск відбору ρ дорівнює:

$$\rho = \frac{\sigma_{max}(x)}{\langle \sigma(x) \rangle}, \tag{9}$$

де $\sigma(x)$ — ЦФ пошуку, а $\langle \sigma(x) \rangle$ — середнє значення ЦФ поточної популяції.

Із визначення параметру можна зробити висновок, що виконується умова $\rho \geq 1$. Значення тиску відбору дорівнює 1 у випадку, коли оптимальність усіх представників популяції рівна.

— Швидкість зміни збіжності.

Необхідно мати параметр, який характеризував би тенденції зміни збіжності ГА при переході від епохи до епохи. Введемо поняття швидкості збіжності, як різницю між значеннями тисків відбору популяцій попередньої та поточної епох:

$$\Delta_{n,n+1} = \rho_n - \rho_{n+1}. \tag{10}$$

Сформулюємо набір правил, за якими буде обиратись операція для одержання популяції наступної епохи:

1) Якщо коефіцієнт приросту популяції менший за критичне значення, то виникає необхідність проводити додаткове «вливання» нового генетичного матеріалу (оператор RI).

Формалізація правила має вигляд:

$$\textbf{IF } (k_{n.n.} \le k_{кр.}) \textbf{ THEN RI}; \tag{11}$$

2) Якщо значення швидкості збіжності стає від'ємним при переході від k-ої до (k+1)-ої епохи — то для формування популяції наступної епохи буде використовуватись оператор кросоверу (C).

За умови того, що при переході від епохи до епохи середня пристосованість популяції не зменшується (при переході від епохи до епохи відбувається селекція лише кращих представників), швидкість збіжності може стати від'ємною тільки за умови, що тиск відбору поточної епохи став більшим за тиск відбору попередньої. Це, в свою чергу, можливо за умови знаходження нового максимального значення оптимальності, тобто знаходження кращого розв'язку задачі. Заради збереження кращого розв'язку необхідно від стратегії «дослідження» перейти до стратегії «використання», а отже до кросоверу.

Формалізація правила має вигляд:

$$\textbf{IF } (\Delta_{n,n+1} < 0) \textbf{ THEN C}; \tag{12}$$

3) Якщо значення швидкості збіжності ГА, а також значення тиску відбору популяції поточної епохи не менші, ніж граничні значення (характер збіжності процесів ще не визначений, немає сходження до «локального» оптимуму), то для одержання популяції наступної епохи використовується кросовер.

Формалізація правила має вигляд:

$$\textbf{IF } ((\rho_{n+1} \ge \rho_{гр.}) \textbf{ AND } (\Delta_{n,n+1} \ge \Delta_{гр.})) \textbf{ THEN C}; \tag{13}$$

4) Якщо значення швидкості збіжності, або значення тиску відбору популяції поточної епохи менші за граничні, то для отримання популяції наступної епохи використовується мутація.

В цьому випадку пошук оптимального розв'язку сходиться до певного «локального» оптимуму і потрібно перейти від стратегії «використання» до стратегії «дослідження», а отже до мутації.

Формалізація правила має вигляд:

$$\textbf{IF } ((\rho_{n+1} < \rho_{гр.}) \textbf{ OR } (\Delta_{n,n+1} < \Delta_{гр.})) \textbf{ THEN M}; \tag{14}$$

Окрім правил вибору наступного оператору генерації популяції до системи правил слід також занести правила зупинки процесу пошуку:

5) Якщо швидкість збіжності а також тиск відбору популяції протягом двох епох підряд були менші за критичні — процес зупиняється, відповіддю приймається максимальний оптимум популяції поточної епохи. Умова перевірки на популяціях двох останніх епох вводиться для надання шансу для мутації виявити новий кращий результат у недосліджених областях простору розв'язків.

Формалізація правила має вигляд:

 ISSN 2076-2887

$$\textbf{IF } (((\rho_{n+1} \le \rho_{кр.}) \textbf{ AND } (\Delta_{n,n+1} \le \Delta_{кр.}))$$

$$\textbf{AND } ((\rho_n \le \rho_{кр.}) \textbf{ AND } (\Delta_{n-1,n} \le \Delta_{кр.}))) \textbf{ THEN EXIT}; \quad (15)$$

6) Якщо максимум оптимальності популяції поточної епохи стає меншим, ніж максимум оптимальності минулої — процес зупиняється, останньою правильною епохою визнається попередня, а кращим результатом пошуку — максимум оптимуму попередньої епохи.

Формалізація правила має вигляд:

$$\textbf{IF } (\sigma_{max}(x)_{n+1} < \sigma_{max}(x)_n) \textbf{ THEN STEP_BACK; EXIT}; \quad (16)$$

Як видно із одержаних правил (11 — 16), для організації управління процесами у ГА необхідно задатись початковими значеннями параметрів граничних та критичних швидкостей збіжності та тисків відбору (відповідно $\Delta_{гр.}, \Delta_{кр.}, \rho_{гр.}, \rho_{кр.}$), а також значенням $k_{кр.}$ — критичним для коефіцієнту приросту популяції. Налаштуванням цих коефіцієнтів можна регулювати швидкість збіжності пошуку ГА та характер основних процесів, що в ньому відбуваються. Ці процеси проходять на етапі модифікації системи правил (рисунок 4), що дозволяє влаштувати свого роду зворотній зв'язок по оптимальності отриманого результату.

Варто зазначити, що кількість можливих правил управління процесами у ГА не обмежується описаною раніше множиною. Якщо ввести додаткові показники збіжності ГА, то можна збільшити базу правил схеми, зображеної на рисунку 4. При цьому може виникнути ситуація, при якій для певного набору значень параметрів можуть одночасно спрацьовувати кілька конфліктних правил (правил, що різним чином визначають хід одного і того ж процесу). У цьому випадку слід використовувати систему оцінювання внеску кожного з правил у кінцевий результат (встановлення рангів правил системи або їх динамічне оцінювання у ході процесу на основі якісного внеску кожного окремого правила у кінцевий результат) і обирати із можливої множини найбільш пріоритетні.

5 Експериментальне дослідження керованого ГА. Алгоритм, блок-схема якого зображена на рисунку 4, був програмно реалізований. Після цього була проведена низка експериментів для порівняння оптимальності результатів керованого ГА (КГА) із розробленими евристиками.

Результати експериментів:

1) Характеристики до задачі мінімізації витрат на підтримку клієнтських запитів. Оскільки за умовами правил задача має бути задачею максимізації, змінимо критерій задачі. Від мінімізації витрат перейдемо до максимізації економії, в якості величини економії ввівши різницю між вартістю підтримки усіх серверів серверного парку та мінімальними витратами із початкової задачі. Маємо критерій нової задачі:

$$max\left(S - \sum_{i=1}^{n} s_i y_i\right), \quad (17)$$

де S — сумарна вартість підтримки серверів серверного парку.

За ординату береться відношення величини ЦФ до загальної вартості усіх серверів поточної конфігурації, за абсцису — розмірність задачі:

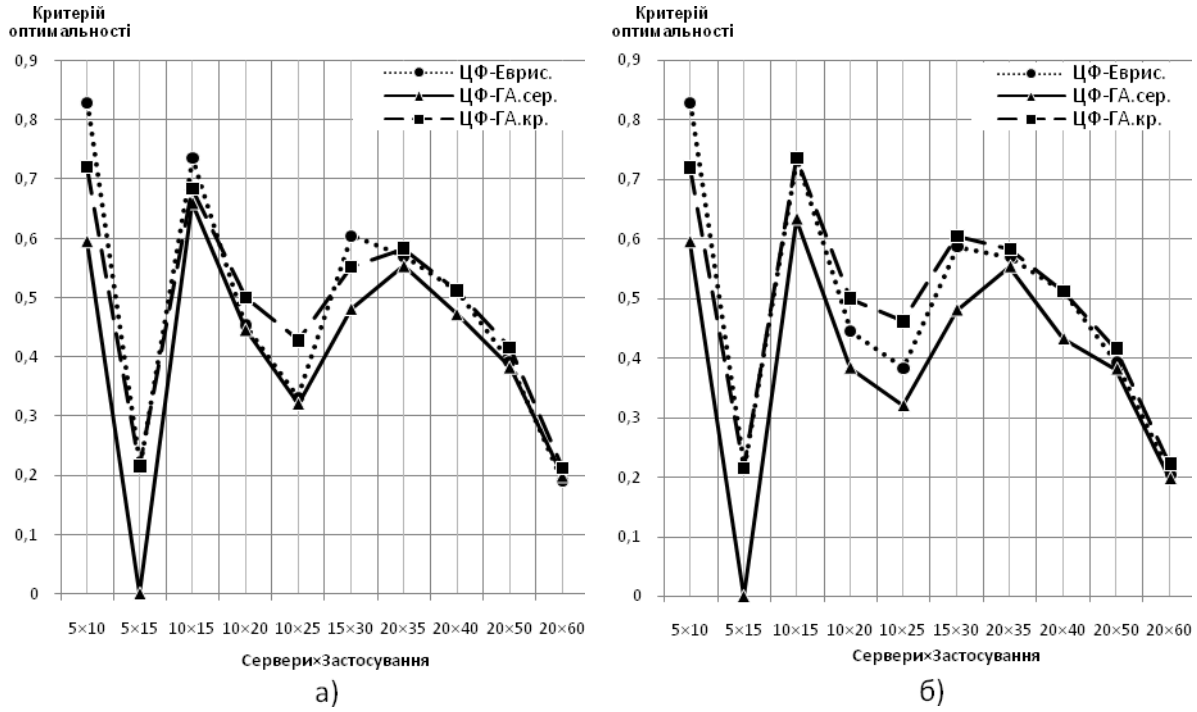


Рис. 5 Залежність значення ЦФ від розмірності вирішуваної задачі: а) дискретний варіант формулювання задачі; б) неперервний варіант формулювання задачі

2) Характеристики до задачі рівномірного завантаження фізичних серверів.

Результати досліджень наведені на рис. 6. За ординату береться відношення величини ЦФ розв’язку до теоретично розрахованого оптимуму критерію, абсцисою є розмірність задачі — Сервери×Застосування. Характеристики будуються для обох варіантів математичної моделі:

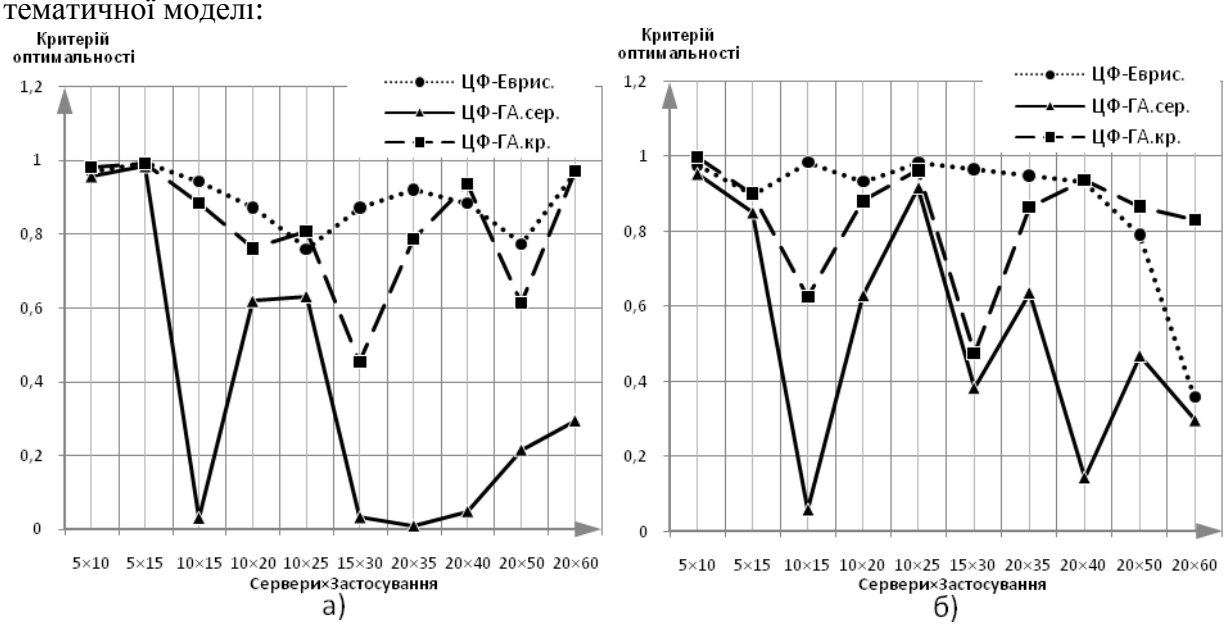


Рис. 6 Залежність значення ЦФ від розмірності вирішуваної задачі: а) дискретний варіант формулювання задачі, б) неперервний варіант формулювання задачі

3) Характеристики до задачі мінімізації сумарних витрат на підтримку клієнтських запитів і реалізацію переходу до нового оптимального плану розміщення застосувань.

За ординату береться відношення величини ЦФ (вартості підтримки з урахуванням переходу) до сумарної вартості підтримки усіх серверів парку поточної конфігурації, абс-

 ISSN 2076-2887

цисою є розмірність задачі — Сервери×Застосування. Характеристики будуються для обох варіантів математичної моделі:

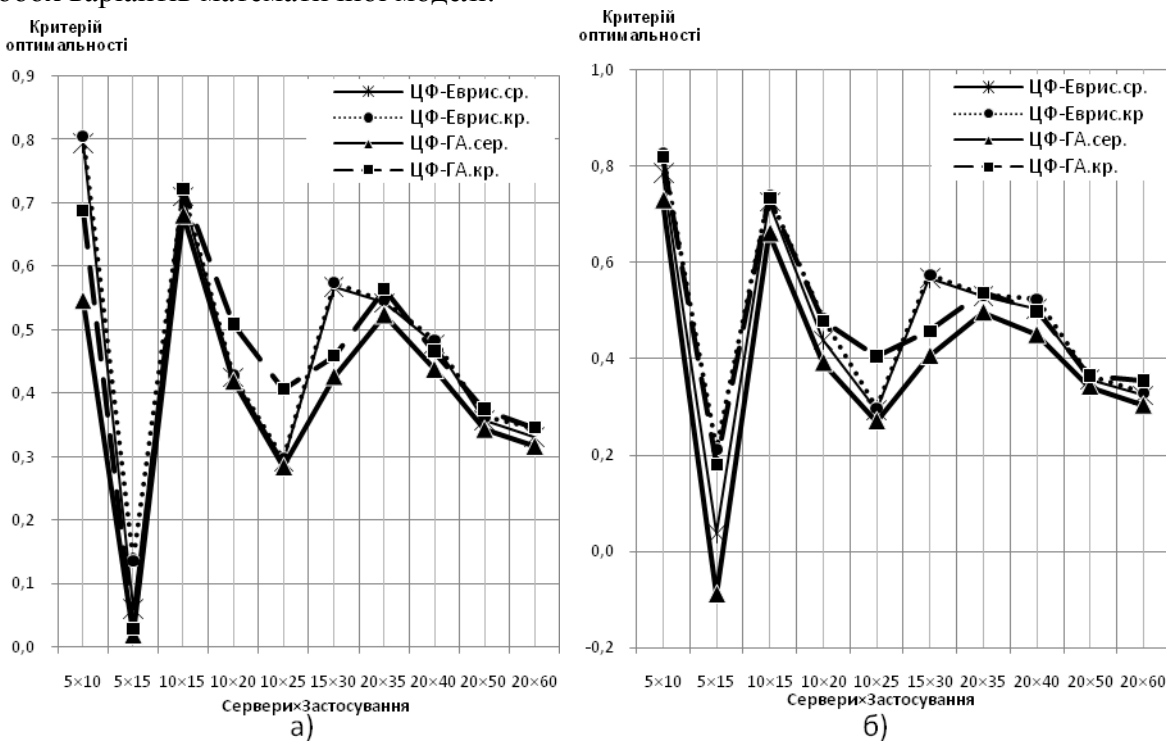


Рис. 7 Залежність значення ЦФ від розмірності вирішуваної задачі: а) дискретний варіант формулювання задачі б) неперервний варіант формулювання задачі

Характеристика порівняння оптимальності отриманих результатів для базового та керованого варіантів реалізації ГА — БГА і КГА відповідно (задача мінімізації витрат на підтримку запитів):

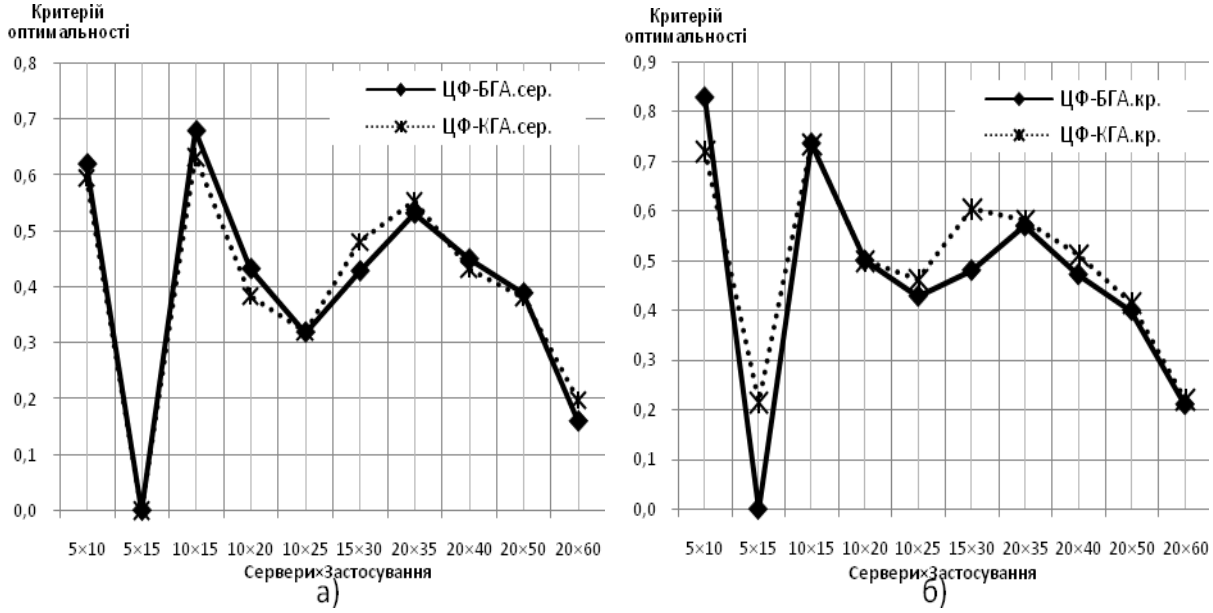


Рис. 8 Порівняння оптимальності розв’язків для БГА і КГА: а) середні значення оптимальності; б) кращі значення оптимальності

Як видно із ряду отриманих характеристик, використання керованого ГА дозволяє отримати покращені результати відносно базового ГА. Варто зазначити, що у більшості випадків керований варіант отримував розв’язки швидше за кількістю епох за базовий ГА.

У випадках, коли налаштуванням параметрів процес пошуку у керованого ГА збільшувався, одержаний результат у більшості випадків був оптимальнішим за варіант розв'язку базового ГА.

Таким чином, налаштовуючи систему правил керованого ГА, можна для кожної задачі підібрати схему значень, за якою за орієнтовну кількість кроків (епох) можна досягти розв'язку достатнього рівня оптимальності. Але пошук таких схем параметрів вимагає витрат часу та експериментальної роботи.

6 Особливості налаштування керованого ГА. Як вже було зазначено раніше, налаштування параметрів систему правил керованого ГА прямим чином впливають на якісні характеристики процесів у ньому. Для дослідження цього впливу побудуємо характеристики залежності кращого та середнього значень оптимальності розв'язку та кількості епох у залежності від значень параметрів.

Для прикладу розглянемо комбінований вплив зміни граничних швидкості збіжності та тиску відбору на оптимальність та швидкість протікання процесу пошуку для задачі мінімізації витрат на підтримку серверів (максимізації економії) при інших незмінних параметрах системи.

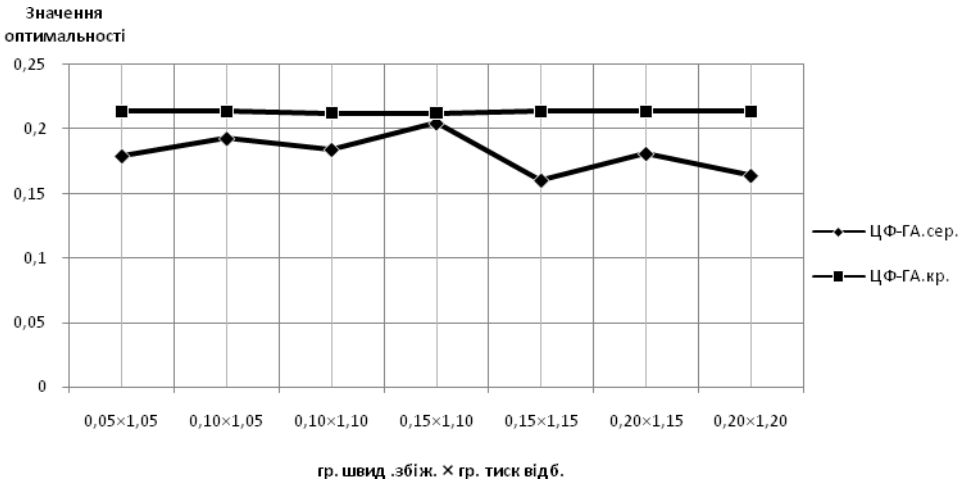


Рис. 9 Залежність показника оптимальності розв'язку від граничних значень швидкості збіжності та тиску відбору

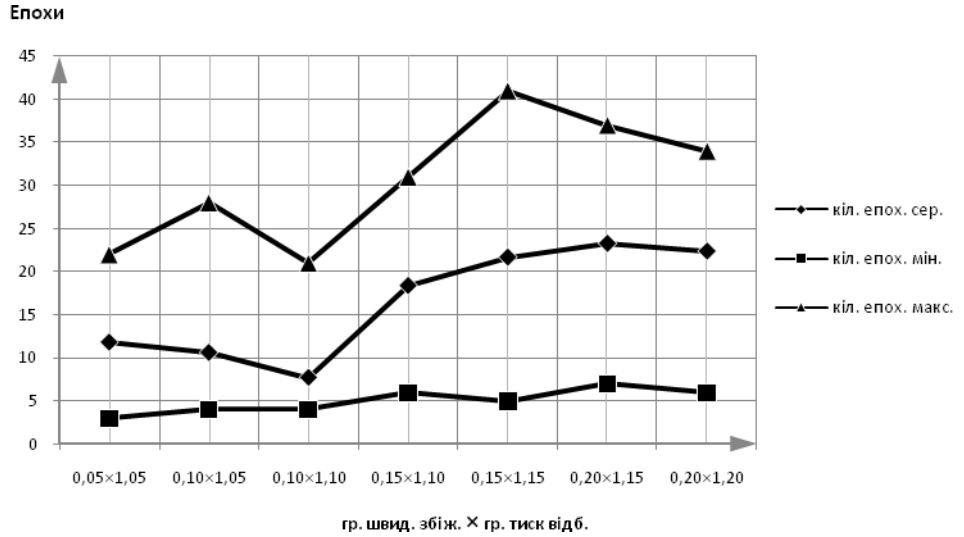


Рис. 10 Залежність кількості епох у процесі пошуку від граничних значень швидкості збіжності та тиску відбору

 ISSN 2076-2887

Суттєвий вплив на протікання процесів мають величини граничних швидкості збіжності та тиску відбору — оскільки визначають послідовність операцій кросоверу та мутацій. Дані величини будуть мати вплив на оптимальність отриманого розв'язку, а також на характер наближення до нього.

Величини критичних швидкості збіжності та тиску відбору впливають на момент зупинки пошуку оптимального рішення. Зменшуючи ці величини, можна досягти великої точності наближення до оптимуму за рахунок значного збільшення кількості епох у процесі пошуку. Слід зауважити, що при певних значеннях цих величин для певних задач процес пошуку може тривати нескінченно (якщо граничні значення фізично недосяжні, що випливає з формулювання ЦФ та наявних даних). Тому до регулювання цих параметрів слід ставитися дуже уважно, якщо процес пошуку має досягати кінцевого результату за скінчений проміжок часу.

Величина граничного приросту популяції впливає на частоту використання «вливання» додаткового генетичного матеріалу. Це опосередковано впливає, як на оптимальність знайденого розв'язку, так і на тривалість самого процесу пошуку.

Варто зауважити, що вплив кожного з розглянутих параметрів на хід процесу залежить у багатьох випадках від характеру самої задачі, поставленої перед алгоритмом, та особливостей математичних моделей даних, що ним використовуються. Таким чином, кожна із задач, поставлених перед алгоритмом, вимагає свого налаштування параметрів його системи правил.

Висновки. У статті запропонований варіант генетичного алгоритму, який відрізняється від відомих керуванням порядком виконання операторів.

Разом із розробленими авторами у циклі праць моделями і методами він покладений в основу реалізації функцій оптимізації створеної в НТУУ «КПІ» СУІ SmartBase.ITSControl. Ця система впроваджена у двох великих розподілених ІТС і використовується в декількох дослідно-конструкторських роботах, які перебувають на стадії проектування. Від попередніх технологій управління навантаженням і розподілом ресурсів СУІ SmartBase.ITSControl відрізняють надання адміністраторам можливості використовувати декілька критеріїв, врахування довільних типів абстрактних і конкретних ресурсів, гнучкість у переході до нових планів розміщення навантаження тощо.

Подальший розвиток досліджень пов'язаний з розробленням моделей і методів для інших моделей хостингу, що дозволить розширити множину ситуацій, в яких може застосовуватися створена СУІ SmartBase.ITSControl, та удосконаленням розроблених алгоритмів для підвищення її ефективності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Павлов О.А. Інформаційні технології та алгоритмізація в управлінні / О.А.Павлов, С.Ф.Теленик. — К.: Техніка, 2002. — 344 с.

2. Теленик С.Ф. Определение распространения влияния неисправностей в сети доступа на качество предоставляемых сервисов / С.Ф. Теленик, А.И. Ролик, М.М. Букасов, М.В. Ясочка// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. — К.: Век+, — 2009. — №50. — С. 164 — 173.

3. Теленик С.Ф. Методы диагностики компонентов информационно-телекоммуникационных систем / С.Ф.Теленик, А.И. Ролик, Ю.С. Тимофеева //«Наукові вісті» Інституту менеджменту і економіки «Галицька академія». — Івано-Франківськ, 2009. — 1(15). — С. 49—58.

4. Ролик А.И. Управление устранением неисправностей в ИТ-системах / А.И. Ролик, Ю.С. Тимофеева, Н.И. Турский // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — К.: «ВЕК+», — 2008. — № 49. — С. 94—107.

5. Теленик С.Ф. Управління ресурсами центрів оброблення даних / С.Ф.Теленик, О.І.Ролік, М.М.Букасов, К.О.Крижова // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. інформ. — Вип. 15. — 2009. — С. 325—340.

6. Теленик С. Управління навантаженням і ресурсами центрів оброблення даних при віртуальному хостингу / С.Теленик, О.Ролік, М.Букасов, С.Андросов, Р.Римар // Вісн. Тернопільського держ. техн. ун-ту. — 2009. — Том 14. — № 4. — С. 198—210.

7. Теленик С.Ф. Управління навантаженням і ресурсами центрів оброблення даних при виділених серверах/ С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов, Р.В. Римар, К.О. Ролік // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. — Херсон, 2009. — № 2 (24). — С. 122—136.

8. Теленик С.Ф. Моделі і методи розподілу ресурсів в системах з серверною віртуалізацією / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов, О.А. Косован, О.І. Кобець // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ».— №3.— К., 2009.— С.100—109.

9. Теленик С.Ф. Моделі управління розподілом обмежених ресурсів в інформаційно-телекомунікаційній мережі АСУ / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — К.: «Экотех». — 2006.— №44.— С. 234—239.

10. Теленик С.Ф. Моделі управління віртуальними машинами при серверній віртуалізації / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов, А.Ю. Лабунський // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — К.: «ВЕК+», — 2009.— № 51. — С. 150—155.

11. Холланд Дж. Генетические алгоритмы / Дж. Холланд // В мире науки. — 1992.— №9—10.— С. 32—40.

12. K.S. Leung, “A New Model of Simulated Evolutionary Computation — Convergence Analysis and Specifications”/ K.S. Leung, Q.H. Duan, Z.B. Xu, and C. K. Wong// IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol. 5, No. 1. — February, 2001 — P. 3—16.

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ТА СИСТЕМАМИ

УДК 681.3

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Бойченко О.В.

Вступ.

Постановка проблеми. Оперативне реагування правоохоронних органів на динаміку змін оперативної обстановки для забезпечення необхідного рівня стану громадського порядку, залученні необхідних сил та засобів з метою захисту конституційних прав і свобод громадян, потребує все більшого застосування сучасних управлінських інформаційно-телекомунікаційних систем.

Поряд із зазначеним, одним із критеріїв ефективності застосування таких систем, що в цілому визначають результат діяльності органів внутрішніх справ, є своєчасність отримання і надання інформації для ухвалення правильних рішень, а саме швидкість обміну достовірними та необхідними інформаційними даними.

Тому для оптимізації процесу обміну інформаційними даними в відомчих інформаційно-пошукових системах інтегрованого банку даних МВС вже недостатнім є тільки збільшення швидкості передачі даних. Актуальним є вирішення завдання пошуку найкоротшого шляху для отримання необхідних даних, що визначено існуванням достатньо великої кількості можливих шляхів. Сучасність потребує використовування відповідного програмного забезпечення для реалізації алгоритму пошуку найкоротших маршрутів між складовими інформаційно-аналітичної системи МВС з обов'язковим урахуванням пропускної спроможності мережі.

Аналіз останніх досліджень. Питання розробки та впровадження різноманітних моделей та алгоритмів для підвищення ефективності застосування управлінських інформаційно-телекомунікаційних систем спеціального призначення розглядалися в роботах таких видатних фахівців, як О. Оре, С. Гудман, С. Хідітміемі, Ю. Бардачов, Н. Соколова, В. Ходаков, О. Плотніков, Р. Бараненко та інших. Слід зазначити, що проаналізовані існуючі алгоритми пошуку найкоротшого шляху [1-4] є доволі складними для програмної реалізації, відзначаються великою обчислювальною складністю і не забезпечують необхідної швидкості пошуку інформаційних даних при застосуванні розгалужених інформаційно-аналітичних систем спеціального призначення з великою кількістю інформаційно-пошукових систем функціонального призначення та зв'язків між ними.

Метою роботи є розробка швидкодіючого алгоритму пошуку найкоротшого шляху між інформаційно-пошуковими підсистемами розгалуженої інформаційно-аналітичної системи спеціального призначення на основі математичної моделі процесу пошуку найкоротшого шляху для оптимізації роботи інтегрованого банку даних МВС.

Основний матеріал.

Класичним підходом до вирішення завдання пошуку найкоротшого шляху між підсистемами в інформаційно-аналітичній системі спеціального призначення є застосування методу моделювання за допомогою графів для вибору оптимального маршруту (рис.1).

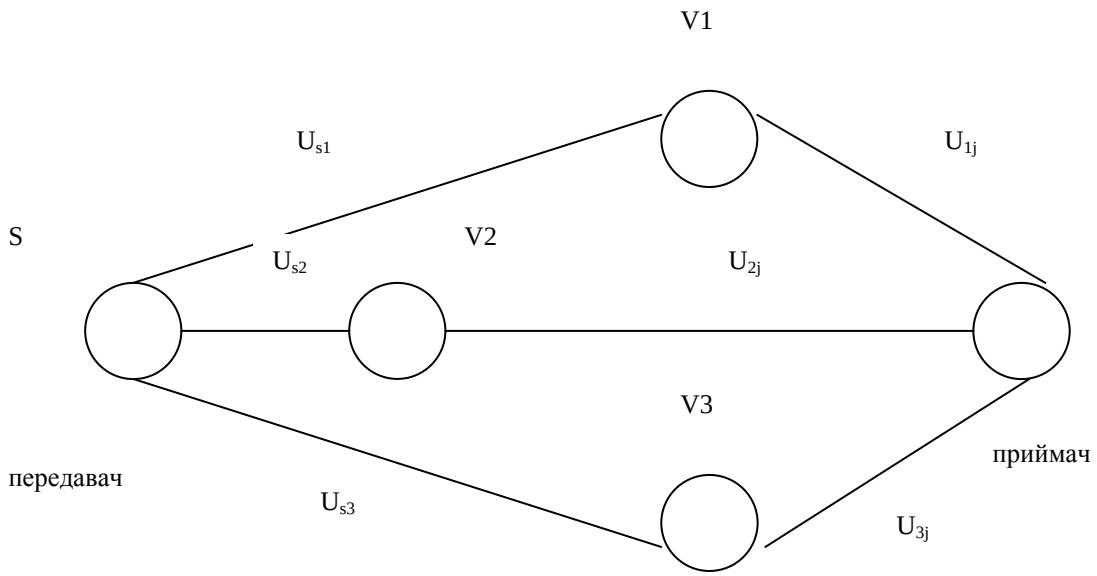


Рис. 1 Граф відстаней між інформаційними підсистемами у складі інформаційно-аналітичної мережі спеціального призначення

Завдання про найкоротший шлях на графі в загальному вигляді може бути сформульовано таким чином [3]. Дано неорієнтований граф $G(V,U)$. Кожному ребру цього графа приписано деяке число, яке називають довжиною ребра. У окремих випадках $l(u)$ може бути відстанню між вершинами, що сполучаються ребром, часом або вартістю переміщення по цьому ребру і т. ін. При цьому довжина будь-якого ланцюга може характеризуватися наступним виразом:

$$l(\mu) = \sum_{u \in \mu} l(u) \quad . \tag{1}$$

Завдання полягає у виборі шляху для двох довільних вершин a і b графа G так, щоб його повна довжина була найменшою. Виходячи з цього, завдання можна представити як завдання оптимізації.

Завдання оптимізації формулюється в загальному вигляді [4], коли задані множина X і функція f(x), визначена на X; і потрібно знайти точки мінімуму функції f на X, отримуємо наступний запис:

$$f(x) > \min,\ x \in X. \tag{2}$$

При цьому f називається цільовою функцією, X – безліччю рішень, будь-який елемент $x \in X$ – рішенням задачі.

Необхідно знайти точку глобального мінімуму функції f на множині X таку, що

$$f(x^0) = \min_{x \in X} f(x) \quad . \tag{3}$$

Це завдання вирішується за допомогою методів дослідження операцій і засобів теорії прийняття рішень [5-7].

Завдання вибору маршруту з декількох можливих на практиці вирішують маршрутизатори – пристрої, що збирають інформацію про топологію міжмережевих з'єднань і на її підставі пересилають пакети мережевого рівня в мережу призначення. Щодо протоколів

 ISSN 2076-2887

маршрутизації, то вони можуть бути побудовані на основі різних алгоритмів, що відрізняються способами побудови таблиць маршрутизації, способами вибору якнайкращого маршруту і іншими особливостями своєї роботи [8].

Для пошуку найкоротшого маршруту пропонується використовувати алгоритм SPF (Shortest Path First), розроблений Дейкстрой [9]. Відповідно до цього алгоритму найкоротший шлях між вершинами графа рівний [3]:

$$u_j = \min\{u_i + d_{ij}\}, \tag{4}$$

де d_{ij} - відстані в мережі між суміжними вузлами V_i і V_j;

u_j - найкоротший шлях між «джерелом» - S і V_j-м вузлом;

u_i - найкоротший шлях між «джерелом» S і V_i - попереднім вузлом в мережі.

Для великих гетерогенних мереж реалізацією алгоритму SPF є протокол OSPF (Open Shortest Path First) [10]. У OSPF процес побудови таблиці маршрутизації розбивається на два крупні етапи. На першому етапі кожен маршрутизатор будує граф зв'язків мережі, в якому вершинами графа є маршрутизатори і IP-мережі, а ребрами – інтерфейси маршрутизаторів. Всі маршрутизатори для цього обмінюються зі своїми сусідами тією інформацією про графу мережі, яку вони мають в своєму розпорядженні до даного моменту часу. Другий етап полягає в знаходженні оптимальних маршрутів за допомогою отриманого графа. Кожен маршрутизатор вважає себе центром мережі і шукає оптимальний маршрут до кожної відомої йому мережі. У кожному знайденому таким чином маршруті запам'ятовується тільки один крок – до наступного маршрутизатора, відповідно до принципу однокрокової маршрутизації. Дані про цей крок і потрапляють в таблицю маршрутизації.

Зважаючи на складність та трудомісткість завдання знаходження оптимального шляху на графі [1-4], пропонується застосування алгоритм SPF, який має за основу базу даних стану зв'язків та обчислює найкоротші шляхи між заданою вершиною S графа і рештою всіх вершин. Результатом роботи алгоритму є таблиця, де для кожної вершини V графа вказаний список ребер, що сполучають задану вершину S з вершиною V по найкоротшому шляху.

Для розробки зазначеного алгоритму приймемо наступні умовні скорочення:

S - задана вершина (джерело шляхів);

E - безліч оброблених вершин, тобто вершин, найкоротший шлях до яких вже знайдений;

R - безліч вершин графа, що залишилися (тобто безліч вершин графа за вирахуванням безлічі E);

O - впорядкований список шляхів.

Пропонований алгоритм складається з повторюваних виконань наступних кроків:

1. Ініціалізувати E={S}, R={всі вершини графа, окрім S}. Помістити в O всі односегментні (завдовжки в одне ребро) шляхи, що починаються з S, відсортувавши їх в порядку зростання метрик.

2. Якщо O порожній або перший шлях в O має нескінченну метрику, то відзначити всі вершини в R як недосяжні і закінчити роботу алгоритму.

3. Розглянемо P - найкоротший шлях в списку O. Видалити P з O. Хай V - останній вузол в P.

Якщо V належить E, перейти на крок 2; інакше P є найкоротшим шляхом з S в V; перенести V з R в E.

4. Побудувати набір нових шляхів, що підлягають розгляду, шляхом додавання до шляху P всіх односегментных шляхів, що починаються з V. Метрика кожного нового шляху рівна сумі метрики P і метрики відповідного односегментного відрізання, що почи-

нається з V. Додати нові шляхи у впорядкований список O, помістивши їх на місця відповідно до значень метрик. Перейти на крок 2.

Протокол OSPF дозволяє зберігати в таблиці маршрутизації декілька маршрутів до однієї мережі. Якщо такі записи утворюються в таблиці маршрутизації, то маршрутизатор реалізує режим балансу завантаження маршрутів (load balancing), відправляючи пакети поперемінно по кожному з маршрутів.

До недоліків протоколу OSPF слід віднести його обчислювальну складність, яка швидко росте із збільшенням розмірності мережі. Для подолання цього недоліку в протоколі OSPF вводиться поняття області мережі (area). Маршрутизатори, що належать деякій області, будують граф зв'язків тільки для цієї області, що скорочує розмірність мережі.

Висновки

Таким чином, застосування запропонованої математичної моделі процесу пошуку найкоротшого шляху між інформаційними підсистемами у складі розгалуженого інтегрованого банку даних МВС та алгоритму пошуку найкоротшого шляху на основі протоколу маршрутизації OSPF дозволить оптимізувати роботу відомчої інформаційно-аналітичної системи МВС через реалізацію режиму балансу завантаження маршрутів, що в кінцевому результаті забезпечить оперативне, повне та достовірне отримання необхідної інформації будь-якому співробітнику органів внутрішніх справ при виконання службових обов'язків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бараненко Р.В. Оптимизация работы корпоративных компьютерных сетей / Р.В. Бараненко, В.Н. Козел, Е.А. Дроздова, А.О. Плотников // Научный журнал ААЭКС. - М, 2004. - №1(13). – С. 25-29.

2. Бардачев Ю.Н. Основы дискретной математики: учебное пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Ю.Н. Бардачев, Н.А. Соколова, В.Е. Ходаков. – Херсон: ХГТУ, 2000. – 356 с.

3. Оре О. Теория графов: монография / О.Оре. – М.: Наука, 1968. – 365 с.

4. Гудман С. Введение в разработку и анализ алгоритмов : учебное пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / С. Гудман, С. Хидитмиеми. – К.: Вища школа, 1985. – 350с.

5. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: учебное пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Коршунов Ю.М. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.

6. Петров Э.Г. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах: учебное пособие [для студ. высш. учебн. завед.] / Э.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В Гребенник, Н.А. Соколова. – Херсон: ОЛДІ – плюс, 2003. – 380 с.

7. Зайченко Ю.П. Исследование операцій: монография / Зайченко Ю.П. – К.: Выща школа, 1986. - 222 с.

8. Горелик В.А. Исследование операций: монография / В.А. Горелик, И.А. Ушаков. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.

9. Dijkstra E. Cooperating Sequential Processes / Dijkstra E. - Technological University, Eindhoven, The Netherlands, 1965. – 345 P.

10. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: монография / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2001. – 672 с.

ЦИФРОВІ І ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 519-7

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИСКРЕТНОЙ ОБРАТНОЙ МОДЕЛИ В СИСТЕМАХ С ИНТЕГРИРУЮЩИМ ЗВЕНОМ

Клименко А.К.

Введение. Для решения ряда задач автоматического управления и диагностики требуется применение обратной модели (ОМ) динамического объекта (ДО). Идеальная ОМ реального объекта, как известно [1], неосуществима. На аналоговых средствах техники удавалось создавать лишь приближенные ОМ для ДО, описываемых уравнениями не выше второго порядка. Применение средств дискретной вычислительной техники позволило найти технические решения ОМ [2,3], приближающихся к идеальным и не зависящих от порядка описываемых ДО уравнений.

Известные технические решения относятся к объектам, которые устойчивы Но существуют объекты, для которых отсутствуют технические решения по созданию ОМ. К таким объектам относится интегрирующее звено.

В данной работе рассматриваются технические решения по применению ОМ в непрерывных следящих системах, содержащих интегрирующее звено.

Анализ известных решений. Если динамический объект является непрерывным и описывается передаточной функцией $W(s)$, то для идеальной ОМ его справедлива формула: $W_{id}(s) = 1/W(s)$. В работе [3] показано, что для реального динамического объекта возможно создание приближенной ОМ, отличающейся от идеальной только чистым временным запаздыванием и описываемой передаточной функцией

$$W_{om}(s) = e^{-T_z s} / W(s). \qquad (1)$$

где T_z - время запаздывания.

Технического решения по созданию такой модели на аналоговых средствах автоматики и вычислительной техники предложено не было. Предложено только техническое решение [3] по осуществлению приближенной ОМ на средствах дискретной вычислительной техники. При конструировании используется следующее условие. Создается инструментальная схема из последовательно соединенных ОМ и ДО. Формируется такое математическое описание ОМ, при котором выходной сигнал ДО в дискретные моменты времени повторяет входной сигнал ОМ с временным запаздыванием:

$$x(n) = y(n+\tau),$$

где n – дискретное время, $x(n)$ - входной сигнал ОМ, $y(n+\tau)$ - выходной сигнал ДО, τ - конструктивный временной сдвиг, представляющий собой дробную часть дискретного времени.

Предполагается, что ДО, для которого требуется создать ОМ, линейный, стационарный, устойчив, а также может обладать чистым временным запаздыванием. В качестве исходного математического описания ДО выступает его переходная характеристика (ПХ) $h(t)$, именуемая также и кривой переходного процесса. ПХ может быть получена как различными аналитическими способами, так и методами электронного моделирования или технического эксперимента. Она представлена в непрерывном времени. На рис.1 изображен типовой график такой ПХ.

В качестве параметров ПХ, используемых при конструировании ОМ и показаных на рисунке, относятся:

h_{ust} – установившееся значение переходного процесса,

τ_0 – чистое временное запаздывание ДО (если оно имеется),

Δ – малая величина, принимаемая за допустимую ошибку,

T_1 – время переходного процесса $\left\{\left|h(t)-h_{уст}\right|\Big|_{t>T_1} < \Delta\right\}$,

h_{max} – максимальное значение переходного процесса.

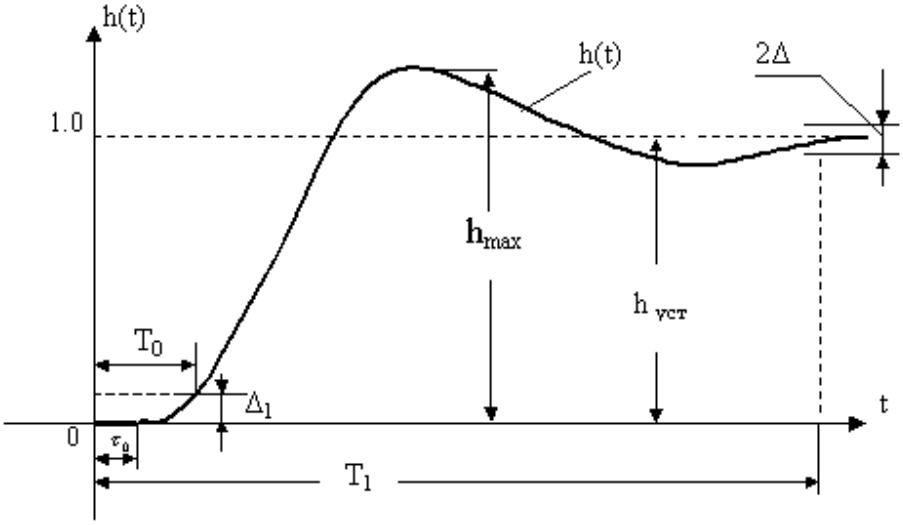


Рис. 1 Типовая переходная характеристика ДО

Для решения задачи конструирования ОМ необходимо также ввести параметр T_0 – конструктивный временной сдвиг ДО. Он должен превышает чистое временное запаздывание ДО ($T_0 > \tau_0$) и удовлетворять требованиям:

$$\left|h(t)\right|\Big|_{t=T_0} = \Delta_1 > 0,\ 0 \le \left|h(t)\right|\Big|_{t<T_0} < \Delta_1,$$

где t – непрерывное время, Δ_1 конечная постоянная величина.

В качестве исходных данных при постановке задачи приведём и краткие сведения о техническом решении ОМ, описанном в [4]. ОМ является замкнутой импульсной системой, конструктивными параметрами которой выступают дискретность времени T и конструктивный временной сдвиг T_0. Для осуществления ОМ составляется математическое описание скорректированного ДО, который сдвинут относительно исходного в сторону опережения и физически осуществим. Скорректированный ДО в дискретном времени описывается импульсной переходной функцией (ИПФ), которая является реакцией на входное воздействие в виде кратковременного импульса единичной площади. Числовой массив ИПФ может быть получен из кривой переходного процесса ДО $h(t)$:

$$k(n+\tau) = h(t)\Big|_{t=(n+\tau)T} - h(t)\Big|_{t=(n-1+\tau)T},\ n = \in [0, N_1], \tag{2}$$

где T – дискретность (шаг квантования) времени,

n – дискретное время ($n = \bar{t}/T$, $\bar{t}$ –моменты непрерывного времени, кратные T),

N_1 – время затухания переходного процесса ($N_1 = T_1/T$),

τ – конструктивный временной сдвиг в сторону опережения, переведенный в дискретное время ($\tau = T_0/T$).

При выполнении данной работы используется известная из [4] ОМ ДО. Она описывается математической зависимостью:

$$c(n) = \left\{\left(1-\frac{h_{-1}}{h_{ust}}\right)x(n) - \sum_{m=1}^{N_1} c(n-m)k(m+\tau)\right\}/k(\tau),\ \tau \ge 1, \tag{3}$$

 ISSN 2076-2887

где $x(n)$ и $c(n)$ – соответственно входной и выходной сигналы ОМ,

$k(\cdot)$ – ИПФ ДО,

$k(\tau) = k(n+\tau)\big|_{n=0}$,

$h_{-1} = h(t)\big|_{t=T_o-T}$,

h_{ust} – установившееся значение ПХ ДО,

m – переменная суммирования.

Как показано в [4], ОМ, описываемая выражением (3), обеспечивает устойчивость работы при изменении параметров T и T_0 в широких пределах. Значения этих параметров можно выбирать из соображений обеспечения желаемых показателей качества создаваемой ОМ.

ОМ, описываемая выражением (3), отличается от идеальной. Основное отличие состоит в том, что ПХ ОМ обладает запаздыванием. Это запаздывание не является чистым. Поэтому в непрерывном времени ОМ может быть лишь приближенно описана передаточной функцией (1). Она работает в дискретном времени, но, при достаточно высокой частоте квантования, приближенно может быть записана в виде:

$$W_{om}(s) \approx e^{-T_0 s} / W(s) . \tag{4}$$

При последовательном соединении ОМ, описываемой выражением (4), с ДО, общая передаточная функция комплекса «ОМ—ДО» может быть приближенно представлена в виде единичного звена с запаздыванием:

$$W_{\Sigma}(s) \approx e^{-T_0 s} . \tag{5}$$

В формулах (4) и (5) символ T_0 уже представляет собой не чистое временное запаздывание, а продолжительность временного интервала переднего фронта кривой переходного процесса комплекса «ОМ-ДО». Величина временного запаздывания T_0 может быть получена весьма малой и составлять лишь несколько процентов или доли одного процента от времени переходного процесса ДО.

Таким образом, реализуемая по формуле (3) ОМ может выступать эффективным средством улучшения показателей качества динамических объектов.

Рассматриваемая ОМ может быть осуществлена только для устойчивого ДО, ИПФ которого (2) затухает на участке [0,N_1]. Интегрирующее звено не является устойчивым. Поэтому возникает проблема использования ОМ (3) для улучшения динамических характеристик следящих систем, содержащих интегрирующее звено.

Исходные данные и постановка задачи. Рассмотрение задачи применения ОМ проведем на примере осуществления следящей системы, инвариантной относительно входного воздействия. Такая система описана в работе [1]. Ее структурная схема изображена на рис.2. В состав системы входят первый и второй динамические объекты, описываемые соответственно передаточными функциями $W_1(s)$ и $W_2(s)$, а также корректирующее звено по входному воздействию с передаточной функцией $W_k(s)$.

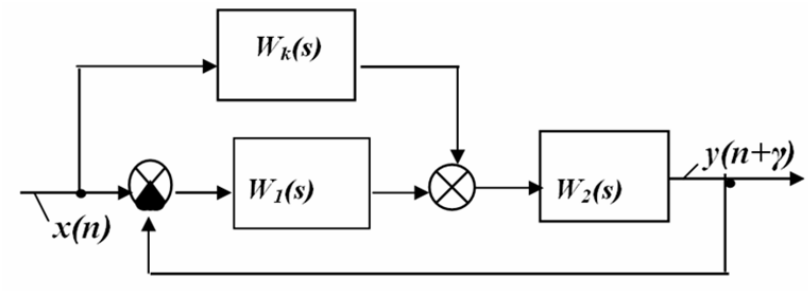


Рис. 2 Структурная схема следящей системы, инвариантной по входному воздействию

Система по рис.2 будет инвариантной, если удастся осуществить такое корректирующее звено, которое представляет собой ОМ второго ДО, т.е.

$$W_k(s) = M^{-1}\{W_2(s)\} = 1/W_2(s) \ , \qquad (6)$$

где M^{-1} является символом обратной модели.

В случае выполнения условия (6) следящая система по рис.2 становится идеальной, а ее передаточная функция, как можно показать структурными преобразованиями, становится равной единице.

Но условие (6) на известных технических решениях не может быть выполнено из-за того, что второй динамический узел содержит интегрирующее звено $1/s$, а его передаточная функция может быть представлена в виде:

$$W_2(s) = \frac{1}{s} W_{2-1}(s), \qquad (7)$$

где $W_{2-1}(s)$ - остаточное динамическое звено, которое является устойчивым.

Задачей данной работы является такое преобразование структурной схемы по рис.2, при котором становится возможным использование ОМ (3) для обеспечения инвариантности следящей системы. Правила структурных преобразований системы изложены, например, в [5].

Предлагается два варианта решения поставленной задачи.

Первый вариант заключатся в том, что делается такое структурное преобразование системы по рис.2, при котором для обеспечения ее инвариантности достаточно реализовать ОМ остаточного звена с передаточной функцией $W_{2-1}(s)$.

При втором варианте структурная схема преобразуется с таким укрупнением ее элементов, что интегрирующее звено оказывается элементом более сложного, но устойчивого динамического звена.

За счет применения ОМ следящая система должна стать быстродействующей и приближенно описываться передаточной функцией элемента с малым временным запаздыванием (5).

Результаты исследования. Рассмотрим оба варианта возможных структурных преобразований следящей системы с использованием ОМ.

На рис.3 изображена структурная схема системы с использованием ОМ остаточного звена, передаточная функция которого $W_{2-1}(s)$ определяется выражением (7). Поскольку остаточное звено устойчиво, для него может быть построена кривая переходного процесса, найден числовой массив ИПФ по формуле (2) и осуществлена ОМ с использованием математической зависимости (3). Получаемая ОМ обладает неизбежным временным запаздыванием, а ее передаточная функция приближенно может быть представлена в виде:

$$M^{-1}\{W_{2-1}(s)\} \approx \frac{e^{-T_z s}}{W_{2-1}(s)},$$

где T_z - временное запаздывание ОМ.

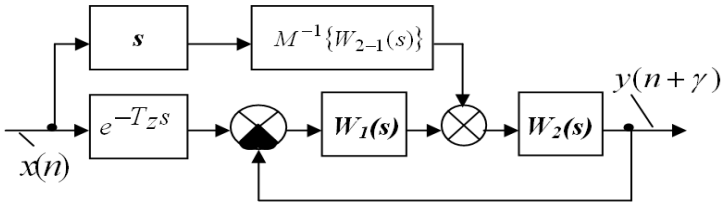


Рис. 3 Структурная схема следящей системы с ОМ остаточного звена

 ISSN 2076-2887

В связи с отсутствием в остаточном звене интегрирующего звена в контур коррекции вводится дифференцирующее звено с передаточной функцией s. Для компенсации временного запаздывания ОМ, существующего в контуре коррекции, на вход основного контура следящей системы вводится элемент аналогичной временной задержки с передаточной функцией $e^{-T_z s}$.

Вводимое в корректирующий контур дифференцирующее звено с передаточной функцией s без затруднений реализуется на средствах компьютерной техники. В качестве примера может выступать схема, состоящая из элемента временной задержки на величину T_z, узла вычитания и умножителя на коэффициент $1/T_z$.

При помощи структурных преобразований следящая система по рис.3 может быть приведена к простому динамическому звену с приближенной передаточной функцией $W(s) \approx e^{-T_z s}$.

За счет применения ОМ следящая система становится быстродействующей и приближенно описываться передаточной функцией элемента с малым временным запаздыванием (5), что сформулировано в постановке задачи исследования.

Второй вариант корректировки следящей системы с применением ОМ поясняется структурной схемой, изображенной на рис. 4. Она получена из структурной схемы по рис.2 путем перемещения корректирующего звена с передаточной функцией $W_k(s)$ на вход следящей системы.

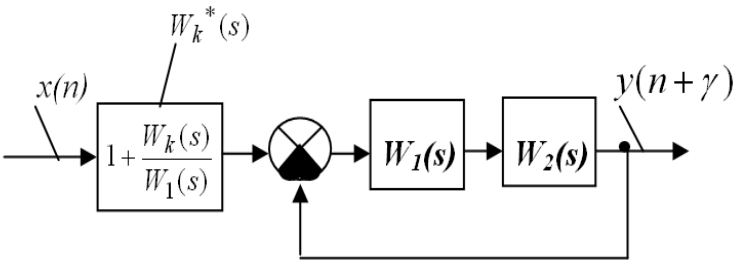


Рис. 4 Структурная схема системы с использованием ОМ всей системы

В результате структурного преобразования на входе следящей системы появляется новое корректирующее звено, описываемое передаточной функцией

$$W_k^*(s) = 1 + \frac{W_k(s)}{W_1(s)}. \tag{8}$$

Преобразуем выражение (8) в предположении, что в системе выполняется условие инвариантности (6). Тогда передаточная функция нового корректирующего звена получит вид:

$$W_k^*(s) = \frac{1 + W_1(s)W_2(s)}{W_1(s)W_2(s)}. \tag{9}$$

Можно показать, что описываемое выражением (9) новое корректирующее звено представляет собой обратную модель динамической системы из охваченных обратной связью объектов с передаточными функциями $W_1(s)$ и $W_2(s)$. Передаточная функция указанной динамической системы имеет вид

$$W(s) = \frac{W_1(s)W_2(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)},$$

из чего следует, что корректирующее звено (9) является ее обратной моделью.

Было проведено моделирование обеих изображенных на рис.2 структурных схем следящей системы. По своим характеристикам обе схемы близки между собой, но вторая из них проще в реализации.

Рассмотренные технические решения основаны на использовании компьютерных технологий. Программные средства требуются как для конструирования обратных моделей, так и в обеспечении их функционирования. Часть вычислительных операций может быть перенесена со стадии функционирования на стадию разработки, что позволяет упростить продукт разработки.

Рассмотрим пример. ОМ, описываемая зависимостью (3), представляет собой замкнутую динамическую систему. Ее можно преобразовать в простое динамическое звено следующим образом. Создается числовой массив ИПФ МО. Для этого на вход системы (3) подается кратковременный импульс единичной площади ($x(n)\big|_{n=0}=1,\ x(n)\big|_{n\neq 0}=0$), а снимаемые на выходе значения сигнала $c(n)$ регистрируются как числовой массив ИПФ МО. Обозначим его символом $k^*(n),\ n\in[0,N_1]$ и по формуле (3) найдем для него выражение:

$$k^*(n)=\begin{cases}\dfrac{1}{k(\tau)}(1-\dfrac{h_{-1}}{h_{ust}}),\ \ n=0;\\ -\dfrac{1}{k(\tau)}\sum\limits_{m=1}^{N_1}k^*(n-m)k(m+\tau),\ \ n\in[1,N_1].\end{cases}\qquad(10)$$

Если числовой массив ИПФ по формуле (10) получен еще на стадии проектирования, то действующая согласно рис.4 ОМ становится простым динамическим звеном и функционирует по известной [6] формуле разомкнутой импульсной системы:

$$x_1(n)=\sum_{m=0}^{n}x(n-m)k^*(m),$$

где $x_1(n)$ и $x(n)$ - соответственно выходной и выходной сигналы ОМ.

Экспериментальная часть. Изложенные материалы проверены экспериментально компьютерным моделированием. В качестве иллюстрации приводим пример улучшения показателей качества следящей системы посредством установки на ее входе ОМ, как это показано на рис.4.

Исходная следящая система описывается передаточной функцией

$$W(s)=\frac{20\cdot s+500}{0.00004\cdot s^4+0.0094\cdot s^3+0.75\cdot s^2+26\cdot s+500}$$

и имеет ПХ

$$h(t)=1-7{,}5\cdot e^{-100\cdot t}+8.58\cdot e^{-93\cdot t}-e^{-21\cdot t}\cdot\left[2.08\cdot\cos(30\cdot t)-0.145\cdot\sin(30\cdot t)\right].$$

Основными показателями качества исходной системы являются: время переходного процесса $T_1=1c$, перерегулирование $\sigma=31\%$ и длительность переднего фронта ПХ до момента пересечения с линией установившегося значения $T_z=0.05c$.

Целью установки ОМ на входе следящей системы было улучшение ее показателей качества. Система считается идеальной, если ее ПХ представляет собой единичную ступенчатую функцию.

При конструировании ОМ была задана ее дискретность времени $T=0.01\,c$, а конструктивный временной сдвиг был выбран $\tau=1.8$ для обеспечения минимума переходного процесса. У скорректированной следящей системы получены следующие показатели качества: время переходного процесса уменьшено в десятки раз ($T_1=0.033c$), перерегулирование практически устранено ($\sigma=0.56\%$), а длительность переднего фронта ПХ

 ISSN 2076-2887

уменьшена вдвое ($T_z = 0.026c$). Для иллюстрации преимуществ скорректированной следящей системы перед исходной на рис.5 показаны их ПХ. Символами $h(t)$ и $h^*(t)$ обозначены ПХ соответственно исходной и скорректированной систем. Переходная характеристика скорректированной системы, изображенная сплошной линией, заметно приближается к единичной ступенчатой функции.

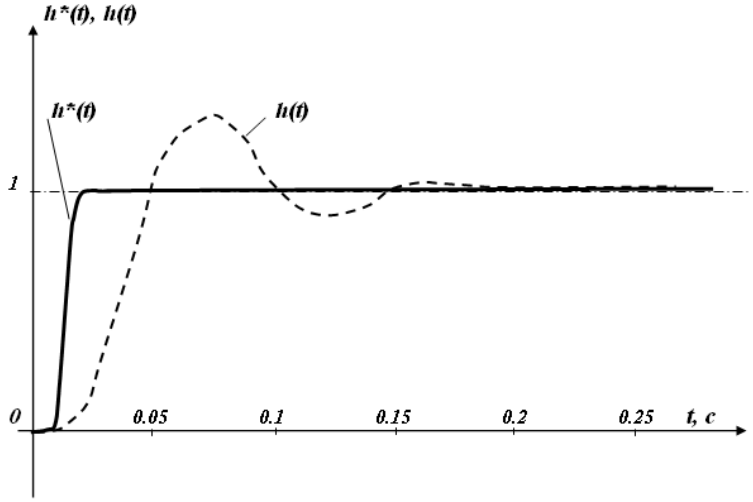


Рис. 5 Переходные характеристики следящей системы до ее корректировки (пунктирная линия) и после корректировки

Выводы. В следящих системах, содержащих интегрирующее звено, возможно использование приближенной дискретной модели для обеспечения инвариантности управления относительно входного воздействия. Такая возможность достигается посредством структурных преобразований. За счет оптимального выбора параметров используемой ОМ можно резко повысить динамические качества следящей системы. Увеличивается быстродействие, а перерегулирование может быть сведено к желаемому минимуму. Корректирующий контур без затруднений может быть реализован на программных или аппаратных средствах дискретной вычислительной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев В.Г., Костюк В.И., Чинаев П.И. Основы автоматического управления и регулирования. – Киев: «Техніка», 1975. – С. 235-239.

2. Клименко А.К., Клименко В.Г. Корректирующее устройство. – Авт. свид. СССР №1406563.– Бюллетень изобретений, 1988 , №24.

3. Клименко А.К. Обратная модель для решения задач управления и контроля качества / Методы менеджмента качества // Надежность и контроль качества. – 1999, №8. – С. 32-39.

4. Клименко А.К. Об упрощенном численном конструировании обратной модели динамического объекта // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2007, №1. – С. 16-24.

5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Изд. третье, исправленное. – М.: Наука, 1975. – С. 113-117.

6. Цыпкин Я.З. Теория линейных импульсных систем. – М.: Физматгиз, 1963. – С. 267-269.

УДК 681.5.004.3

ЕФЕКТИВНА СХЕМОТЕХНІКА ЦИФРОВИХ ВУЗЛІВ ЕЛЕМЕНТА ДОДАВАННЯ КОН'ЮНКЦІЇ

Кочкарьов Ю.О., Кущ С.О., Панаско О.М.

Ядром цифрових вузлів та блоків сучасної апаратури є комбінаційні схеми (КС), які разом з елементами внутрішньої чи зовнішньої пам'яті складають кінцеві, або цифрові автомати (ЦА).

Прикладна теорія цифрових автоматів, не дивлячись на досить глибоку історію, яку прийнято відраховувати від запропонованих в 1937 році Т'юрінгом і Постом структур універсальних обчислювальних автоматів, продовжує розвиватись. Указаний розвиток є в деякому розумінні вимушеним, оскільки він є відповіддю на проблему фізичних обмежень, до яких впритул наблизилась сучасна мікроелектроніка. Кожен крок по зменшенню мінімального технологічного розміру (МТР) в сучасних мікросхемах дається з усе зростаючими складностями. З урахуванням викладених обставин, дослідження в області вдосконалення структур ЦА набувають все більшої актуальності.

Значним прогресом в області вдосконалення сучасних структур ЦА є пропозиція спільного використання, разом з класичною формою представлення (ФП) логічних функцій (ЛФ), які використовуються у вигляді диз'юнктивних, або, рідше, кон'юнктивних нормальних форм, також так званих альтернативних ФП ЛФ [1], які є результатом ортофункціональних перетворень ЛФ, запропонованих ще в [2]. Спільною основою альтернативних ФП є так зване Ф-перетворення. Воно полягає в переході від системи ЛФ з n аргументами до кусочно-постійної функції Ф(x) одного неперервного аргументу, на інтервалі $[0,2^{n}-1)$ [1].

Введене Ф-перетворення, зробило можливим застосування майже необмеженого математичного апарату функціонального аналізу, серед якого, в першу чергу, потрібно відмітити представлення ЛФ у вигляді різноманітних рядів.

Вказані перетворення, досліджувані в [2], як Ф-перетворення, дозволяють кожній ЛФ поставити у відповідність деяку кусочно-постійну функцію (КПФ) одного аргументу X, що має 2^n одиничних інтервалів сталості. Вказані КПФ приймають на цих інтервалах значення 0 чи 1 для канонічного Ф-перетворення, або будь-які невід'ємні значення (замість 1), або недодатні значення (замість 0) для неканонічного Ф-перетворення

$$f(x_1, x_2, ..., x_n) \sim F(X). \tag{1}$$

Представлення ЛФ у вигляді КПФ дозволяє використовувати математичний апарат функціонального аналізу для розробки цілого ряду ФП ЛФ, котрі є, як відомо, математичними моделями КС і, відповідно, ЦА.

Результати Ф-перетворень F(X) можуть бути представлені у вигляді різних поліномів, тому для вищезгаданих альтернативних ФП ЛФ досить обґрунтованим є термін «поліноміальні ФП».

Найбільш перспективними для мікроелектронної реалізації, крім вищезгаданої класичної форми представлення (КФП), представляються:

1) реалізація ЛФ у вигляді поліномів Ріда-Мюллера (РМФП)

$$f(x_1, x_2, ..., x_n) = \sum_{i=0}^{2^n-1} C_i S_i(x) \ (\mathrm{mod}2), \tag{2}$$

 ISSN 2076-2887

де $S_i(x)$ – базисні S функції, запропоновані в [2], що являють собою усілякі добутки x_i довжиною до n елементів;

C_i – вагові коефіцієнти $C_i \in \{0,1\}$.

РМФП є узагальненням відомої алгебри Жегалкіна, в якій аргументи x_i можуть бути присутніми як в прямій, так і в інверсній формі. Важливо відмітити, що всі x_i фігурують тільки в одній з двох форм (прямій чи інверсній). Це дозволяє відмовитись від дублювання вхідних шин ПЛМ.

2) представлення ЛФ у вигляді алгебраїчних поліномів (АФП).

$$f(x_1, x_2, ..., x_n) = \sum_{i=0}^{2^n-1} C_0 S_i(x), \tag{3}$$

де C_i – вагові коефіцієнти в діапазоні $-C_{\min} \le C_i \le C_{\max}$, а додавання ведеться алгебраїчно, з урахуванням знаків C_i.

АФП є узагальненням відомої порогової логіки [3]. В пороговій логіці замість $S_i(x)$ застосовуються окремі аргументи x_i, що належать до класу порогових ЛФ. Важливою перевагою базисних функцій $S_i(x)$ є, по-перше, кінцеве число доданків в поліномах (2) і (3), а, по-друге, відсутність необхідності дублювати вхідні шини ПЛМ, як це потрібно для КФП.

Наявність наведених варіантів серед ФП ЛФ визначило актуальність об'єктивного порівняння ефективності різних ФП. Результати порівняння [2] досить переконливо показали, що використання практично скрізь КПФ є мало обґрунтованим з технічної точки зору. Так, наприклад, було показано на статистичному матеріалі (аналіз більше 4 млрд. різних ЛФ), що КПФ забезпечує оптимальну реалізацію менше, ніж у 10% випадків. Таким чином, спеціалісти по логічному проектуванню ЦА повинні знати, що при використанні виключно КПФ, більше, ніж у 90% ситуацій схемотехнічні рішення будуть неоптимальні.

Вказані вище обставини визначили появу так званої «концепції ОФП» [2], сутність якої полягає у використанні при реалізації будь-якої ЛФ саме тої ФП, в якій ЛФ, що реалізується, має найбільш просту реалізацію.

Відмітимо, що всі розповсюджені ФП представляють собою поліноми по S-функціям і, фактично, відрізняються один від одного тільки способом додавання кон'юнкцій:

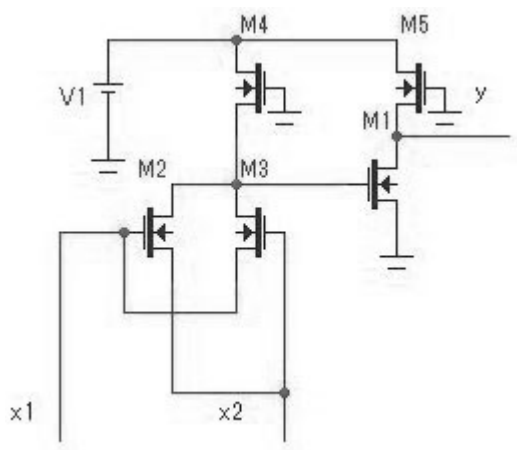
- з допомогою функцій OR (в КФП);
- з допомогою функцій XOR (в РМФП);
- з допомогою алгебраїчного додавання з відповідними ваговими коефіцієнтами (в АФП).

Таким чином, ефективна схемотехніка елементів додавання кон'юнкцій (ЕДК) значною мірою розширює сферу застосування тієї чи іншої ФП ЛФ.

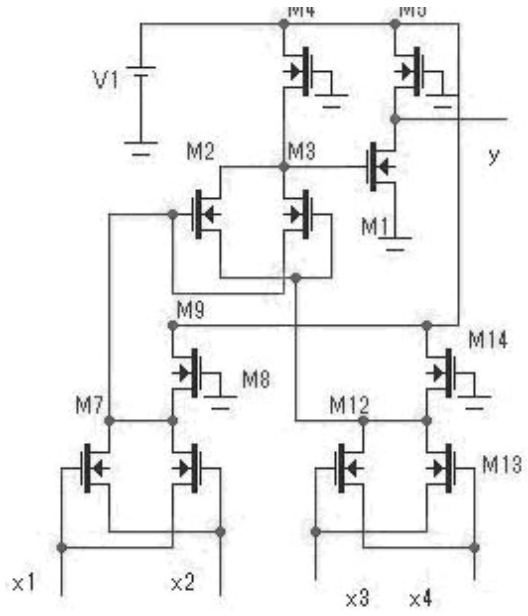
Метою даної роботи є пропозиція ефективної схемотехніки ЕДК для РМФП. Вибір РМФП визначається тим, що саме ця ФП є прямою альтернативою КПФ, тому що найбільш складні для реалізації в КПФ елементи XOR є найпростішими для РМФП і навпаки.

$$A\overline{B} \vee \overline{A}B = A \oplus B \ (\text{mod}2). \tag{4}$$

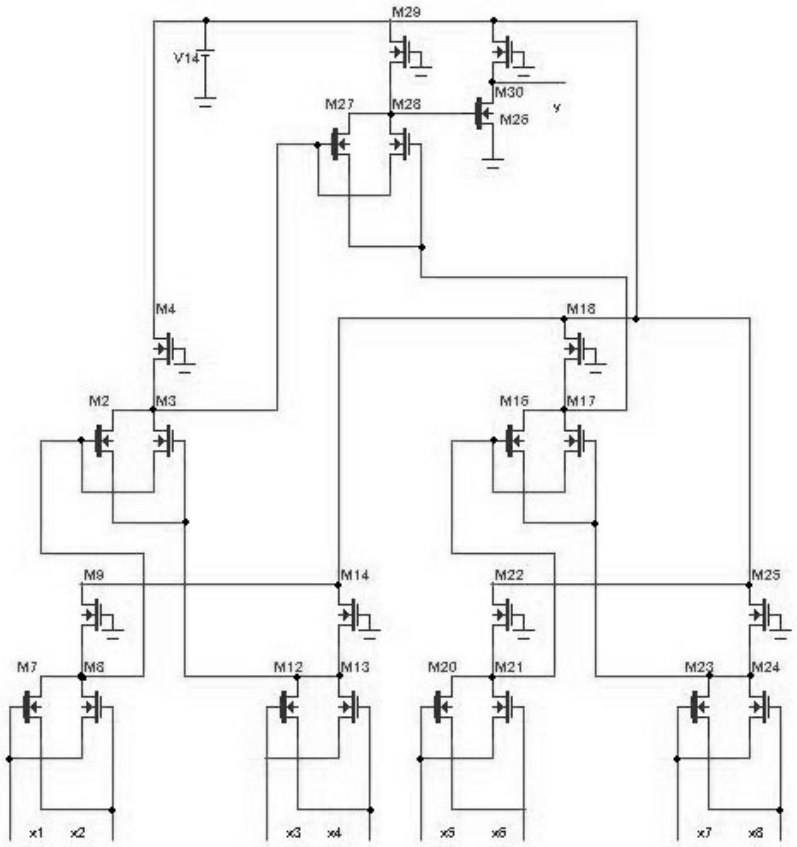
Схеми двоходових елементів XOR досить відомі, проте для РМФП потрібні ЕДК на значну кількість доданків, що складає проблему для застосування РМФП. Розширення кількості входів для ЕДК в даній роботі виконується шляхом каскадного включення елементів XOR-2 (на 2 входи), тобто XOR-4 реалізується за допомогою двох каскадів з XOR-2, а XOR-6 і XOR-8 – з трьох каскадів XOR-2 і т.д. Метою дослідження перспективності даного схемотехнічного рішення є визначення меж робочої частоти для вказаних елементів.



а)



б)



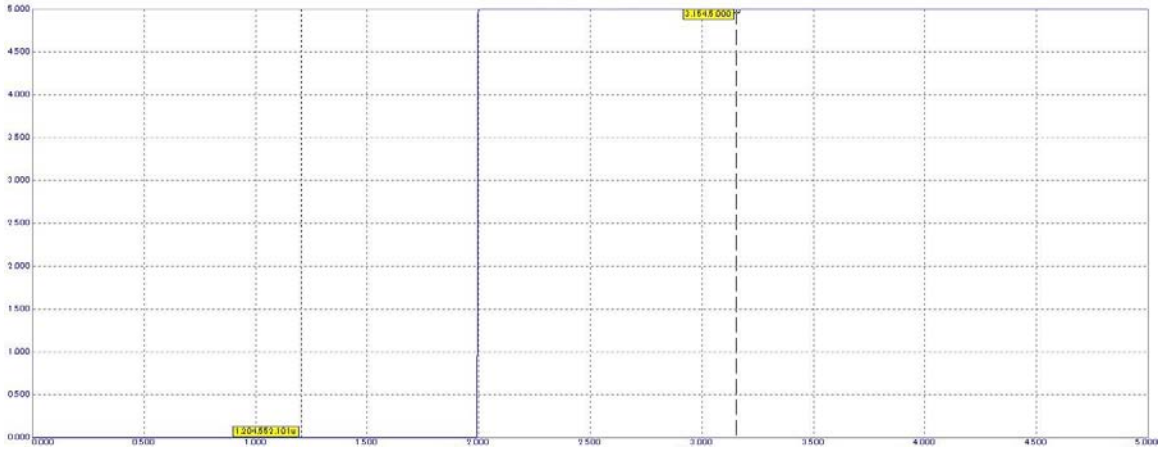
в)

Рис. 1 Схеми ЕДК типу:
а) XOR-2, б) XOR-4, в) XOR-8

На рис.1 представлені схеми ЕДК типу XOR-2, XOR-4, XOR-8. На рис.2 представлені статичні передаточні характеристики вказаних ЕДК, які дозволили визначити границі рівнів вихідних сигналів для 0 і 1, а також дослідити потенціальну швидкодію цього варіанту додавання кон’юнкцій по mod2, тобто зробити висновок про перспективність застосування суматорів цього типу в інженерній практиці.

 ISSN 2076-2887

а)



б)

Рис. 2 Статичні передаточні характеристики ЕДК типу XOR-2, XOR-4, XOR-8:
а) для $x1 = 5B, x2 \in [0..5]B$, б) $x1 = 0B, x2 \in [0..5]B$

Можна відмітити, що рівні 1 і 0 для XOR-2, XOR-4, XOR-8 відрізняються незначно, і для будь-якого числа входів можуть бути прийняті:

- для одиниці 50-100% від напруги живлення;
- для нуля 0-30% від напруги живлення.

В результаті аналізу схем виявлено, що збільшення кількості каскадів в ЕДК збільшує час спрацювання приблизно в пропорції 1:2:3, що відповідає робочим частотам для проаналізованих схем – XOR-2 – 0…1МГц, XOR-4 – 0…0,5 МГц, XOR-8 – 0…0,33МГц. Визначимо, що робочий діапазон частот ЕДК є цілком прийнятним для більшості технічних застосувань. Обсяг статті не дозволяє розглянути схемотехніку ЕДК в більш широкому діапазоні частот, проте шляхи збільшення швидкості спрацювання в наш час досить відомі.

На завершення роботи в табл.1 приведені дані про кількість ЛФ, для яких РМФП є оптимальною, і про кількість ЛФ, котрі можуть бути реалізовані на запропонованих ЕДК.

З таблиці 1 можна зробити висновок про відносно високий ступінь ефективності Ріда-Мюлерівської форми представлення ЛФ. Так, для множини n(3) кількість ЛФ на два входи перевищує половину всіх ЛФ, для яких оптимальна форма представлення збігається з Ріда-Мюлерівською формою і становить 54% за критерієм складності структурної реалізації по кількості доданків – S_{ad}. З аналізу даних таблиці 1-б видно, що ефективність застосування РМФП в якості оптимальної форми представлення ЛФ по найбільш актуальному для розробників інтегральних мікросхем показнику площі ІМС в середньому становить 40% для множин n(2) та n(3), та близько 30% – для n(4).

Таблиця 1

Кількість ЛФ, що реалізуються на XOR-2, XOR-4, XOR-6, XOR-8

а)

Кіл. входів ЕДК	Кількість ЛФ для показника S_{ad}					
	n=2		n=3		n=4	
	Кіл.	%	Кіл.	%	Кіл.	%
2	5	33	86	54	836	6
4	–	–	–	–	2926	20
6	–	–	–	–	1664	11
8	–	–	–	–	–	–

б)

Кіл. входів ЕДК	Кількість ЛФ для показника S_s					
	n=2		n=3		n=4	
	Кіл.	%	Кіл.	%	Кіл.	%
2	6	40	86	41	836	2
4	–	–	12	6	8046	18
6	–	–	–	–	13008	29
8	–	–	–	–	384	0,8

Висновок. Запропонована схемотехніка для ЕДК в РМФП припустима для переважної більшості технічних застосувань, в яких використовуються сучасні ЦА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кочкарев Ю.А. Теория, техническая реализация и использование ортогонального уплотнения информации в вычислительных устройствах. /Дис. на соиск. доктора техн. наук, защищена в Таганрогском радиотехническом институте им. В.Д. Калмыкова. – Таганрог, 1983.

2. Ю.А. Кочкарев, Н.Л. Казаринова, Н.Н. Пантелеева, С.А. Шакун Каталог-справочник «Классические и альтернативные минимальные формы логических функций». – Черкассы, 1999.

3. Кочкарев Ю.А., Пантелеева Н.Н., Казаринова Н.Л. Взаимные преобразования классических и альтернативных представлений комбинационных схем цифровых автоматов //Сб.науч.трудов /Ин-т проблем моделирования в энергетике НАН Украины. – Киев,1998.

 ISSN 2076-2887

СУЧАСНІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, КОМПЛЕКСИ І СИСТЕМИ

УДК 621.317

СИНТЕЗ СКЛАДНОЇ БАГАТОВИМІРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИПАРНОЮ СТАНЦІЄЮ НА ОСНОВІ РЕФРАКТОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Долина В.Г., Писаренко А.В.

Вступ.

Розвиток сучасної промисловості неможливо уявити без використання систем автоматизації, які дозволяють підвищити ефективність виробничих процесів, зокрема за рахунок зниження енерговитрат. Одним з таких енергоємних процесів є випарювання, в процесі якого поступово збільшується концентрація сухих речовин (СР) у рідині, випарюючи з неї воду у кілька ступеневій випарній станції.

Одним з найважливіших параметрів вихідної рідини є концентрація СР, яку в автоматичному режимі доцільно вимірювати рефрактометричним методом, ефективність якого не залежить від кольору і прозорості рідини, а точність вимірювання досягає 0.01% вмісту СР [1]. Тому задача підтримання вмісту СР у вихідній рідині випарної станції на необхідному рівні, яка дозволить суттєво зменшити виробничі енерговитрати і підвищити якість кінцевої продукції [1,2] є актуальною та потребує вирішення.

Задача побудови систем автоматичного управління виробничими процесами, зокрема, у цукровій галузі, досліджувалася у роботах Яковлева О.А. [3], де було запропоновано систему управління випарною станцією за рівнем рідини у колонах випарної станції і потоком рідини на виході випарної станції. Також у роботах Бугаєнка І.Ф. та Волошина З.С. були представлені методи управління випарною станцією за рівнем у колонах і різницях потоків вхідної і вихідної рідини [4,5]. Такий підхід дозволяє опосередковано визначати значення вмісту СР у вихідній рідині, що може призводити до відхилень вмісту СР у вихідній рідині від оптимального значення, яке визначається параметрами технологічного процесу.

Широке застосування у сучасній теорії управління простору станів, дозволяє виконувати синтез складних багатовимірних систем, зокрема, методами модального управління.

Метою дослідження є побудова системи управління випарною станцією. Можливість виконання синтезу такої системи, обумовлена використанням у якості первинних перетворювачів рефрактометричних елементів, які дозволяють визначати вміст СР у вихідній рідині випарної станції.

Побудова моделі випарної станції.

Для синтезу системи управління випарною станцією необхідно представити її у вигляді моделі. Робота випарної станції описується нелінійною системою диференційних рівнянь. Використаємо для синтезу регулятора лінеарізовану модель представлену у [6]:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{X}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}\mathbf{U} \\ \mathbf{Y} &= \mathbf{C}\mathbf{X}(t) + \mathbf{D}\mathbf{U} \end{aligned}, \qquad (1)$$

де $\mathbf{U} = \begin{bmatrix} M_{li} \\ M_s \end{bmatrix}$, $\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} M_{lo} \\ R_o \end{bmatrix}$,

R_0 – вміст СР у вихідному потоці рідини.

M_{li}, M_{lo} – вхідний і вихідний потоки рідини.

M_s – вхідний потік пару, що гріє.

Спростимо вищенаведену модель до наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{X}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{B}_1 u \\ \mathbf{Y} &= \mathbf{C}_1\mathbf{X}(t) + \mathbf{D}_1 u \end{aligned} \quad . \tag{2}$$

В якій матриці **A**, $\mathbf{B}_1$, $\mathbf{C}_1$, $\mathbf{D}_1$ згідно з [2] дорівнюють:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -4.51E-2 & 1.62E-2 & -3.36E-3 & -1.66E-3 \\ 0 & 1.44E-2 & 4.09E-4 & 5.19E-3 \\ 0 & 0 & -6.14E-4 & -6.65E-4 \\ 0 & 0 & 6.30E-4 & -1.23E-3 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} 5.53E-3 \\ -1.09E-1 \\ -2.27E-2 \\ 1.35E-2 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{C}_1 = \begin{bmatrix} -7.10E-2 & -1.11E-1 & -2.84E-2 & 3.43E-2 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{D}_1 = \begin{bmatrix} 3.93E-3 \end{bmatrix}.$$

Модель рефрактометричного перетворювача.

Виходячи з фізичної природи перетворення, та принципу дії рефрактометра, його математичну модель можна представити безінерційною ланкою з коефієнтом підсилення, що дорівнює одиниці [7].

Синтез системи управління випарною станцією.

Для моделі випарної станції представленої у просторі станів синтезуємо модальний регулятор як такий, що дозволяє уникнути перерегулювання, яке є недопустимим з точки зору технологічного процесу випарювання.

Перевіримо вимогу керованості, для чого знайдемо ранг матриці керованості P.

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_1 & \mathbf{A}*\mathbf{B}_1 & \mathbf{A}^2*\mathbf{B}_1 & \mathbf{A}^3*\mathbf{B}_1 \end{bmatrix}, \tag{3}$$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 5.53E-3 & -1.96E-3 & 1.15E-4 & 5.57E-6 \\ -1.09E-1 & 1.63E-3 & -2.36E-5 & 3.41E-7 \\ -2.27E-2 & 4.96E-6 & 1.76E-8 & 3.81E-11 \\ 1.35E-2 & 3.09E-5 & 4.11E-8 & 3.96E-11 \end{bmatrix}.$$

Ранг матриці керованості P дорівнює 4, що дорівнює порядку об’єкта, отже система повністю керована.

Визначимо коефіцієнти зворотного зв’язку модального регулятора.

При біноміальному розподілі коренів, характеристичний поліном, для системи четвертого порядку має вигляд:

$$q(s) = (s+\omega_0)^4 = s^4 + 4\omega_0 s^3 + 6\omega_0^2 s^2 + +4\omega_0^3 s + \omega_0^4. \tag{4}$$

 ISSN 2076-2887

Виходячи з того що час перехідного процесу складає $t_{пп}$ = 2 години = 7200с. знайдемо $\omega_0 = 0.0011$.

Використаємо формулу Акермана для знаходження коефіцієнтів зворотного зв'язку за станом:

$$\mathbf{K}_m = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 1] * \mathbf{P}^{-1} * q(\mathbf{A}), \tag{5}$$
$$\mathbf{K}_m = [-0.9987 \quad 0.4779 \quad -0.0783 \quad -0.0820].$$

Оскільки, вимірюванню підлягають тільки вихідні параметри процесу, для організації зворотніх зв'язків за станами необхідно розрахувати спостерігаючий пристрій повного порядку.

Визначимо спостережуваність системи. Для цього визначимо ранг матриці спостережуваності:

$$\mathbf{Q} = \left[\mathbf{C}_1^T \quad \mathbf{A}^T * \mathbf{C}_1^T \quad \left(\mathbf{A}^T\right)^2 * \mathbf{C}_1^T \quad \left(\mathbf{A}^T\right)^3 * \mathbf{C}_1^T\right], \tag{6}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} -7.1E-2 & 3.2E-3 & 1.44E-4 & 6.51E-6 \\ -0.111 & 4.48E-4 & 4.54E-5 & -2.99E-6 \\ -2.84E-2 & 2.32E-4 & -1.1E-5 & 5.09E-7 \\ 3.43E-2 & 4.82E-4 & -2.55E-6 & 4.86E-7 \end{bmatrix}.$$

Ранг матриці **Q** дорівнює 4, що дорівнює порядку об'єкта, отже система повністю спостережувана.

Для забезпечення своєчасного спостереження змінних стану системи обираємо $\omega_0 = 0.01$. І обчислюємо коефіцієнти зворотного зв'язку пристрою, що спостерігає за формулою Акермана:

$$\mathbf{K}_n = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 1] * \mathbf{Q}^{-1} * q(\mathbf{A}). \tag{7}$$

Визначивши коефіцієнти зворотного зв'язку визначаємо векторно-матричну модель пристрою, що спостерігає у просторі станів:

$$\mathbf{A} = \mathbf{A} - \mathbf{K}_n^T * \mathbf{C}_1, \qquad \mathbf{B} = \left[\mathbf{B}_1 \quad \mathbf{K}_n^T\right], \qquad \mathbf{C} = \mathbf{E}, \qquad \mathbf{D} = [0].$$

Використовуючи пакет MATLAB/Simulink побудуємо модель отриманої системи. Модель системи управління випарною станцією представлена на рис.1.

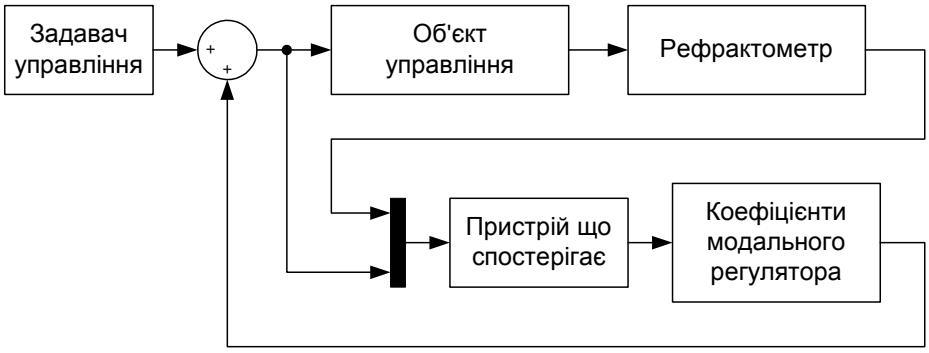


Рис. 1 Модель системи управління випарною станцією

Графік перехідного процесу системи представлено на рис.2

З графіку видно, що в коридорі у 1% час перехідного процесу складає $t_{пп} = 3735c \approx 62хв.$ Стала похибка не перевищила 0.01 %. Перерегулюванння відсутнє.

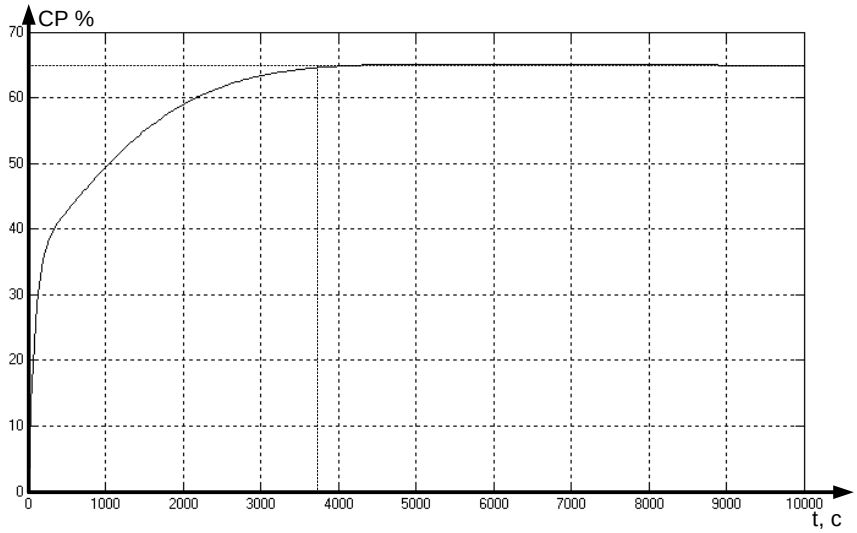


Рис. 2 Графік перехідного процесу

Висновки

Отриманий перехідний процес ілюструє ефективність використання автоматичного рефрактометра, який вимірює вміст СР у вихідній рідині і дозволяє розрахувати модальний регулятор для управління випарною станцією. Модальний регулятор дозволяє уникнути перерегулювання в перехідному процесі, яке є неприпустимим в процесах випарювання, тому що може призвести до надмірного загустіння або кристалізації вихідної рідини, що призведе до аварійної зупинки випарної станції. Також слід відмітити ефективність використання формули Акермана для обчислення коефіцієнтів зворотного зв'язку пристрою, що спостерігає.

Перспективним представляється проблема використання більш деталізованої моделі випарної станції, що враховує такі параметри як температура і кількість пару, тиск, рівень рідини і температура в колонах випарної станції. Також розширення автоматичної системи управління на інші технологічні ділянки процесу виробництва цукру є актуальною та перспективною задачею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гришко В.Ф., Долина В.Г. Автоматический рефрактометр для выпарных установок. // Автоматика – 2004: 11-а Міжнародна конференція по автоматичному управлінню. Київ, 27-30 вересня 2004р. – Київ, 2004. – Т.2.– С.17.

2. Гришко В.Ф., Долина В.Г. Оптичні вимірювачі вмісту сухих речовин і чистоти рідких продуктів // Приладобудування 2006: стан і перспективи: 5-а науково-технічна конференція. Київ, 25-26 квітня 2006р. –Київ 2006. – С.74-75.

3. Системы автоматизации технологических процессов сахарного производства / О.Яковлев, С.Танцюра, А.Войтюк, Ю.Рудаков и др. // Современные технологии автоматизации. – 2000. – № 1. – С.44–53.

4. Бугаенко И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства // М.: Союзроссахар, 2004 – 287с.

5. Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковский П.В. Автоматизация сахарного производства. – М.: Агропроиздат, 1990. – 271 с.

6. Cardoso, A. J. and Dourado, A. , "A reduced order model and a robust controller's synthesis of an evaporation system", IFAC Conference on System Structure and Control, Nantes, France, July 1998 807-812pp.

7. Гришко В.Ф. Долина В.Г. Математическая модель рефрактометра на основе полого прозрачного цилиндра // Тез. докл. XVI научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов "Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления" (Датчик-2004) Судак, 2004. - С. 43—45.

УДК 66.012-52, 66.063.8, 66.084.8

УПРАВЛЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Завальнюк И.П.

Введение. В настоящее время экструзия широко применяется в различных отраслях промышленности для переработки разнообразных материалов - пищевых продуктов и кондитерских изделий, комбикормов, топливных брикетов, металлов, керамики, бетонов, полимеров и композиционных материалов.

Достоинство экструзионных технологий состоит в непрерывности процесса, обеспечивающей высокую производительность и решающей проблему массовости производства. Данная технология позволяет совмещать процессы перемешивания, прессования, продавливания через фильеры для придания материалам определенной формы. Все эти свойства могут быть реализованы только при рационально выбранной конструкции экструдера и оптимальных технологических режимах.

Интенсифицировать процесс экструзии можно несколькими способами:

1) изменяя размеры и геометрические особенности шнека экструдера на стадии проектирования;

2) изменяя технологические параметров процесса, например, увеличивая скорость вращения шнека;

3) применяя физические воздействия на экструдируемый материал, как правило, используют высокочастотные колебания, влияющие на реологические свойства материала.

Особенностью экструзии неоднородных материалов является значительное увеличения коэффициента трения материала о внутреннюю стенку цилиндра экструдера и его шнек, что вызывает резкое увеличение нагрузки на шнековое устройство. Передача экструдируемому материалу механических колебаний ультразвуковой частоты высокой интенсивности позволяет заменить трение покоя на трение скольжения, увеличить пластичность и однородность материала, а также обеспечить равномерное уплотнение и гомогенизацию материала. Однако интенсификация экструзии ультразвуком может привести к таким отрицательным явлениям, как пристенное скольжение, виброразогрев, разбухание экструдата, эластическая турбулентность и неустойчивость течения [1, 2].

Постановка задачи. Большое значение имеет создание алгоритма управления экструзией неоднородных материалов, позволяющего повысить производительность экструдера и исключить отрицательные эффекты интенсификации процесса.

Анализ последних исследований и публикаций. В источниках [3, 4] рассмотрены современные автоматизированные системы управления экструзионными линиями. Как правило, они решают следующие основные задачи:

1) оперативный сбор информации о состоянии техпроцесса;

2) выдача управляющих воздействий функциональным узлам;

3) отображение на рабочем месте оператора информации о процессе;

4) обеспечение безопасности и надёжности процесса:

5) протоколирование в реальном времени параметров техпроцесса.

Общие технологические задачи, решение которых не обходится без систем управления:

1) поддержание в заданных технологических пределах температур зон нагрева шнеков и валков;

2) обеспечение целостности изготавливаемого изделия;

3) поддержание точных геометрических размеров экструдата;

4) контроль усилий, действующих на изделия в технологической линии.

В реализованных в настоящее время системах управления экструзионными линиями кроме стандартных законов управления PI, PD, PID могут использоваться новые алгоритмы регулирования DPID, PDPI, PID^2. Кроме того, многие задачи могут надежно решаться небольшим количеством микропроцессоров, или даже одним (множественное регулирование температуры, измерение давления расплава, управление скоростью вращения и т.д.).

Однако даже современные средства автоматизации в силу сложностей экструзионной технологии при интенсификации процесса не могут исключить эксплуатационные проблемы, возникающие неожиданно в ходе работы. Многие проблемы в работе современных экструдеров могут быть связаны с неправильным управлением экструдером (неточная работа датчиков, ошибочные установки регуляторов и т.п.).

Наиболее частыми или неприятными проблемами в работе экструдера могут быть следующие четыре:

1. Нестабильность истечения расплава (экструдата), которая может быть связана с нестабильностью сырья, нестабильной работой загрузочного устройства, сбоях в датчиках и системе управления, в загрязнении экструдера.

2. Нарушения качества поверхностей и формы изделий, что вызвано нестабильным истечением расплава, загрязнением или износом экструдера и фильеры, нарушением режима калибрации, нарушением в работе тянущего устройства, нарушением соосности экструдера и постэкструзионных машин и др.

3. Деструкция материала, причинами чего могут быть повышенные температуры, механические усилия, химические взаимодействия или совместное действие этих факторов. При этом они могут проявляться локально, в местах резкого изменения течения потока или, напротив – в застойных зонах.

4. Повышенный износ экструдера из-за перегрузки, попадания абразивных материалов, термохимической коррозии.

Цель статьи. Детальное исследование существующего математического описания процесса экструзии. Уточнение математической модели экструдера, позволяющей разработать алгоритм управления, который исключает возникновение отрицательных явлений – срывов потока экструдата при интенсификации процесса высокочастотными колебаниями.

Решение задачи. Существующие математические модели движения материала в экструдере устанавливают связь между регулируемыми параметрами режима (частотой вращения червяка, заданным распределением температур, сопротивлением решетки с пакетом сеток и др.) и основными механическими и термодинамическими параметрами процесса – производительностью, фактическим распределением температуры и давления в материале, интенсивностью механического смесительного воздействия, температурой и давлением расплава на входе в головку, потребляемой мощностью, осевыми усилиями и др. [5].

Для описания движения материала, как правило, используют детерминированные математические модели, основанные на законах механики сплошной среды, или формализованные регрессионные статистические модели, рассматривающие процесс как «черный ящик» (эти модели позволяют связывать входные характеристики материала с параметрами экструдата).

При построении детерминированных моделей рассматривают три вида движения:

1) твердого материала в зоне питания (зона I – рис. 1);

2) «пробки», состоящей из частично расплавленного твердого материала, в зоне пластикации (зона II – рис. 1);

3) расплава в зоне дозирования (зона III – рис. 1) .

Условие согласования полученных решений – постоянство расхода материала (по массе) во всех трех зонах.

 ISSN 2076-2887

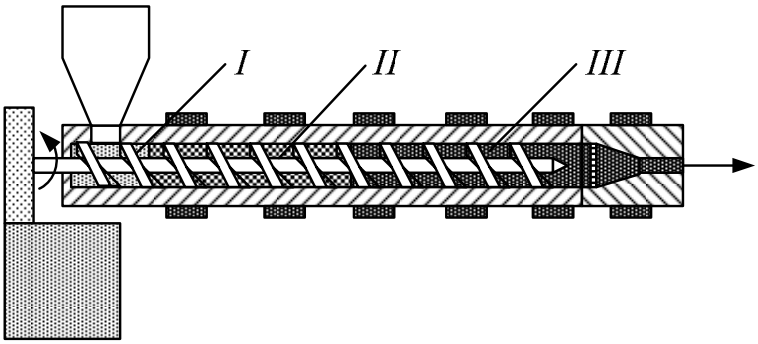


Рис. 1 Основные зоны шнека

Математические модели зоны питания учитывают одномерное движение в винтовом канале червяка твердой сжимаемой «пробки», сопровождающееся ее проскальзыванием относительно стенок канала червяка и корпуса. Иногда рассматривают дополнительно и начальную стадию движения сыпучего материала (гранул, порошка), частицы которого взаимодействуют между собой. Движение «пробки» сопровождается в этом случае перемещением слоев сыпучего тела.

Существующие модели позволяют установить в результате расчета следующие функциональные зависимости:

$$P = f_1\left[Q, \rho, \Gamma_i, \varphi, T_0, \lambda, C_p, l, T_{пл}, T_b(l), N\right], \quad (1)$$

$$Q = f_2\left[\rho, \Gamma_i, \varphi, T_0, T_{пл}, T_b(l), N\right], \quad (2)$$

$$S = f_3\left[Q, \rho, \Gamma_i, \varphi, T_{пл}, T_b(l), N, l_2\right], \quad (3)$$

где P - давление; Q - объемный расход материала; S - осевая толкающая сила; ρ - плотность материала, зависящая от давления и температуры; Γ_i - комплекс геометрических характеристик червяка (глубина канала, шаг нарезки, диаметр и др.); φ - коэффициент внешнего трения, зависящий от давления и температуры; T_0 - температура материала, поступающего в экструдер; λ - коэффициент теплопроводности материала; C_p - теплоемкость материала; l - осевая координата сечения червяка; $T_{пл}$ - температура плавления (размягчения) материала; $T_b(l)$ - распределение температур, заданное на нагревателях корпуса; N - частота вращения червяка; l_2 - длина зоны пластикации.

Зависимости (1) и (3) имеют обычно экспоненциальный характер, что свидетельствует о быстром возрастании значений P и S с увеличением длины зоны питания. Препятствие для широкого использования приведенных зависимостей – отсутствие сведений о связи коэффициента внешнего трения гранулированных или порошкообразных материалов с температурой и давлением.

С использованием математических моделей зоны пластикации могут быть определены: длина участка червяка, в пределах которого «текущая» ширина X «пробки» уменьшается до 0,05 - 0,1 ее начального значения; закономерности распределения давлений и температур на этом участке; возникающее в пределах зоны осевое усилие и расходуемая мощность. Решение этих задач основано на совместном рассмотрении уравнения теплового баланса (учитывающего подвод тепла к «пробке» вследствие теплопроводности от нагревателей корпуса и диссипативного разогрева в тонком слое, а также расход тепла на разогрев и плавление материала) и уравнения движения в тонком слое, определяющего интенсивность отвода образующегося расплава к толкающей стенке червяка.

Распределение давлений и температур в расплаве, который находится у толкающей стенки винтового канала червяка, устанавливают методами, используемыми при расчете зоны дозирования.

Математическая модель зоны дозирования позволяет определить поле скоростей, объемный расход расплава, а также рассчитать продольное распределение давлений и температур, осевые усилия и мощность, потребляемую в этой зоне. Расчет сводится обычно к решению системы нелинейных дифференциальных уравнений - уравнения движения (5), уравнения неразрывности (6), уравнения энергетического баланса (7) и реологического уравнения состояния (8):

$$\nabla P = [\nabla p], \tag{5}$$

$$\operatorname{div}(\rho V) = 0, \tag{6}$$

$$Q\rho C_p dT = d\psi + \alpha_b (T_b - T)dz + \alpha_s (T_s - T)dz + QdP, \tag{7}$$

$$p_{ij} = \eta_a \cdot 2\varepsilon_{ij}, \tag{8}$$

где ∇ - оператор Лапласа; p - тензор напряжений; V - скорость потока (векторная величина); ψ - тепло вязкого трения; α_b и α_s - коэффициент теплоотдачи от расплава соответственно к стенке корпуса и к червяку; T, T_b, T_s - соответственно температура материала, корпуса и червяка; p_{ij} - компонента тензора напряжений; ε_{ij} - компонента тензора скоростей деформации; η_a - эффективная вязкость расплава

Интегрированием уравнений (5)-(8), выполняемым обычно численными методами, получают искомые геометрические и технологические характеристики в виде параметрических функций.

Перерабатываемый материал в данном исследовании – неоднородный, а применяемые экструдеры отличаются значительными габаритами и относительно простой конструкцией. Поэтому для математического описания экструдера можно воспользоваться стандартным описанием динамической системы в векторно-матричной форме:

$$\begin{aligned} \dot{\vec{x}}(t) &= A \cdot \vec{x}(t) + B \cdot \vec{u}(t) \\ \vec{y}(t) &= C \cdot \vec{x}(t) \end{aligned}, \tag{9}$$

где $\vec{x}(t)$ - вектор состояния, $(1 \times n)$, $\vec{u}(t)$ - вектор управления, $(1 \times m)$, A – матрица состояния, $(n \times n)$, B – матрица управления, $(n \times m)$, C – матрица выхода, $(r \times n)$.

Основными параметрами, определяющими производительность экструдера и качество получаемых изделий, являются температура T и скорость потока v. Поэтому примем порядок рассматриваемой динамической системы равным двум ($n = 2$).

Экструдер является ярким примером диссипативного объекта, поскольку ключевую роль в механике движения материала внутри экструдера во всех его фазах играют силы трения материала и расплава о стенки цилиндра и шнека.

В труде [6] предлагается, для анализа динамических диссипативных систем в критических условиях эксплуатации, выделять в матрице состояния диссипативную A_d и консервативную A_k части. Поэтому матрица A примет вид:

$$A = A_d + A_k = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 \\ 0 & a_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & a_{12} \\ a_{21} & 0 \end{pmatrix} \tag{10}$$

Тогда математическая модель экструдера будет:

 ISSN 2076-2887

$$\begin{aligned} \dot{\vec{x}}(t) &= \zeta(E)\cdot A_d \cdot \vec{x}(t) + A_k \cdot \vec{x}(t) + B\cdot \vec{u}(t) \\ \vec{y}(t) &= C\cdot \vec{x}(t) \end{aligned}, \qquad (11)$$

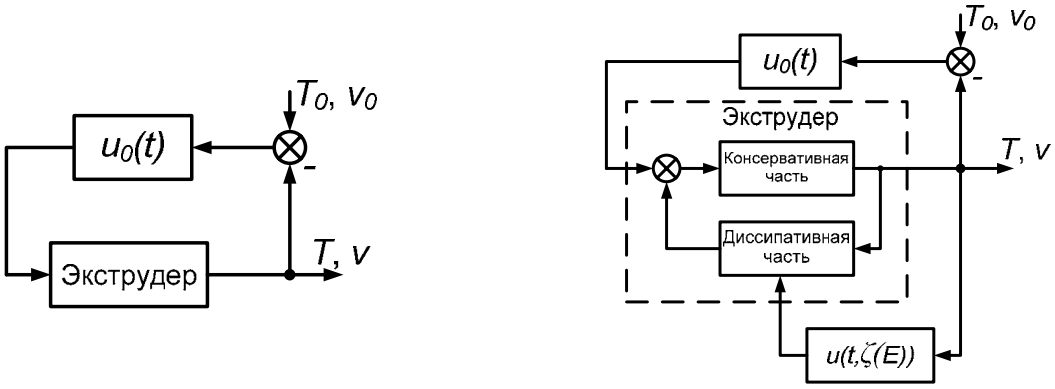
где $\zeta(E)$ - функция диссипации энергии в системе, $E = f\left(\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + x_1^2 + x_2^2\right)$ - полная энергия системы определяемая согласно методике приведенной в [7].

Особенностью модели (11) является включенная в модель нелинейность в виде функции $\zeta(E)$, которая отображает изменение трения материала о стенки цилиндра и шнека, т.е. взаимодействие рассматриваемого диссипативного объекта с окружающей средой.

Варьируя параметрами ультразвука, интенсифицирующего процесс экструзии, можно изменять характер движения материала. Однако чрезмерное повышение амплитуды вибраций может привести к переходу экструдера в критический режим эксплуатации, который сопровождается колебаниями самого экструдера и приводит к срыву потока материала.

Основная идея управления экструдером в критическом режиме: удерживая поток на границе срыва получить высокую производительность процесса, т.е. в структуру системы управления экструдером в дополнение к стандартному управлению $u_0(t)$ необходимо ввести управление диссипативной частью $u(t,\zeta(E))$.

Структурная схема стандартной системы управления и результаты моделирования возможного критического режима представлены соответственно на рисунках 2,а и 3,а.



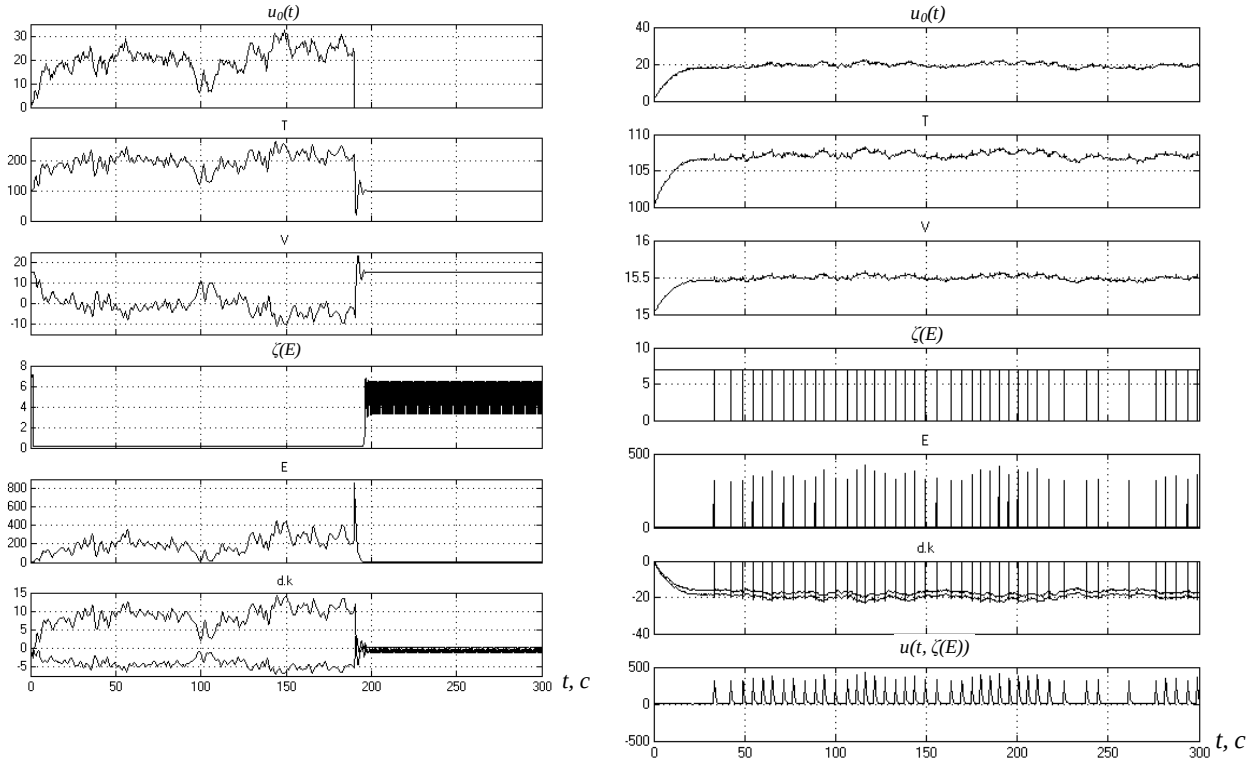
а) б)

Рис. 2 Структурные схемы систем управления:
а) стандартный способ управления, б) предлагаемы способ управления

Вводя дополнительное управление $u(t,\zeta(E))$ (рис. 2,б) можно обеспечить рост показателя диссипации энергии в системе не допуская срыва потока, т.е. уменьшая амплитуду ультразвука можно увеличить трение материала о цилиндр и исключить переход в критический режим эксплуатации цилиндра (рис. 3,б).

Результаты моделирования показывают, что при переходе в критический режим работы ($\zeta(E)\to\min$) в экструдере возникают колебания значительной амплитуды и энергия системы возрастает ($E\to\max$). Естественной реакцией в этом случае является резкое снятие управления, что приводит к удару в контуре диссипации ($d.k.\uparrow$).

Применение управления диссипативной частью $u(t,\zeta(E))$ позволяет возвращать показатель диссипации ζ к начальному уровню, тем самым предотвращая удар.



а) б)

Рис. 3 Результаты моделирования систем управления в программе MATLAB:
а) стандартный способ управления, б) предлагаемый способ управления;

Согласно основной идее управления экструдером в критическом режиме работы был разработан алгоритм управления, блок-схема которого приведена на рисунке 4.

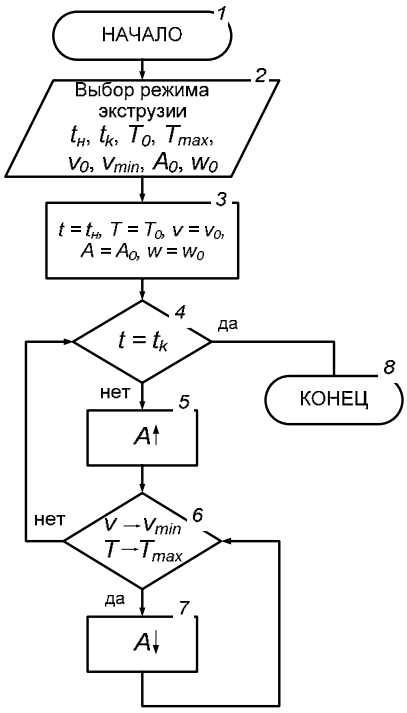


Рис. 4 Блок-схема алгоритма управления экструдером в условиях интенсификации:
$t_н$, t_k – время начала и конца процесса, T_0, T_{max} – допустимая и максимальная температура экструдата, v_0, v_{min} – допустимая и максимальная скорость потока,
A_0, w_0 – начальные амплитуда и частота воздействия.

 ISSN 2076-2887

В алгоритме учтено, что параметрами, определяющими напряженный режим работы, являются температура перерабатываемой массы T и скорость потока v. Как только скорость потока стремится к минимальной необходимо уменьшать амплитуду воздействия до восстановления потока, что обеспечит отсутствие ударной нагрузки в критическом режиме функционирования.

Выводы:

1. Проведенный анализ процесса экструзии неоднородных материалов показал возможность повышения производительности экструдера за счет управления коэффициентом трения экструдата.
2. Экструдер рассмотрен как диссипативная динамическая система, что позволило выделить в его математической модели консервативную и диссипативную части.
3. В структуру системы управления введено дополнительное управление диссипативной частью в виде колебательного воздействия на цилиндр экструдера.
4. Предложен алгоритм управления экструзией неоднородных материалов, исключающий появление ударной нагрузки в экструдере при выводе его из критического режима функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмелёв В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: научная монография / Алт. гос. Техн. Ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1997. – 160 с.
2. Басов Н.И., Любартович С.А., Любартович В.А. Виброформование полимеров. – Л.: Химия, 1979. – 160 с.
3. Робин А., Пименов В. Автоматизированная система управления экструзионной линией. // Современные технологии автоматизации – 2004.- №4. – С.46-51.
4. http://www.germany-electric.ru – официальный сайт фирмы BG electric.
5. Энциклопедия полимеров. Ред. коллегия: В. А. Кабанов (глав. ред.) [и др.] Т.3 – М., «Советская Энциклопедия», 1977. (Энциклопедии. Словари. Справочники). Т. 3 П-Я. 1977. – 1152 стб. с илл.
6. Завальнюк И.П., Бражник А.М. Методика анализа динамических объектов в критических условиях эксплуатации: матеріали XV міжнародної конференції з автоматичного управління [«Автоматика-2008»], (Одеса, 23-26 вересня 2008р.) / М-во освіти і науки України, ОНМА - Одеса: ОНМА, 2008. – С.208 - 212.
7. Техническая кибернетика / Под ред. В. В. Солодовникова. Кн. 1. – М.: Машиностроение, 1967. – 768 с.

УДК 548.4:548.52.621.315.59

АНАЛИЗ ФЛУКТУАЦИЙ РАЗМЕРА РАСТУЩЕГО КРИСТАЛЛА (НА ПРИМЕРЕ ЛЕГИРОВАННЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ, ВЫТЯГИВАЕМЫХ ИЗ РАСПЛАВА ПО МЕТОДУ ЧОХРАЛЬСКОГО)

Краснов В.А., Прохорович А.В., Шутов С.В., Деменский А.Н.

Введение

Процессы непрерывной направленной кристаллизации различных материалов (металлов, полупроводников, монокристаллических диэлектриков и т.п.) широко используются в различных промышленных технологиях [1 – 3]. При этом условия последующих переделов заготовок таких материалов, или их применений, определяют требования к формообразованию (прутки, ленты, слитки, формы, близкой к цилиндрической, проволоки и т.п.). Зачастую основным размером кристалла, который контролируется в процессе направленной кристаллизации, является диаметр или аналогичный ему параметр. Это связано с тем, что данный параметр, отражающий процессы радиального разрастания кристалла, в большей мере подвержен влиянию текущих характеристик технологического процесса, чем параметры, которые определяют осевой рост, например, длина и характер осевого распределения примесей. Последние, в основном, задаются начальными условиями технологического процесса: массой исходной загрузки в тигель, заданным номинальным размером кристалла, коэффициентом распределения примеси и т.п.

Между тем, известно, что комплексные производственные потери от некачественного регулирования радиального размера кристаллизующейся заготовки, могут достигать 10 – 15% объема невозвратных потерь материала при серийном производстве [4]. Поэтому вопросам исследования влияния условий кристаллизации на процессы формообразования слитков (заготовок) материалов и процессам автоматического регулирования их основных параметров уделяется большое внимание [5, 6], а сами эти проблемы достаточно актуальны в связи с постоянным развитием технологий новых материалов.

В данной работе на примере технологического процесса вытягивания из расплава слитков монокристаллического кремния проведен анализ флуктуаций диаметра слитков в процессе вытягивания, предложен феноменологический подход, который позволил установить на количественном уровне связь диаметра кристалла с основными технологическими параметрами процесса вытягивания и физико–химическими характеристиками материала.

Краткая полуэмпирическая теория

Схематический разрез теплового узла установки вытягивания монокристаллов кремния по методу Чохральского представлен на рис. 1.

Надо отметить, что в большинстве промышленных технологий вытягивания монокристаллов кремния из расплава по методу Чохральского инактивный флюс не используется, однако вытягивание данным методом из расплава соединений A^3B^5 и A^2B^6 стехиометрического состава, к примеру, без использования флюса практически невозможно. Поэтому ради общности рассмотрения эта позиция приведена на рис. 1. Технологический аспект процессов вытягивания слитков монокремния из расплава по методу Чохральского подробно изложен, например, в монографии [7] и в данной работе затрагивается только в той мере, которая необходима для изложения и понимания основного материала статьи.

Предварительно сделаем следующие допущения:

1. Теплоотвод при вытягивании монокристалла осуществляется преимущественно через затравку (соответствующий контур обычно охлаждается водой) и через поверхность монокристалла за счет излучения тепла.

2. Температура поверхности кристалл–расплав приблизительно одинакова, из–за выделения скрытой теплоты кристаллизации, являющейся авторегулирующим фактором,

 ISSN 2076-2887

т.е. градиенты температуры на поверхности раздела фаз жидкость – твердое не существенны.

3. Вращение кристалла или тигля [7, 8] создает температурное поле с осевой симметрией (см. рис. 1), где T_{op} – изотерма в расплаве, вдали от фронта кристаллизации; T_e – равновесная температура ликвидуса системы кремний – примесь; $T_к$ – температура на фронте кристаллизации.

4. Радиальный градиент температуры в расплаве не учитывается.

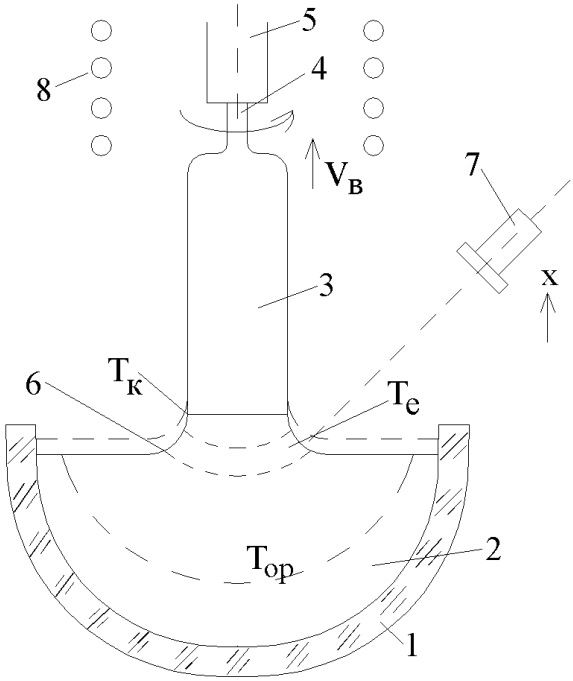


Рис. 1 Схема метода Чохральского:
1 – кварцевый тигель, 2 – расплав кремний - легирующая примесь, 3 – вытягиваемый монокристалл кремния, 4 – монокристаллическая затравка, 5 – затравкодержатель, 6 – слой инактивного флюса, 7 – оптическая головка с фотоэлектрическим датчиком, 8 – фоновый нагреватель

В таком случае условием предотвращения отрыва расплава (жидкости) от поверхности монокристалла является следующее [9]:

$$V_в = V, \tag{1}$$

где $V_в$ – скорость вытягивания слитка,

V – скорость роста, которая равна скорости передвижения теплового потока через границу раздела жидкая – твердая фаза.

Далее учитываем составляющую V только в направлении оси роста, т. е. $V = V_x$.

Определим V_x, считая, что форма границы раздела фаз плоская, из уравнения температуропроводности Фика. Дополнительно положим, что температура зависит только от координаты x и времени t, т.е. $T = T(x, t)$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial t}, \tag{2}$$

Раскрыв частную производную в левой части выражения (2) получим

$$V_x = \frac{\partial^2 T / \partial x^2}{\partial T / \partial x}, \tag{3}$$

Заметим, что параметр V_x характеризует нелинейность функции $T(x, t)$ и описывает, как будет показано ниже, составляющую скорости роста при условии плоского фронта кристаллизации.

В случае сферической границы раздела фаз можно показать [9], что радиальная составляющая скорости роста V_r связана с осевой V_x и радиусом сферы r следующим соотношением:

$$V_r = \frac{\partial^2 T/\partial r^2}{\partial T/\partial r} + \frac{2}{r}, \tag{4}$$

или

$$V_r = V_x + \frac{2}{r}, \tag{5}$$

Из выражений (1) и (5) следует, что, если $V_r = V_в$, то

$$V_в - V_x = \frac{2}{r}, \tag{6}$$

Проанализируем формулу (6):

а) $r \to \infty$, случай плоской границы раздела (рис. 2а)

$$V_в = V_x, \tag{7}$$

б) $V_в > V_x$, вогнутый в расплав фронт кристаллизации (рис. 2б),

в) $V_в < V_x$, выпуклый в расплав фронт кристаллизации (рис. 2в).

Из рис. 2 следует, что наличие сил поверхностного натяжения на границе кристалл–расплав приводит к образованию мениска. В общем случае вид фронта кристаллизации (плоский, вогнутый или выпуклый в расплав) не зависит от вида мениска. Однако колебания диаметра выращиваемого монокристалла, которые определяются формой фронта кристаллизации, связаны с видом мениска (его образующей). Следовательно, процессы разрастания, уменьшения и поддержания постоянным диаметра слитка могут быть индицированы видом мениска. На этом принципе реализуют оптические системы контроля диаметра слитков кремния, других полупроводников и полупроводниковых соединений, вытягиваемых из расплава по методу Чохральского [6, 10]. При этом параметрами регулирования процесса являются скорость вытягивания и/или температура расплава.

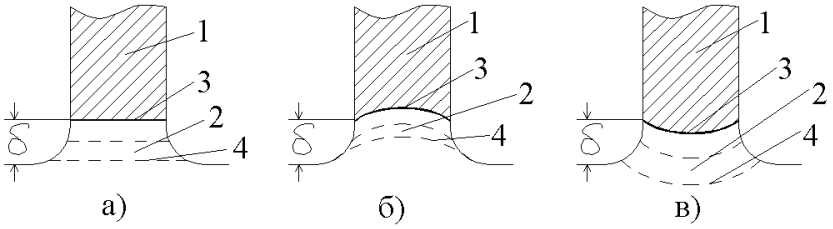


Рис. 2 Формы фронта кристаллизации (граница жидкость – твердое при вытягивании монокристаллов методом Чохральского):
а) плоский, б) вогнутый и в) выпуклый в расплав фронт кристаллизации:
1 – монокристалл, 2 – расплав, 3 – граница раздела фаз жидкость – твердое (фронт кристаллизации), 4 – изотермы в расплаве, δ – высота мениска в области контакта кристалл–расплав.

Недостатками оптических систем являются сложность контроля оптическим методом формы мениска расплава, влияние окружающей среды (процессы испарения из расплава, наличие флюса, неоднородности мениска) на регистрируемый системой сигнал. Поэтому на практике часто переходят к массовому принципу контроля диаметра слитков

 ISSN 2076-2887

[11], которому присущи известные недостатки механических систем регулирования и контроля.

В дальнейшем рассмотрении дополнительно предположим, что любые градиенты температур в расплаве пренебрежимо малы (рис. 1). Радиальные градиенты температуры на фронте кристаллизации отсутствуют. Это достигается вращением кристалла и/или тигля [7,12], а также вытягиванием растущего слитка в зону постоянной температуры, создаваемую фоновыми нагревателями (рис. 1, поз. 8). Высота мениска δ (рис. 2) мала (случай больших диаметров слитков), поэтому теплоотводом через область мениска можно пренебречь.

Тогда уравнение тепломассопереноса на границе раздела фаз, являющееся частным случаем так называемого уравнения Реньяна [13] (от уравнения Реньяна его отличает отсутствие слагаемого, связанного с градиентом температуры в расплаве), примет вид

$$L\frac{dm}{dt} = k_S \frac{dT}{dx} S_K , \tag{8}$$

где L – удельная теплота плавления кристалла,

dm/dt – скорость перехода вещества в твердое состояние (прирост массы кристалла в единицу времени),

kS – коэффициент теплопроводности кристалла,

dT/dx – осевой градиент температур в системе расплав-кристалл,

T – текущее значение температуры в области раздела фаз жидкость – твердое,

S_K – площадь изотермической поверхности отвода тепла от фронта кристаллизации, которая в первом приближение равна площади поперечного сечения кристалла.

Выразим из уравнения (8) производную dx/dt, представляющую собой максимальную скорость вытягивания монокристалла из расплава V_{max}:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k_S}{L}\frac{dT}{dm} S_K , \tag{9}$$

где $dm = \rho$ dV,

ρ – плотность твердой фазы (кристалла),

dV – элементарный объем кристаллизующейся фазы.

При малых dx, т.е. $dx \to 0$, можно считать, что $dV = S_k \cdot dx$. Следовательно, $dm = \rho \cdot S_k \cdot dx$. Подставив последнее выражение в уравнение (9) получим.

$$V_{\max} = \frac{dx}{dt} = \frac{k_S}{\rho L}\frac{dT}{dx} , \tag{10}$$

где dT/dx – осевой градиент температуры на фронте кристаллизации (8)*.

Отметим, что на практике значение V_{max} ~ на 30-50% меньше, чем определенное по формуле (10). Это связано, как с ростовыми и технологическими ограничениями, так и с вышеприведенными нашими предположениями.

Пользуясь выражением (10) и сделанным нами допущением 1 о том, что отвод тепла от слитка осуществляется преимущественно через боковую поверхность (для слитков диаметром > 60 мм это экспериментально обосновано), найдем связь скорости роста (вытягивания) монокристалла при $V_p \to V_{max}$ с диаметром D растущего монокристалла. При этом считаем, что на участке слитка, где D = const, т.е. на участке автоматического под-

* *Выражение (10) может быть получено и из решения дифференциального уравнения Реньяна (8). В данном случае мы ограничились для получения формулы для V_{max} только элементарными преобразованиями уравнения (8).*

держания диаметра, форма слитка цилиндрическая (так называемая цилиндрическая часть слитка)**.

В выражении (10) представим dx как $dx = dV/S_K$, тогда

$$V_p = \frac{k_S}{\rho L}\frac{dT}{dV}S_K\,, \tag{11}$$

Поскольку, согласно предположению, отвод тепла осуществляется преимущественно через боковую поверхность монокристалла, то из условия непрерывности теплового потока имеем

$$S_K = \pi D l'\,, \tag{12}$$

где l' – высота цилиндрической части слитка от фронта кристаллизации до зоны постоянной температуры, т. е. до места расположения фонового нагревателя нагревателя в установке вытягивания слитков.

При этом элементарный объем dV равен

$$dV = \frac{\pi D^2}{4}dx\,. \tag{13}$$

Подставив выражения (12) и (13) в формулу (11), получим

$$V_p = \frac{4k_S}{\rho L D}\frac{dT}{dx}l'\,. \tag{14}$$

Согласно экспериментальным данным (см., например, [14]), распределение температуры вдоль оси слитка имеет экспоненциальный характер и может быть аппроксимировано следующей зависимостью:

$$T = T_o\, e^{-\alpha\cdot x}\,, \tag{15}$$

где То – температура на фронте кристаллизации,

α – коэффициент, характеризующий степень „затухания” температуры по оси слитка от То к Тф – температуре фонового нагревателя (рис. 1, поз. 8).

На основе известного свойства экспоненциальный функции можно принять

$$4\alpha \approx \left(l'\right)^{-1}, \tag{16}$$

где l' – расстояние „затухания” температуры по оси слитка (12).

Заметим, также, что величина α равна V_x, или V (см. формулы (1,3), т.е. равняется скорости перемещения теплового потока через границу раздела фаз. Величину α, а, следовательно, и l', можно для заданного материала определить достаточно точно заранее.

** *На самом деле, монокристаллические слитки кремния никогда не бывают строго цилиндрическими. Это связано с тем, что в условиях роста по методу Чохральского конкурируют между собой механизм свободного роста монокристалла в симметричном тепловом поле, которое приводит к октаэдрической огранке плоскостями [111], и поверхностное натяжение расплава, стремящееся придать растущему монокристаллу сферическую форму. В результате образуется монокристалл с более сложной, чем круг, формой сечения. Лишь в первом приближении можно считать сечение монокристалла кругом, а слиток цилиндрическим.*

 ISSN 2076-2887

Подставив l', определенное из выражения (16), в формулу (14), получим:

$$V_p = \frac{k_S}{\rho L D \alpha} \frac{dT}{dx}, \tag{17}$$

С учетом сделанных предположений распределение температуры в системе жидкость-твердое (расплав–кристалл) будет следующим (рис. 3).

Считаем, что в расплаве на расстоянии от фронта кристаллизации, примерно равным высоте полумениска расплава $\delta/2$, распределение температуры T(x) экспоненциальное, соответствующее выражению (15). Тогда для определения градиента температуры на фронте кристаллизации dT/dx продифференцируем выражение (15):

$$\frac{dT}{dx} = -\alpha T_o e^{-\alpha \cdot x}, \tag{18}$$

Знак „минус” в формуле 18 свидетельствует о том, что с увеличением расстояния x от фронта кристаллизации температура уменьшается, и, следовательно, градиент температуры отрицателен.

Подставив выражение dT/dx из (18) в формулу (17) с учетом знака, получим

$$V_p = \frac{k_S T_o}{\rho L D} e^{-\alpha \cdot x}, \tag{19}$$

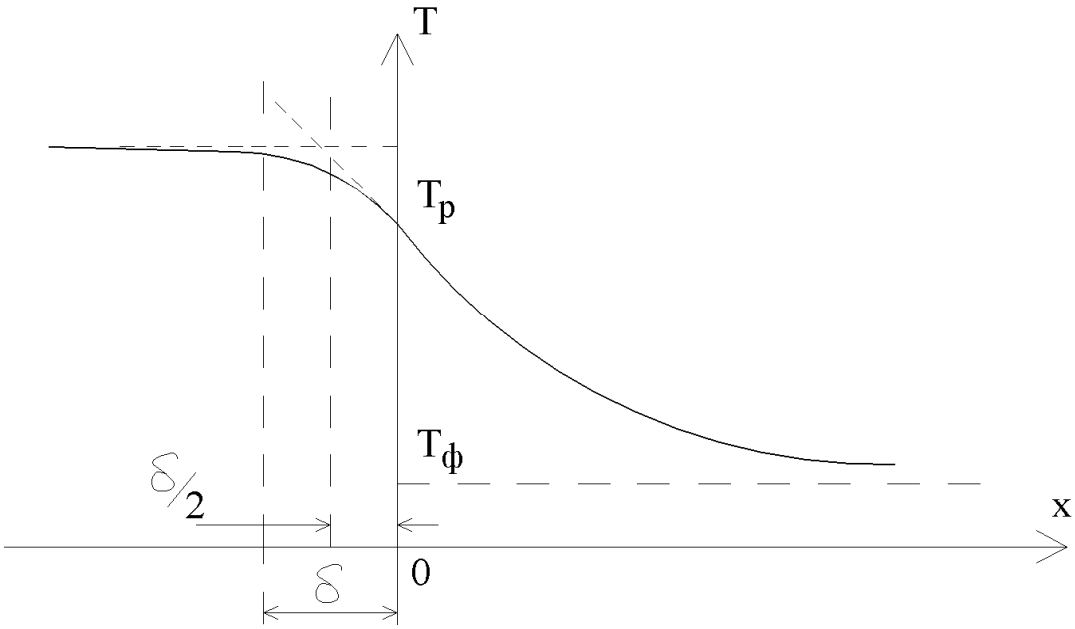


Рис. 3 График осевого распределения температуры в ростовой системе:
δ – высота мениска расплава (см. рис. 2), T_o – температура расплава

При x = 0 (точки на фронте кристаллизации, рис. 3)

$$V_p = \frac{k_S T_o}{\rho L D}, \tag{20}$$

или, перейдя к зависимости диаметра D от переменных процесса кристаллизации, имеем

$$D = \frac{k_S}{\rho L} \frac{T_o}{V_p} = A \frac{T_o}{V_p}, \tag{21}$$

В случае выращивания легированных монокристаллов кремния значение $T_o = T_л$, где $T_л$ – равновесная температура ликвидуса бинарной системы кремний-примесь, которая практически всегда меньше температуры плавления кремния. Величина $A = k_S / (\rho \cdot L)$ – константа, так как значения k_S и ρ слабо зависят от температуры.

Из формулы (21) следует, что диаметр монокристалла, вытягиваемого из расплава, зависит от отношения T_o / V_p. При этом скорость вытягивания $V_в = V_p$ является „чисто внешней”, т.е. задаваемой системой выращивания характеристикой. Поэтому флуктуации диаметра D растущего кристалла определяются, в основном, флуктуациями температуры $T_o = T_л$ на и вблизи фронта кристаллизации (по крайней мере, на расстоянии полумениска расплава). Флуктуации T_o зависят от конвективных потоков тепла в ростовой камере установки Чохральского, инерционности систем поддержания теплового режима, „уносом” тепла путем испарения атомарно-молекулярных пучков вещества из расплава, в том числе и легко испаряющихся примесей, передачей тепла излучением и другими причинами.

Считая, что флуктуации диаметра монокристалла ΔD малы по сравнению с величиной самого диаметра D, найдем зависимость ΔD, представляющую собой текущее значение отклонения диаметра в процессе роста от номинального значения D_o, от флуктуаций температуры на фронте кристаллизации.

Продифференцируем выражение (21) по температуре при $V_p = \text{const}$. С учетом знака производной dD/dT имеем $dD/dT = -A/V_p$. Или, переходя к конечным разностям флуктуаций диаметра ΔD и температуры ΔT, получим $\Delta D/\Delta T = -A/V_p$, откуда

$$\Delta D = -\frac{A}{V_p}\Delta T\ , \tag{22}$$

где $\Delta D = D' - D_o$, $\Delta T = T' - T_o$,

D', D_o – текущее значение диаметра монокристалла и его номинальное значение, соответственно,

T', T_o – текущее значение температуры на фронте кристаллизации и равновесное значение температуры, определяемое кривой ликвидуса кремний– примесь, соответственно.

Из формулы (22) имеем

$$\Delta D = D' - D_o = \frac{A}{V_p}\left(T_o - T'\right), \tag{23}$$

Проведем анализ формулы (23).

При $T_o > T'$, $\Delta D = D' - D_o > 0$, т.е. реализуется режим так называемого „намерзания” кристаллизующегося вещества (кремния) на фронте кристаллизации слитка.

При $T_o < T'$, $\Delta D = D' - D_o < 0$ – режим „подплавления” области, прилегающей к фронту кристаллизации монокристалла.

Следовательно, в соответствии с формулами (21) – (23), АСУТП вытягивания слитков кремния, содержащая подсистему контроля и регулирования диаметра монокристалла в процессе вытягивания, должна при флуктуациях ΔT варьировать T_p (рис. 3) путем регулирования температуры нагревателя расплава и/или скорости $V_в$. В этом случае измеряемой величиной, является T_o ($T_л$ системы кремний-примесь).

Количественные оценки флуктуаций диаметра монокристалла

Используя полученные соотношения, оценим величины минимальных нерегулируемых флуктуаций диаметра ΔD при вытягивании из расплава слитков монокристаллов кремния различных диапазонов номиналов диаметра.

а. $60 \le D \le 100$ мм.

В этом диапазоне диаметров так называемая крейсерская скорость вытягивания слитков $V_в = V_p$ составляет $V_p = 0.2 – 0.3$ см/мин. Примем значения флуктуаций температу-

 ISSN 2076-2887

ры $\Delta T \leq 2.0$ °С, т.е. равными пределу разрешения средств контроля температуры, например, термопар или высокоточных пирометров при температурах выше 1200 °С. Значение удельной теплоты плавления L для кремния ~ 264 кал/г, плотность кремния $\rho = 2.33$ г/см^3, коэффициент теплопроводности $k_S = 0.05$ кал/(с · см · °С). В этом случае определенное по формуле (22) значение $\Delta D \leq \pm 0.5$мм.

b. $100 \leq D \leq 150$ мм.

При $V_p = 0.1 - 0.2$ см/мин и характерных значениях остальных параметров, таких же, как в п. а, величина ΔD составляет $\Delta D \leq \pm 1.0$ мм.

с. $D > 150$ мм.

$V_p = 0.05$ см/мин, $\Delta D \leq \pm 2.0$ мм.

Полученные значения ΔD являются одними из основных исходных параметров при разработке систем автоматического регулирования диаметра монокристаллов кремния, вытягиваемых из расплава по методу Чохральского, поскольку задают характеристики точности поддержания диаметра монокристалла.

Обсуждение полученных результатов

Одной из важных тенденций современной технологии монокристаллов кремния является переход к большим, более 150 мм, диаметрам монокристаллов. Это связано, прежде всего, с ростом потребления монокремния в наземной солнечной энергетике [14]. В промышленности для широкомасштабного получения такого кремния используют технологии, основанные на методе Чохральского [15,16]. Как правило, соответствующее ростовое оборудование оснащено системами автоматического поддержания диаметра монокристалла в процессе вытягивания. Проведенный анализ свидетельствует об увеличении нерегулируемых флуктуаций диаметра монокристалла при переходе к выращиванию слитков с диаметром более 150 мм. Данная тенденция особенно характерна для процессов роста по методу Чохральского сильнолегированных монокристаллов. В этом случае повышение уровня ΔD за счет роста величины ΔT (см. формулу (23) и вышеприведенный ее анализ) связано дополнительно с локальными процессами концентрационного переохлаждения расплава кремний–примесь при вытягивании слитка кремния [17]. Последнее обстоятельство также необходимо учитывать при разработке системы автоматического регулирования диаметра ростовых установок, работающих по методу Чохральского. Особенно, в части, связанной с регулированием скорости вытягивания и требованиями повышения быстродействия в реальном масштабе времени системы измерения и обработки данных о температурах расплава и мениска.

Выводы

Выполнен краткий анализ процессов тепломассопереноса при непрерывной направленной кристаллизации слитков монокремния из расплава методом Чохральского. Полученные соотношения (10), (17), (21)–(23) устанавливают связь диаметра монокристалла со скоростью вытягивания слитка, температурой или градиентом температур на фронте кристаллизации (температурой мениска расплава кремний–примесь), теплофизическими и физико–химическими характеристиками кремния. Показано, что выражения (22) и (23) позволяют оценить уровень нерегулируемых (минимальных) флуктуаций диаметра монокристалла в процессе вытягивания слитка из расплава. Сделаны оценки уровня этих флуктуаций при выращивании монокристаллов кремния промышленных диаметров. Установлена динамика размера флуктуаций диаметра при переходе к росту легированных и сильнолегированных монокристаллов кремния больших (более 150 мм) диаметров, а также отмечено ее влияние на построение и реализацию систем автоматического регулирования диаметра монокристалла в установках, работающих по методу Чохральского.

Несмотря на узкоспециальный характер выполненных исследований, на примере анализа роста легированных монокристаллов кремния, вытягиваемых из расплава по методу Чохральского, предложенный подход, на наш взгляд, обладает достаточной общно-

стью и может быть применен к широкому набору процессов непрерывной направленной кристаллизации моно– и поликристаллических материалов и их различных заготовок, изготавливаемых в условиях контролируемого формообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Целиков А. И. Новые процессы и агрегаты в металлургии и технологии металлов. Вестник АН СССР, 1975. – № 6. – С. 3 – 20.

2. Багдасаров Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава. – М.: Физматлит, 2004. – 173 с.

3. Мильвидский М., Освенский В. Фундаментальные проблемы российской металлургии на пороге XXI века. Монография в 4–х томах. – М.: Рос. акад. естеств. наук, 1998. – т. 4, 147 с.

4. Нашельский А. Я. Производство полупроводниковых материалов. – М.: Металлургия, 1982. – 312 с.

5. Шашков Ю. М. Выращивание монокристаллов методом вытягивания. – М.: Металлургия, 1982. – 203 с.

6. Лейбович В. С., Сухарев В. А., Шушков В. М., Федоров В. А. Автоматическое управление процессом роста монокристаллов. – Приборы и системы управления. – 1975. – № 5. – С. 7 – 9.

7. Технология полупроводникового кремния / Фалькевич Э. С., Пульнер Э. О., Червоный И. Ф. и др. – М.: Металлургия, 1992. – 408 с.

8. Liepold M. H., O'Donnell T. P., Hagan M. A. Materials of construction for silicon crystal growth. - J. Cryct. Growth. – 1980. – 40. – P. 366–378.

9. Салли И. В., Фалькевич Э. С. Управление формой роста кристаллов. – К.: Научная мысль, 1989. – 160 с.

10. Михляев С. В. Системы технического зрения для контроля геометрии выращиваемого кристалла. – Тр. Оптич.общ.им. Д. С. Рождественского: материалы VIII Межд.конф. "Прикл. оптика – 2008", т. 1, СПб: ООО "ЦТТ", 2008. – С. 62 – 66.

11. Bardsley W., Hurle D.T.J, Joyce G. C. The weighing method of automatic Chochralski Crystal Growth. 1 Basic theory. – J. Cryst. Growth. – 1977. – № 40. – P. 13–20.

12. Нашельский А. Я. Технология спецматериалов электронной техники. – М.: Металлургия, 1993. – 352 с.

13. Реньян В. Р. Технология полупроводникового кремния / В. Р. Реньян ; пер. с англ. под ред. Ю. М. Шашкова. – М.: Металлургия, 1969. – 335 с.

14. Наумов А. В. Производство фотоэлектрических преобразователей и рынок кремниевого сырья в 2006-2010г.г. – "Изв. вузов. Материалы электронной техники". – 2006. – № 2. – С. 29 – 35.

15. Мильвидский М. Г. Полупроводниковый кремний на пороге XXI века. – "Изв. вузов. Материалы электронной техники". – 2000. – № 1. – С. 14 – 18.

16. Silicon wafers for photovoltaics. Technical information. Bayer solar GmbH.

17. Kim K. M. Interface morphological instability in Chochralski silicon crystal growth from heavity Sb – doped melt. – J. Electrochem. Soc., 126, 875 (1979).

 ISSN 2076-2887

ЕКОНОМІКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОГРЕСУ

УДК 004.415: 658.012.1: 681.323

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Бойченко О.В., Яценко Л.Ф., Яловенко Ю.В.

Постановка проблемы. Для экономики современной Украины, как и большинства постсоветских государств, характерно развитие новых форм хозяйственных взаимоотношений между производителями и потребителями многообразных видов товаров и услуг [3. 4].

Деятельность любого предприятия связана как с организацией производства (процесса торговли), так и с мониторингом текущей деятельности предприятия [1, 2], а получаемую информацию используют не только для констатации фактов, но также для анализа и определения перспектив развития [5]. Организация эффективного мониторинга своей деятельности – одна из основных задач современного предприятия любой формы собственности [7].

В настоящее время для обеспечения хозяйственной и предпринимательской деятельности небольших частных предприятий используются несколько широкоизвестных и популярных программ, таких как “1-С предприятие”, “Парус”, “Чиж”, “Галактика” и других, которые рассчитаны на использование в крупных предприятиях, характеризующихся значительными объемами обрабатываемой информации. Они требуют наличия соответствующего дорогостоящего компьютерного оборудования и программного обеспечения, способного выполнять обработку данных по технологии «клиент-сервер». Стоимость перечисленных программ достаточно высока.

Кроме того, в условиях часто изменяющихся нормативно-правовых документов они требуют оперативного и квалифицированного программного сопровождения. Для этого необходимо или использование услуг специалистов фирм-разработчиков соответствующих программ, или содержание в штате предприятия программиста, знающего специфику данного предприятия и умеющего программировать на специализированных языках программирования. В тоже время на малых предприятиях многие функции перечисленных программ остаются невостребованными, поэтому использование этих программ в условиях малого предприятия не всегда является целесообразным.

Целью настоящей работы является описание принципов построения модели данной информационной системы и алгоритмическое решение этой задачи.

При проектировании системы было решено создавать единственную версию программы, устанавливающуюся на все компьютеры сети, в интегрированной среде разработки программ Borland Delphi 7.0 [8], отличающейся простотой использования и высокой скоростью разработки. Учитывая небольшие размеры локальных сетей предприятия, выбрана система управления базами данных (СУБД) BDE [6] с таблицами формата Paradox 7.0, использующая разделяемые базы данных в масштабах филиала. Данная СУБД относится к СУБД реляционного типа, средствами которой могут быть обеспечены ссылочная целостность, информационная непротиворечивость и отсутствие информационной избыточности данных.

Исходя из общей постановки задачи, была разработана блок-схема программной системы, отражающая функционирование предприятия (рис. 1).

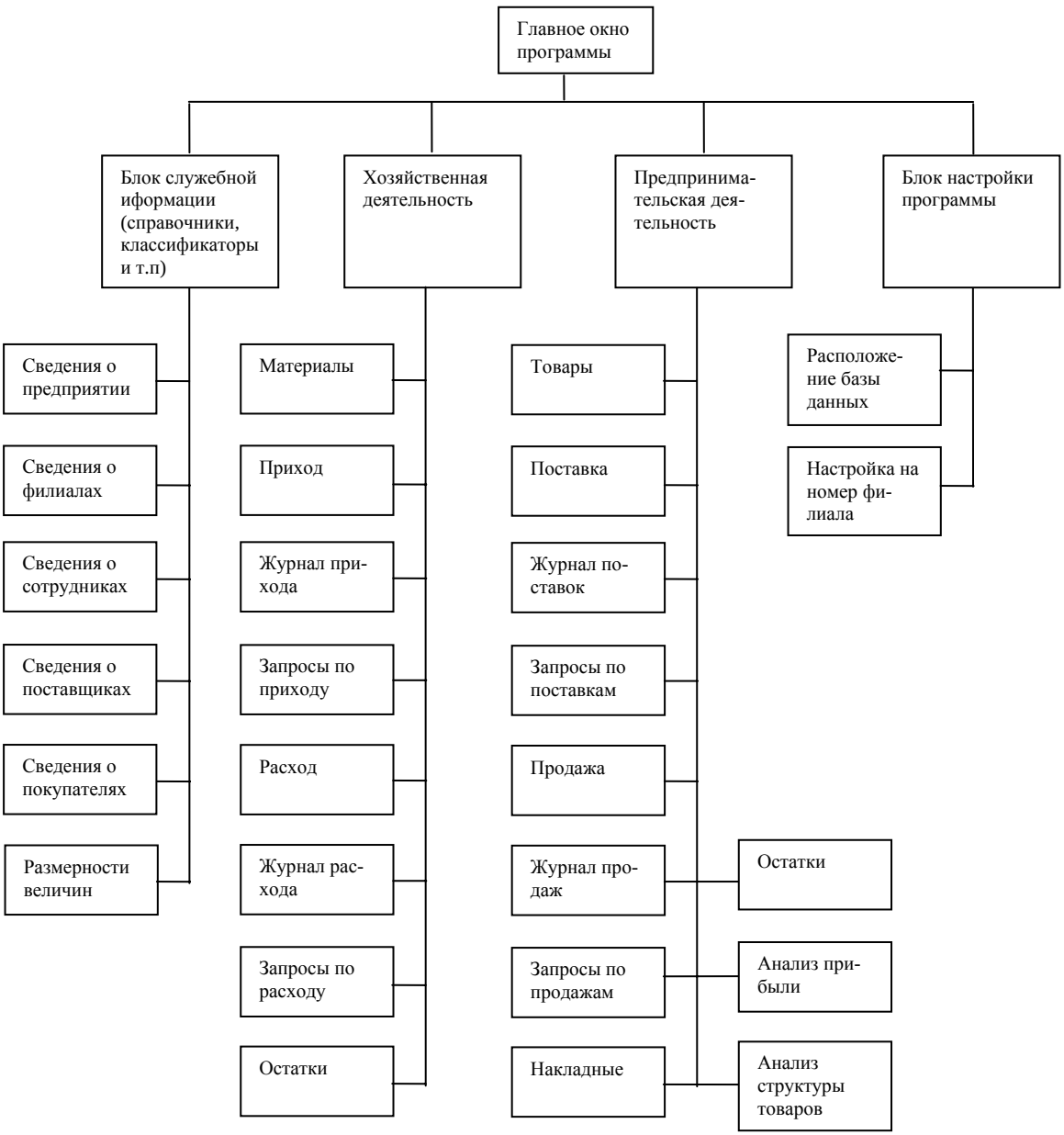


Рис. 1 Блок-схема программной системы

Структура информации, используемой для системы мониторинга. Для построения логической структуры базы данных был проведен анализ деятельности предприятия и составлен перечень необходимых реквизитов. В результате преобразований были получены 12 таблиц в четвертой нормальной форме представления данных, которая подходит для компьютерной реализации. Примеры состава реквизитов и реляционные связи типа один ко многим отображены соответственно на рис. 2 и рис. 3.

Реквизиты, содержащие суммы, не хранятся в базе данных, а являются вычисляемыми произведениями количества и цены, что исключает ошибки несоответствия при редактировании. По данным этих таблиц с помощью программы DataBase DeskTop были созданы структуры таблиц базы данных, назначены первичные (имеющие уникальное значение) и вторичные (те, которые являются первичными в других таблицах) индексы таблиц и установлены необходимые реляционные связи таблиц.

Для связи созданных таблиц с интерфейсом программы использован модуль данных Delphi, где размещены и настроены компоненты таблиц (TTable), источников данных (TDataSet), SQL-запросов (TQuery) и компонентов типа TBathMove, требующихся для копирования данных (рис. 4). Такой модуль позволяет сосредоточить все данные программы и управление ими в одном месте.

 ISSN 2076-2887

Таблица Predpr (Предприятие)

№	Имя реквизита	Содержание реквизита
1	Predpr	Наименование предприятия
2	Rukovod	ФИО руководителя
3	Addres	Адрес предприятия
4	Phone	Телефон предприятия
5	E-mail	Электронная почта
6	Url	Веб-сайт
7	EGRPOU	Код ЕГРПОУ
8	RShet	Расчетный счет
9	NomSvidet	Индивид. номер свидетельства

Таблица Otd (Филиалы, отделения)

№	Имя реквизита	Содержание реквизита
1	Otd	Номер филиала (отделения)
2	Addres	Адрес отделения
3	Phone	Телефон отделения
4	E-mail	Электронная почта
5	Url	Веб-сайт

Таблица Sotr (Сотрудники)

№	Имя реквизита	Содержание реквизита
1	Otd	Номер филиала (отделения)
2	Tnom	Таб. ном. сотрудника
3	FIO	ФИО сотрудника
4	Dolgn	Должность
5	Oklad	Оклад
6	Prinat	Дата приема
7	Pereved	Дата перевода
8	Uvolen	Дата увольнения
9	Prich_uvoln	Причина увольнения

Таблица Postav (Поставщики)

№	Имя реквизита	Содержание реквизита
1	CodPostav	Код поставщика
2	Name	Наименование поставщика
3	Rukovod	ФИО руководителя
4	Addres	Адрес поставщика
5	Phone	Телефон поставщика
6	E-mail	Электронная почта
7	Url	Веб-сайт
8	Charakt	Характеристика

Таблица Pokup (Покупатели)

№	Имя реквизита	Содержание реквизита
1	CodPokup	Код покупателя
2	Name	Наименование покупателя
3	Rukovod	ФИО руководителя
4	Addres	Адрес покупателя
5	Phone	Телефон покупателя
6	E-mail	Электронная почта
7	Url	Веб-сайт
8	Charakt	Характеристика

Таблица Razm (Размерности)

№	Имя реквизита	Содержание реквизита
1	CodRazm	Код размерности
2	ShortName	Короткое наименование
3	FullName	Полное наименование

Рис. 2 Состав реквизитов таблиц базы данных

Пользовательский интерфейс программы выполнен в традиционном стиле многооконного (MDI) приложения Windows, что позволяет пользователю видеть и работать одновременно с несколькими окнами документов. При программировании интерфейса широко использовались объектно-ориентированные свойства языка Delphi, такие как наследование и инкапсуляция данных. Управление окнами сосредоточено в пункте меню “Окна” и не отличается от принятого в соглашениях Windows для многооконных приложений. В главном окне программы расположена карта региона, на которой красными кружками отмечены пункты расположения четырех филиалов предприятия. Щелчок мыши по этим кружкам вызывает появление окна с информацией о соответствующем филиале.

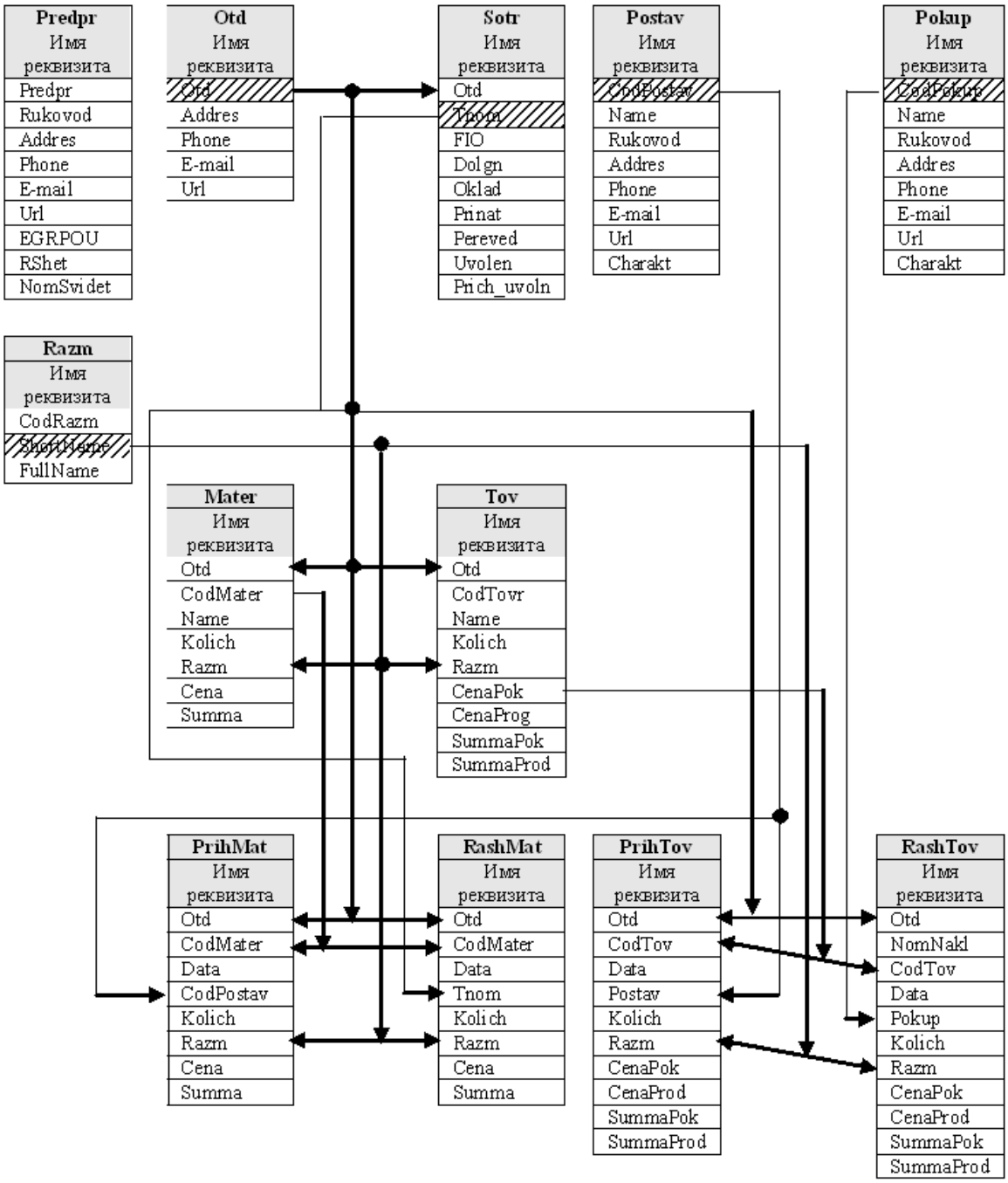


Рис. 3 Реляционные связи и типы зависимостей таблиц базы данных
(Стрелка обозначает тип зависимости “один ко многим”,
первичные индексы выделены штриховкой)

Окно настройки программы. Так как все филиалы предприятия снабжаются одной и той же версией программы, то для настройки на конкретный филиал и на расположении базы данных предусмотрено окно настройки, вызываемое из меню “Настройки/Директории, отделение” (рис. 5). Возможность выбора директорий расположения базы данных и архивов позволяет располагать их на любых компьютерах в локальной сети. Номер выбранного филиала (отделения) автоматически заносится в соответствующие реквизиты таблиц базы данных.

 ISSN 2076-2887

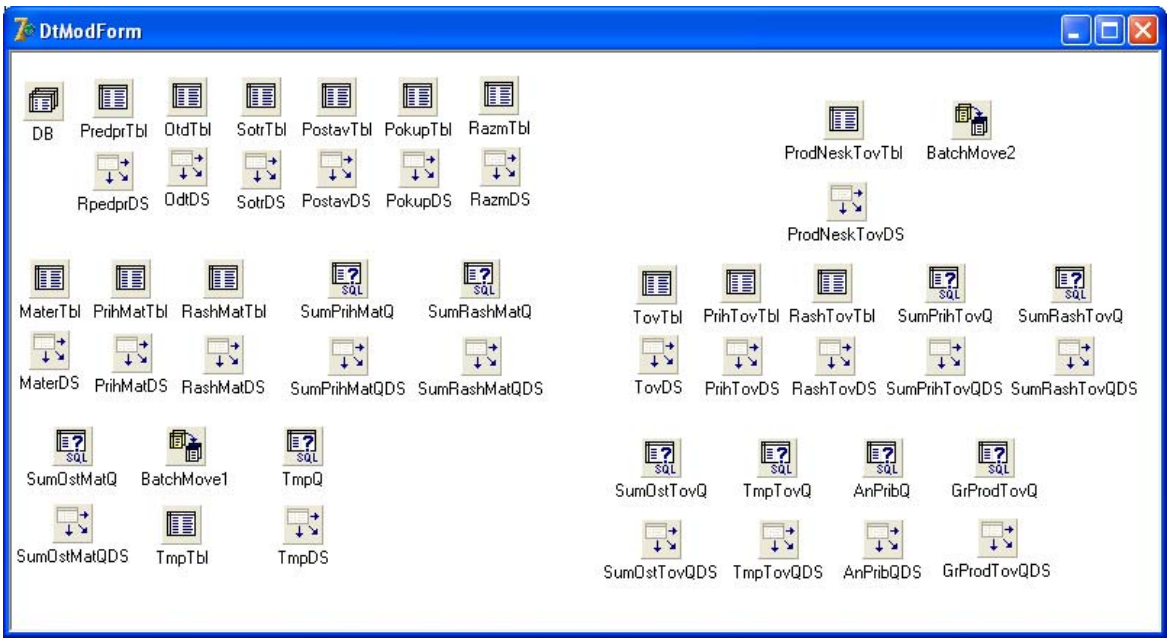


Рис. 4 Модуль данных программы

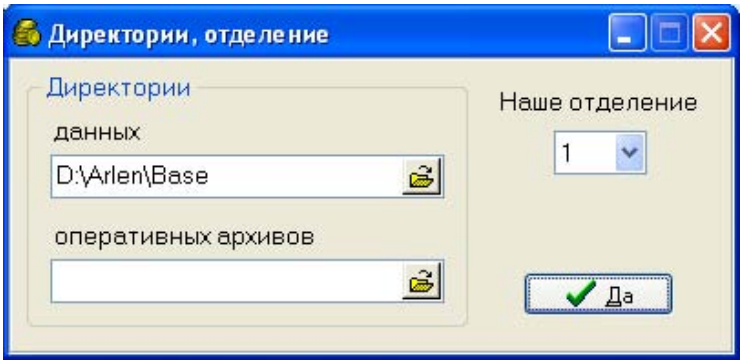


Рис. 5 Окно настройки программы

Работа со справочной информацией системы сосредоточена в меню “Справочники” и организована единым образом. Ввод и редактирование информации о предприятии выполняется в виде формы, а остальной справочной информации в виде таблиц. При табличном редактировании предусмотрены средства навигации по таблице, включая поиск записей по значению любого реквизита, а также сортировка записей по основным реквизитам.

Основные операции работы с комплексом сосредоточены в пунктах основного меню “Хозяйственная деятельность” и “Предпринимательская деятельность”. В каждом из них присутствуют средства навигации и сортировки, а также в нижней строке таблицы подводятся итоги по количествам и суммам.

Для примера рассмотрим функционирование пункта “Предпринимательская деятельность”, которое позволяет с помощью окна ”Товары” редактировать перечень товаров, находящихся на предприятии (рис. 6).

В файле данных, соответствующем этому окну, сохраняются и программно корректируются при движении товаров количества товаров в филиале и соответствующие им суммы. Каждый новый товар, поступающий на предприятие, должен быть внесен в эту таблицу. Код товара формируется автоматически. Программа следит за тем, чтобы все поля окна поставки товара были заполнены и не позволяет занести в базу данных неполную информацию.

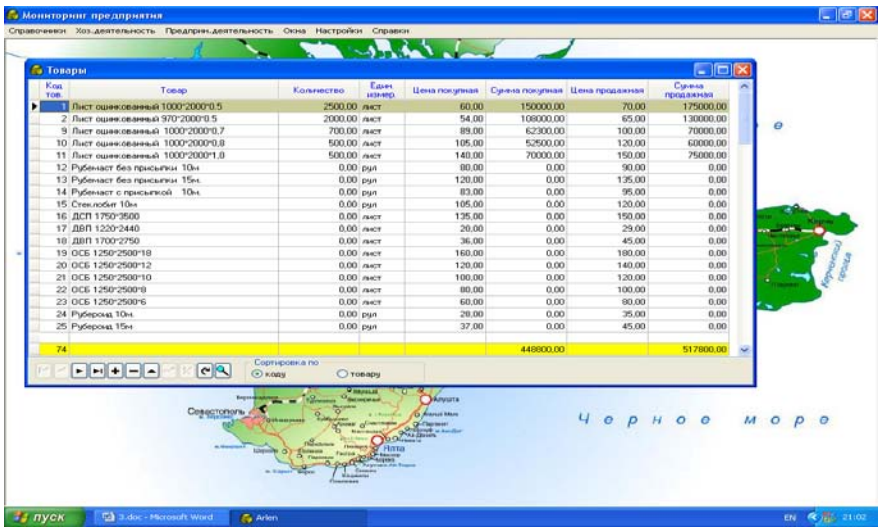


Рис. 6 Окно редактирования “Товары”

Описанная функция контроля выполняется в обработчике события родительского окна всех аналогичных окон ComFForm onClose:

```
procedure TComFForm.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
var i: Integer;
begin
  Action := caFree;
  for i:=0 to ComponentCount-1 do begin
    if (Components[i] is TDBLookupComboboxEh) then begin
      if (Trim((Components[i] as TDBLookupComboboxEh).Text)='') and
        (Components[i] as TDBLookupComboboxEh).Visible then begin
        DBLookupComboboxEh1.DataSource.DataSet.Cancel;
        Exit;
      end;
    end;
    if (Components[i] is TCustomEdit) then begin
      if (Trim((Components[i] as TCustomEdit).Text)='') and
      (Components[i] as TCustomEdit).Visible then begin
        DBLookupComboboxEh1.DataSource.DataSet.Cancel;
        Exit;
      end;
    end;
  end;
end;
```

Поля “Цена покупная” и “Единица измерения” сделаны редактируемыми. Если цена или единица товара не совпадают со справочными данными, то считается, что выполняется поставка нового товара. Такой товар после соответствующего предупреждения заносится в справочник “Товары” и в журнал поставок. Этот механизм упрощает накопление информации о новых товарах, исключая отдельное редактирование справочника товаров.

Для формирования запросов по поставкам предназначено специальное окно, в котором выбираются различные сочетания реквизитов к запросам.

Выбор конкретной накладной выполняется в окне ”Предпринимательская деятельность/Накладные”. Разрешается только их просмотр, редактирование и печать не допускаются. Программная реализация этой технологии осуществляется следующим способом.

 ISSN 2076-2887

В обработчике события создания окна формируется список дат, причем каждая дата вносится в список только один раз.

```
procedure TNaklForm.FormCreate(Sender: TObject);
var
  S: String;
  Flag: Boolean;
  i, j: Integer;
begin
  FindBtn.Enabled := False;
  With DtModForm.RashTovTbl do begin
    IndexFieldNames := 'Data';
    Open;
    for i:=1 to RecordCount do begin
      S := FieldByName('Data').AsString;
      if TextListBox1.Count=0 then TextListBox1.Items.Add(S);
      Flag := True;
      for j:=0 to TextListBox1.Count-1 do begin
        if TextListBox1.Items[j] = s then begin
          Flag := False;
          break;
        end;
      end;
      if Flag then TextListBox1.Items.Add(S);
      Next;
    end;
  end;
end;
```

Список номеров накладных, соответствующих выбранной дате, формируется путем синтеза и активации фильтра к журналу продаж.

Окно запросов по остаткам товаров принципиально не отличается от рассмотренных ранее окон запросов и позволяет сформировать запрос по остаткам или всех товаров, или какого-либо отдельного товара за выбранный диапазон дат.

Анализ деятельности предприятия. В программе предусмотрены возможности анализа деятельности предприятия. При выборе пункта меню ”Предпринимательская деятельность/Анализ прибыли” в появляющемся окне можно выбрать товар (или все товары) и диапазон дат. После нажатия кнопки ”Да” в результате выполнения запроса получается график изменения прибыли. Прибыль рассчитывается как разница сумм продажи и сумм приобретения товаров.

При выборе пункта меню ”Предпринимательская деятельность/Анализ структуры товара” демонстрируется круговая диаграмма структуры товаров, находящихся на предприятии (рис. 7).

Установка программы на компьютеры. Для установки программы на компьютеры предприятия при помощи программы Instsll Shield Express v2.12 создан дистрибутивный компакт-диск. Программа установки позволяет выбирать варианты установки (обычная, типичная, выборочная), назначать директории для программы и базы данных и выполняет предварительную настройку СУБД BDE.

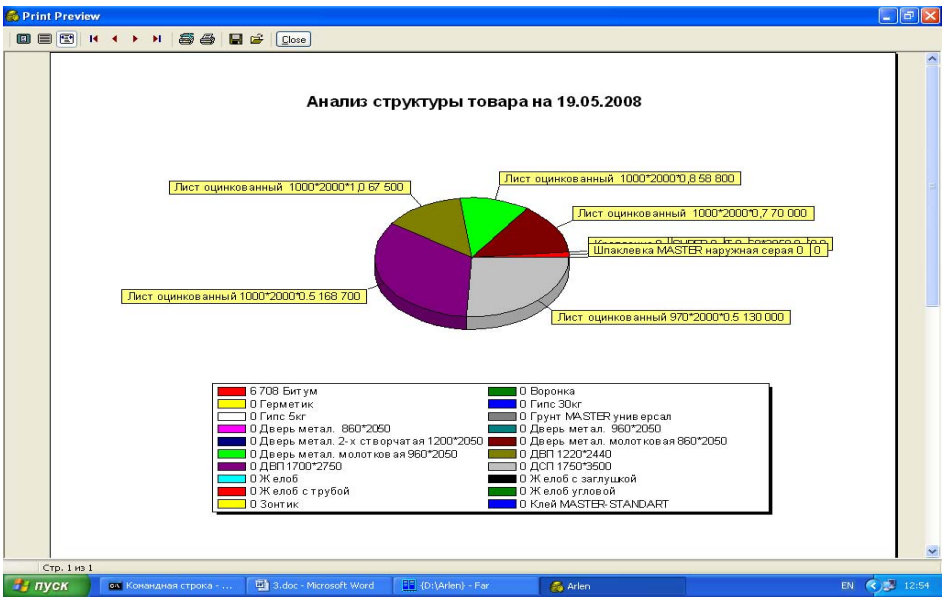


Рис. 7 Диаграмма структуры товаров, находящихся на предприятии.

Выводы. Рассмотренный выше алгоритм позволил разработать эффективную систему мониторинга хозяйственной и предпринимательской деятельности малого предприятия, занимающегося бизнесом в сфере торговли. Она была спроектирована с учетом конкретных особенностей деятельности малых предприятий, имеющих небольшие компьютерные сети, поэтому в ней отсутствуют нереализуемые на практике возможности, присущие программным продуктам общего назначения. В конечном счете, это приводит к тому, что при достаточной функциональности, стоимость разработки, эксплуатации и сопровождения системы невелика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко О.А. Инвестиционный рынок / Бондаренко О.А. // Механізм регулювання економіки, економіка природокористування, економіка підприємства та організація виробництва. – Суми, 2005. – № 4. – С. 120-124.
2. Сухарева Л.А. Контролінг-основа управления бизнесом: монография / Сухарева Л.А. - К.: Ника-Центр, 2003. - 204 с.
3. Злупко С.М. Дослідження теоретичних і прикладних аспектів сучасної регіонально ї соціально-економічної політики держави / Злупко С.М. // Регіональна економіка. – К., 2003. – №1. – С. 258-261.
4. Калашников В.В. Инвестиции как ускоряющий фактор стабилизации и дальнейшего роста экономики Украины / В.В. Калашников, О.А. Бондаренко // Современные технологии, экономика и экология в промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве: Сборник научных статей по материалам 5-й международной научно-методической конференции. – К.: ИСМО: Алушта, 2004. – С. 235-241.
5. Крюков А. Ф. Анализ методик прогнозирования кризисной ситуации коммерческих организаций с использованием финансовых индикаторов / А.Ф. Крюков, И.Г. Егорычев // Менеджмент в Росси и за рубежом. – М., 2001. – №2. – С. 91-98.
6. Куправа Т. А. Создание и программирование баз данных средствами СУБД. dBaseIIIPlus, FoxBasePlus, Clipper / Т. А. Куправа. – Москва : Мир, 1991. – 110 с
7. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений: / Б.Г. Литвак – М.: Патент, 1996. – 271 с.
8. Хендерсон К. Руководство разработчика баз данных в Delphi 2 / Хендерсон К. – К.: Диалектика, 1996. – 544 с.

 ISSN 2076-2887

УДК 332.339

ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Портянко Т. М.

Постановка проблеми. В умовах ринкових перетворень в економіці України, які характеризуються посиленням процесів глобалізації та загостренням конкуренції, виникає необхідність пошуку нових шляхів підвищення конкурентоспроможності вітчизняних фармацевтичних підприємств. При цьому конкурентоспроможність фармацевтичного підприємства залежить, у першу чергу, від його здатності задовольняти потреби споживачів продукції, найважливішим параметром оцінки якої є якість.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що проблема підвищення якості продукції є актуальною і увага до неї зростає. Серед найбільш вагомих досліджень, які висвітлюють певні аспекти теорії і практики забезпечення якості продукції, слід відзначити праці таких зарубіжних дослідників: Е. Демінга, К. Ісікави, Ф. Котлера, Дж. Харрінгтона, А.Фейгенбаума. Вагомий внесок у розвиток зазначених питань зробили вітчизняні науковці Ю.О. Адлер, В.Г. Андрійчук, В.Д. Базилевич, Ю.І. Внуков, А.Е. Воронкова, А.Л. Глічев, О.А. Грішнова, Н.П. Гончарова, В.Г. Дикань, Л.Є. Довгань, В.Г. Дубровін, С.В. Дружиніна, П.Я. Калита, Г.Г. Кирейцев, Д.М. Черваньов, Ю.А. Шаповал, А.В. Шегда, Т.І. Щедріна, В.Л. Якубовський та інші. Але вирішення проблеми побудови інтегрованої моделі системи менеджменту якості на підприємствах фармацевтичної промисловості залишається не розв’язаним.

Мета статті полягає у побудові інтегрованої моделі системи менеджменту якості на підприємствах фармацевтичної промисловості на прикладі ДП «Черкаси-Фарма».

Виклад основного матеріалу. Початковим етапом проектування інтегрованої системи менеджменту якості (ІСМЯ) є порівняльний аналіз вимог щодо впровадження міжнародних стандартів, задля оцінки можливості інтегрування системи GMP в діючу систему менеджменту якості на прикладі підприємства ДП «Черкаси-Фарма». Принцип системності є одним з основних принципів, на якому базується менеджмент якості. Управління взаємопов’язаними процесами як системою покращує результативність і ефективність діяльності організації на основі досягнення її місії та цілей. В умовах глобальної конкуренції оптимальним способом існування підприємства є реалізація стратегії стійкого розвитку, яка враховує питання економіки, екології, професійної безпеки і здоров'я. При цьому характерними чинниками стійкого розвитку будь-якого підприємства є:

- фінансова стабільність і позитивна динаміка рівня прибутковості;
- наявність споживачів продукції (послуг) підприємства;
- соціальна захищеність, комфортність праці, компетентність і забезпеченість персоналу;
- позитивна оцінка діяльності підприємства зацікавленими організаціями.

В даний час в розвитку чинників стійкого розвитку спостерігається дві тенденції:

- створення ІСМЯ, що включає, зазвичай, систему менеджменту якості, систему екологічного менеджменту і систему менеджменту професійної безпеки і здоров'я, що задовольняють вимогам відповідних стандартів ISO 9001, ISO 14001, і OHSAS;
- розробку галузевих модифікацій стандарту ISO 9001, які відображають особливі вимоги, що пред'являються в тій або іншій сфері до якості, безпеки, екологічності тощо.

Необхідною умовою повного і безперешкодного розгортання цих тенденцій є наявність ефективної і результативної ІСМЯ, яка враховує концептуальну основу специфіки діяльності підприємства. Інтегрований підхід до побудови ІСМЯ – це не просто створення набору процедур в одному керівництві, але і формування єдиної системи менеджменту,

яка б задовольняла вимогам всієї сукупності стандартів, що використовується, та включала всі операційні процеси з єдиними функціями управління циклу PDCA.

При цьому інтегрована система повинна розроблятися шляхом інтеграції процесів в рамках єдиної моделі менеджменту і застосування ієрархічного процесу щодо її документування. Не може існувати єдиний міжнародний стандарт на побудову ІСМЯ, тому що кожне підприємство орієнтується саме на свою специфіку діяльності та управління зокрема. В одному з останніх документів ISO відмічено: «Ніщо не вказує на досягнення згоди відносно розробки єдиного інтегрованого стандарту, але є необхідність поліпшення сумісності між різними стандартами на системи менеджменту для їх кращого спільного використання». Іншими словами, стандартизація у сфері менеджменту якості розвиватиметься не шляхом створення єдиного стандарту, а шляхом гармонізації існуючих стандартів і тих, які будуть розроблятися [2, 4].

При розробці ІСМЯ підприємство має враховувати вимоги міжнародних стандартів, в яких рекомендується використовувати широко відому модель PDCA, а також дотримуватися моделі процесного підходу. Цикл PDCA описує послідовні етапи, які направлені на досягнення цілей найбільш результативним і ефективним способом (рис. 1).

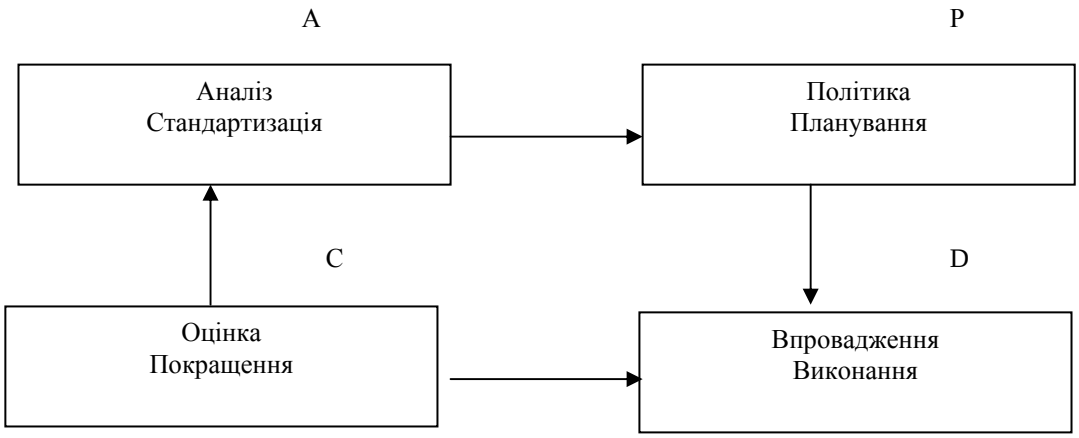


Рис. 1 Зв'язок елементів системи менеджменту з етапами циклу PDCA

Для цього розробляється відповідна система, що забезпечує виконання етапів в рамках ідентифікованих на фармацевтичному підприємстві процесів. На початковому етапі розглядаються процеси, що діють на підприємстві. Далі встановлюються вимоги до їх входів і виходів, оцінюються ризики і можливості їх усунення (зменшення) встановлюються і впроваджуються механізми контролю, проводяться виміри, їх результати аналізуються, визначаються і впроваджуються заходи щодо поліпшення системи. Існує необхідність на підприємствах фармацевтичної промисловості враховувати вимоги, пов’язані з управлінням ризиками, зокрема:

- ідентифікація аспектів;
- визначення критеріїв, пов'язаних з оцінкою ризику;
- визначення рівнів критичного ризику;
- розробка і впровадження механізмів контролю щодо усунення ризику.

З урахуванням вимог міжнародних стандартів ISO 9001 на систему менеджменту якості, ISO 14001 на систему екологічного менеджменту, OHSAS 18001 на систему менеджменту професійної безпеки і здоров'я, SA 8000 на систему менеджменту соціальної відповідальності, а також стратегії розвитку бізнесу можна побудувати сучасну ІСМЯ, орієнтовану на концепцію стійкого розвитку.

Універсальність методології і вимог стандарту ISO 9001 дозволяє на основі відповідної його вимогам СМЯ привести ІСМЯ фармацевтичного підприємства у відповідність з вимогами стандартів ISO 14001, OHSAS 18001 і SA 8000. При цьому слід зазначити повну ідентичність елементів щодо ISO 9001 вимог стандартів ISO 14001 і OHSAS 18001 з

 ISSN 2076-2887

різницею лише в тому, що застосування стандарту ISO 14001 направлене на зниження негативного впливу діяльності підприємства на довкілля, у тому числі за рахунок поліпшення екологічних властивостей продукції, що випускається, і коректного використання ресурсів, а використання OHSAS 18001 враховуватиме зниження і виключення негативної дії виробничих чинників на здоров'я персоналу і майні підприємства зокрема [1, 5]. Автором зроблений моніторинг стандартів, які на даний момент використовує підприємство. На основі проведеного моніторингу та запропонованої моделі системи менеджменту якості підприємство покращило свої економічні показники і почало приділяти все більше уваги на швидкозмінні вимоги споживачів, за рахунок яких відбуваються коригувальні заходи системного забезпечення якості продукції, яка випускається на всіх етапах її життєвого циклу, оскільки неможливо підвищити рівень її якості за рахунок впровадження окремих, ізольованих один від одного заходів (рис. 2).

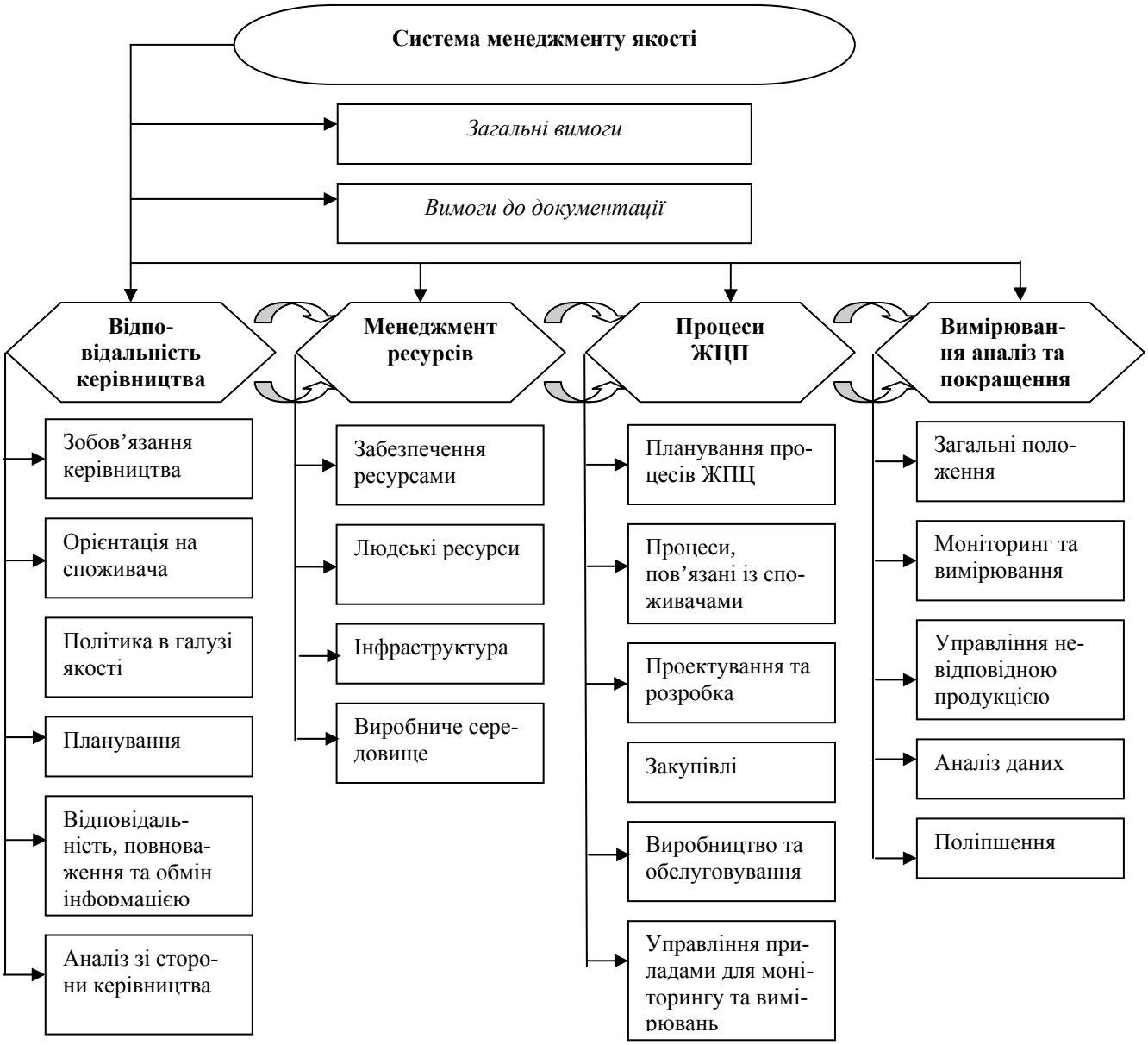


Рис. 2 Модель системи менеджменту якості на ДП «Черкаси-Фарма»

Аналізуючи вимоги даних стандартів до документування системи менеджменту виявляться відмінності, пов'язані з тим, що підготовка і публікація цих стандартів здійснювалася в різні роки різними підприємствами. Так, в стандартах ISO 14001 і OHSAS 18001

вимоги про наявність певних методик (процедур) зустрічається 14 разів, а в стандарті SA 8000 така вимога взагалі відсутня.

Концептуальною основою (ядром) для розробки ІСМЯ фармацевтичного підприємства є організаційно-управлінська структура управління підприємства. При цьому необхідно допрацювати ряд документів ІСМКЯ, що діє, у тому числі:

1. Політику і цілі підприємства у сфері якості з урахуванням завдань з екології, безпеки, охорони здоров'я і соціальної відповідальності.
2. Необхідно переглянути і допрацювати стандарти організації, процедури і методики ІСМЯ, що діє згідно наступних вимог стандарту ISO 9001 -2001 (управління документацією, управління записами, внутрішній аудит, аналіз з боку керівництва, дії, що коректують і застережливі, підготовка персоналу, контроль технологічних процесів, метрологічне забезпечення виробництва, організація, підготовка і проведення технічного обслуговування устаткування).

При цьому враховуватимуться процедури і методики виконання процесів у зв'язку з обліком екологічних аспектів, вимог безпеки і охорони здоров'я. Отже, доведеться врахувати вимоги стандартів ISO 14001, OHSAS 18001, SA 8000 і внести відповідні корективи до процесів, виділених при створенні ІСМЯ. Структура, розмір організації, особливості ринку - всі ці чинники впливають на вирішення компанії, як і яку будувати ІСМЯ, і який має бути рівень її інтеграції.

Висновки та перспективи подальших досліджень. З вище наведеного можна зробити висновок, що рівень інтегрованості системи менеджменту є одним із найважливіших показників зрілості підприємства, який характеризує гнучкість управління, здібність до змін задовольняти вимогам різних стандартів менеджменту (ISO 9001, ISO 14001 тощо), але і наявність механізмів, що дозволяють найбільш ефективним чином використовувати загальні елементи побудови систем, вказані в цих стандартах. Підвищуючи рівень інтегрованості, фармацевтичне підприємство зможе перейти на нові рівні свого розвитку і вдосконалювати зовнішньоекономічні зв’язки зокрема. Тому при оцінці рівня інтегрованості ваговитість окремих складових ІСМЯ повинна підбиратися індивідуально для кожного підприємства [3, 5]. Розроблена інтегрована модель системи менеджменту якості на підприємствах фармацевтичної промисловості на прикладі ДП «Черкаси-Фарма», враховує ряд послідовних етапів: постійне покращення продукції, постійне покращення системи менеджменту якості на основі впровадження інноваційних технологій, враховуючи вимоги стандарту ISO 9001.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амиров Ю.Д., Печенкин А.Н. Оценка качества продукции и рыночная экономика // Стандарты и качество. – 2006 – №10. – с. 53-55.
2. Басовский Л. Е., Протасьев В. Б. Управление качеством: Учебник. – М.: ИНФРА – М, 2001. –212 с. – (Серия” Высшее образование”)
3. Богатырев А.А., Филиппов Ю.Д. Стандартизация статистических методов управления качеством. – М.: Изд. Стандартов. 2007. – 121с.
4. Криворучко О.Н. Система управления качеством в автотранспортном предприятии // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. пр. – Одеса: ОДМУ, 2004. – Вип. 17. – С. 144–158.
5. Чалая О.В. Процессно-ориентированный подход к формированию показателей качества // Вісник економіки транспорту і промисловості: Зб. наук. пр. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 5 – 6. – С. 289–292.

 ISSN 2076-2887

АНОТАЦІЇ

Голінко І.М. Настройка системи керування за імпульсною характеристикою об’єкта / І.М. Голінко, Ю.М. Ковриго, А.І. Кубрак // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 6 – 10.

В статті розглядається метод розрахунку перехідних процесів у неперервні системі керування за імпульсною характеристикою об’єкта. Метод дозволяє використовувати в якості динамічних властивостей об’єкта керування його імпульсну характеристику. Запропонований підхід дає можливість виключити етап апроксимації при розрахунках системи керування, що дозволяє зменшити похибку моделювання за рахунок суб’єктивного вибору структури апроксимуючої залежності. Метод може використовуватися спеціалістами із автоматизації для аналізу та настройки неперервних систем керування.

Дорошкевич В.К. До визначення вимог до систем відведення космічних об'єктів / В.К. Дорошкевич, О.В. Пироженко, А.В. Хитько, П.Г. Хорольський // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 11 – 17.

Стаття присвячена формуванню вимог до систем відведення з робочих орбіт в безпечні області космічних апаратів (КА), що завершили своє активне існування. Проведений аналіз по масах і орбітах запусків КА, виведених або передбачуваних до запуску в 2006..2011 рр. Показаний збіг існуючих і прогнозованих тенденцій запусків. Проаналізовані вимоги до систем відведення. Визначений критерій їх оптимальності – мінімум витрат на виконання задачі – і визначальні його чинники. Визначені вимоги до маневрів відведення, власне маневри і їх прив'язка до різних орбіт. Оцінені очікувані витрати енергетики для їх реалізації у вигляді необхідних запасів характеристичної швидкості. .

Китаєв О.В. Аналіз роботы синхронного двигуна з неявнополюсним ротором по данним каталогу / О.В. Китаєв, В.І. Глухова // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 18 – 25.

У роботі показано, що наведених у каталогах даних на синхронні двигуни цілком достатньо для розробки алгоритму визначення параметрів схеми заміщення та основних показників роботи, побудови векторної діаграми і характеристик. Встановлено також, що кут θ є зручним змінним параметром, в функції якого вигідно будувати не лише залежність моменту, але й інші показники: струм, потужність, к.к.д. і т.п., використовуючи відносні значення. У такому разі процес розрахунку сімейства робочих характеристик можна звести до операції перебудовання.

Носов П.С. Нечіткі моделі і методи ідентифікації та прогнозу стану інформаційної моделі студента / П.С. Носов, Ю.І. Косенко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 26 – 30.

У даній роботі розглянуті основні принципи і комбінації застосування математичних моделей спрямованих на вирішення проблеми виявлення зв'язків між інженерними і спеціальними дисциплінами в ході підготовки студентів. Використання моделей спрямоване на формалізацію і упорядковування бази знань ІМС. Застосування експертної системи підтримки прийняття рішень дасть можливість зменшити суб'єктивний вплив на підготовку студентів, а також підвищити інформативність навчального процесу.

Ладієва Л.Р. Математична модель процесу газової мембранної дистиляції / Л.Р. Ладієва // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 31 – 35.

Представлена математична модель процесу газової мембранної дистиляції. При створенні математичної моделі процесу використали підхід застосований при розробці математичної моделі процесу контактної мембранної дистиляції. Механізм переносу тепла через мембрану з парою і через структуру мембрани описувався з урахування зміни швидкості і температури пари в порах мембрани. Методика чисельного розрахунку побудована на основі методу кінцевих об'ємів і алгоритмі сегрегації. .

Ляшенко С.О. Оцінка моделі псевдолінійної регресії / С.О. Ляшенко, О.С. Ляшенко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 36 – 40.

Розглянуто проблеми автоматизованих систем управління технологічними процесами в цукровому виробництві. Досліджено алгоритми оцінки параметрів математичної моделі складних динамічних об'єктів та процесів. Запропоновано комбінований модифікований алгоритм, який має добрі фільтруючі властивості. Використання в запропонованому алгоритмі додаткової позитивно визначеної матриці дозволить забезпечити стійкість процесу оцінювання.

Передерій В.І. Алгоритм визначення та оцінки характеристик ефективності комп'ютерних систем на початковій стадії проектування в умовах невизначенності / В.І. Передерій // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 41 – 45.

У роботі запропоновано розробку алгоритму та діалогового інтерфейсу розрахунку характеристик ефективності на початковій стадії проектування цільових комп'ютерних систем. Запропоновано спосіб оцінки ступеня належності цих характеристик, за умов максимально задовольняючих інформаційні потреби різного рівня користувачів.

Войтенко В.В. Визначення частоти зрізу пристрою згладжування даних на основі методу ковзаючого середнього / В.В. Войтенко, К.В. Дикусар, В.С. Ситников // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 46 – 51.

У роботі проведений частотний аналіз пристрою згладжування даних на основі методу ковзаючого середнього. Показана неможливість аналітичного визначення частоти зрізу АЧХ пристрою згладжування. Запропонований підхід, на основі чисельних методів, для визначення цієї частоти табличний. Визначені абсолютна і відносна погрішності обчислення частоти зрізу.

Славко О.Г. Порівняльний аналіз керування регулятором на основі локальної моделі керованого процесу та П-регулятором / О.Г. Славко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 52 – 58.

Розглянуто задачу стабілізації системи керування регулятором на основі синтезу локальної моделі керованого процесу (ЛМКП) за активно-резонансним алгоритмом керування при малій апріорній інформації про керований процес. Побудовано імітаційні моделі системи керування з регулятором на основі ЛМКП та пропорційним (П) регулятором. Розроблено методику проведення порівняльного аналізу керування регулятором на основі ЛМКП та П-регулятором. Проведено порівняльний аналіз стабілізації об'єкта керування регулятором на основі ЛМКП і П-регулятором.

Соколов А.Є. Моделювання процесу прийняття педагогічного рішення при комп'ютеризованому навчанні / А.Є. Соколов, О.О. Махова // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 59 – 61.

Запропоновано розглянути корисність альтернативи при прийнятті педагогічного рішення як функцію від характеристик особи, що навчається, які подані його моделлю. Побудовано теоретико-множинну модель прийняття педагогічного рішення.

Тверезовський В.С. Проектування вимірювача добротності варикапів / В.С. Тверезовський, Р.В. Бараненко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 62 – 65.

Проведено аналіз вимірювачів добротності напівпровідникових приладів, на підставі якого для усунення недоліків існуючих пристроїв розроблений прилад для вимірювання добротності варикапів з розширеними функціональними можливостями.

Богданов О.В. Релаксація зворотного струму діодів Шотткі після їхньої магнітно-імпульсної обробки (МІО) / О.В. Богданов, А.П. Бень, С.І. Хойна // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 66 – 68.

Надійність роботи всіх напівпровідникових приладів у першу чергу залежить від якості ізоляції p-n - переходу й інших елементів приладів. МІО напівпровідникових приладів приводить до утворення нерівновагого заряду у всіх ізоляційних плівках, що легко виявляється по виниклій нестабільності його роботи або по характерному низькочастотному шумі. У даній роботі на основі проведених раніше авторами досліджень, аналізу літературних даних, а також по дослідженню довгострокової релаксації діодів Шотткі після їхньої МІО, зроблений висновок про можливість неруйнівного контролю і діагностики надійності роботи діодів методом їх МІО. Довгострокову релаксацію струму в роботі запропоновано пояснювати донорно-акцепторною рекомбінацією носіїв заряду.

Гордєєв Б.М. Формування зондуючих імпульсів для поліметричних вимірювальних систем / Б.М. Гордєєв, О.В. Зивенко, О.Г. Наконечний // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 69 – 72.

Розглянуті результати практичної роботи по зменшенню тривалості зондуючих імпульсів для вимірювальних поліметричних систем.

Дзюбаненко А. В. Організація комп'ютерних систем для аналізу зображень / А.В. Дзюбаненко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 73 – 77.

Традиційна аналогова техніка зв'язку повсюдно в світі замінюється досконалішою цифровою. Найважливіша перевага цифрової техніки - можливість цифрової обробки, передачі і зберігання інформації зокрема, візуальною. У зв'язку з цим цифрова обробка зображень зважаючи на її особливу важливість виділилася в самостійну область техніки. У цю область входять корекція зображень, їх "препарування", тобто свідоме розділення на частини цифровими засобами, видозміна цих частин і їх зворотна "збірка" в зображення, оцінка параметрів зображень з метою контролю якості їх передачі і прийому, перетворення і кодування зображень, комп'ютерна графіка, а також візуалізація інформації, тобто представлення масивів даних у вигляді різних зображень, що дуже ефективно, оскільки полегшує вирішення широкого класу складних абстрактних завдань.

Полякова М.В. Порогово-просторова сегментація кольорових текстурованих зображень на основі методу JSEG / М.В. Полякова, О.В. Іщенко, Е.І. Худайбердин // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 78 – 87.

Знижено погрішність визначення координат точок границь однорідних областей кольорових зображень методом сегментації JSEG шляхом модифікації J-перетворення. Удосконалений метод досліджено на тестових зображеннях і застосовано для сегментації кольорових цифрових фотознімків.

Ковальов О.І. Вимірювання у процесно-орієнтованих стандартах / О.І. Ковальов // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 88 – 95.

Аналізується сукупність різних аспектів якості функціонування підприємств і відповідних показників в умовах впровадження процесно-орієнтованих стандартів (стандарти ISO серій 9000, 14000, 22000, 28000, та ін.) Результати роботи можуть бути використані для формування системного підходу до вимірювань в системах управління підприємством. .

Бень А.П. Застосування комбінованих мережевих методів планування в судоремонтній галузі / А.П. Бень, О.В. Терещенкова // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 96 – 100.

В статті розглянуто проблему раціонального планування графіків виконання судноремонтних замовлень з метою скорочення термінів їх реалізації. Запропоновано застосування методу нечіткого критичного шляху для формування ремонтних графіків в умовах неповноти та неточності вихідних даних.

Богушевський В.С. Реалізація моделі управління конвертерною плавкою в системі прийняття рішень / В.С. Богушевський, В.Ю. Сухенко, К.О. Сергєєва, С.В. Жук // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 101 – 105.

Наведено технічне забезпечення АСК ТП конвертерної плавки як дворівневої системи керування. Розглянуті засоби уводу і обробки інформації, а також конфігурація обчислювального комплексу на кожному рівні.

Теленик С.Ф. Генетичні алгоритми вирішення задач управління ресурсами і навантаженням центрів оброблення даних / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов, С.А. Андросов // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 106 – 120.

У статті узагальнюється досвід розв’язання проблеми розподілу і управління навантаженням і ресурсами центрів оброблення даних. Аналізуються результати практичного впровадження комплексу математичних моделей і методів розв’язання проблеми розподілу і управління навантаженням і ресурсами для різних варіантів організації і технологій реалізації хостингу. Наводяться результати експериментального дослідження методів планування, управління і диспетчерування ресурсів і навантаження. За результатами впровадження і виконаних експериментів пропонуються модифікації розроблених моделей і варіант керованого генетичного алгоритму. Виконується порівняльний аналіз базового і керованого варіантів генетичного алгоритму щодо відхилення від оптимальних рішень та швидкодії.

Бойченко О.В. Оптимізація роботи інформаційно-телекомунікаційних систем спеціального призначення / О.В. Бойченко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 121 – 124.

Розглядаються питання проблематики застосування сучасних управлінських інформаційно-телекомунікаційних систем в діяльності органів внутрішніх справ. Запропонована математична модель оптимізації застосування відомчих інформаційно-пошукових систем через алгоритм пошуку найкоротшого шляху між структурними елементами інтегрованого банку даних МВС.

Клименко О.К. Про використання дискретної оберненої моделі в системах з інтегруючою ланкою / О.К. Клименко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 125 – 131.

Ідеальна обернена модель реального динамічного об'єкта фізично нездійсненна. Відомі технічні рішення наближеної дискретної моделі для сталих безперервних об'єктів, але вони нездійсненні для інтегруючої ланки. Розглядаються структурні перетворення слідкуючої системи, що забезпечують можливість здійснення оберненої моделі для об'єкта, до складу якого входить інтегруюча ланка.

Кочкарьов Ю.О. Ефективна схемотехніка цифрових вузлів елемента додавання кон'юнкції / Ю.О. Кочкарьов, С.О. Кущ, О.М. Панаско // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 132 – 136.

В статті досліджено працездатність елементів додавання кон'юнкцій для Ріда-Мюллерівської форми представлення логічних функцій на 2, 4 та 8 входів. Показано, що запропоновані схеми ЕДК працездатні, мають достатню швидкодію і можуть бути застосовані в інженерній практиці в рамках «концепції ОФП».

Долина В.Г. Синтез складної багатовимірної системи управління випарною станцією на основі рефрактометричних вимірювань / В.Г. Долина, А.В. Писаренко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 137 – 140.

В статті запропоновано вирішення проблеми синтезу системи управління випарною станцією на базі її лінеаризованої моделі з використанням модального регулятора на основі рефрактометричних вимірювань вмісту сухих речовин у вихідній рідині. Отримано модель системи управління випарною станцією.

Завальнюк І.П. Управління високопродуктивною екструзією неоднорідних матеріалів / І.П. Завальнюк // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 141 – 147.

У статті розроблений алгоритм управління високопродуктивною екструзією неоднорідних матеріалів. Запропоновано варіювати параметрами ультразвука, що інтенсифікує процес, для утримання потоку на межі зриву. Велика увага приділена моделюванню систем управління в програмі MATLAB.

Краснов В.О. Аналіз флуктуацій розміру зростаючого кристала (на прикладі легованих монокристалів кремнію, що витягаються з розплаву по методу Чохральського) / В.О. Краснов, А.В. Прохорович, С.В. Шутов, О.М. Деменский // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 148 – 156.

У даній роботі проведено аналіз флуктуацій діаметра злитків у процесі витягування на прикладі технологічного процесу витягування з розплаву злитків монокристалічного кремнію методом Чохральського. Запропоновано феноменологічний підхід, який дозволив встановити на кількісному рівні зв'язок діаметру кристала з основними технологічними параметрами процесу витягування й фізико–хімічними характеристиками матеріалу. Результати роботи можуть бути використані при розробці АСКТП витягування злитків монокремнію з розплаву.

Бойченко О.В. Інформаційно-аналітична система моніторингу господарської діяльності підприємства / О.В. Бойченко, Л.Ф. Яценко, Ю.В. Яловенко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 157 – 164.

Розглядаються проблеми використання управлінських інформаційних систем в сучасній господарській діяльності підприємств. Встановлено перелік причин, що ускладнюють порядок використання інформаційно-аналітичних систем. Розроблені принципи побудови моделі інформаційно-аналітичної системи моніторингу господарської діяльності підприємства і алгоритмічне рішення цієї задачі.

Портянко Т. М. Формування інтегрованої моделі системи менеджменту якості на підприємствах фармацевтичної промисловості / Т.М. Портянко // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2010. – № 1(25). – С. 165 – 168.

Розроблена інтегрована модель системи менеджменту якості на підприємствах фармацевтичної промисловості на прикладі ДП «Черкаси-Фарма», яка враховує ряд послідовних етапів: постійне покращення продукції, постійне покращення системи менеджменту якості на основі впровадження інноваційних технологій, враховуючи вимоги стандарту ISO 9001.

 ISSN 2076-2887

АННОТАЦИИ

Голинко И.М. Настройка системы управления по импульсной характеристике объекта / И.М. Голинко, Ю.М. Ковриго, А.И. Кубрак // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 6 – 10.

В статье рассматривается метод расчета переходных процессов в непрерывной системе управления по импульсной характеристика объекта. Метод позволяет использовать в качестве динамических свойств объекта управления его импульсную характеристику. Предложенный подход позволяет исключить этап аппроксимации в расчетах системы управления, что позволяет уменьшить ошибку моделирования за счет субъективности выбора структуры аппроксимирующей зависимости. Метод может использоваться специалистами по автоматизации для анализа и настройки непрерывных систем управления.

Дорошкевич В. К. К определению требований к системам увода космических объектов / В.К. Дорошкевич, А.В. Пироженко, А.В. Хитько, П.Г. Хорольский // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 11 – 17.

Статья посвящена формированию требований к системам увода с рабочих орбит в безопасные области космических аппаратов (КА), завершивших свое активное существование. Проведен анализ по массам и орбитам запусков КА, выведенных или предполагаемых к запуску в 2006..2011 гг. Показано совпадение существующих и прогнозируемых тенденций запусков. Проанализированы требования к системам увода. Определен критерий их оптимальности – минимум затрат на выполнение задачи – и определяющие его факторы. Определены требования к маневрам увода, собственно маневры и их привязка к различным орбитам. Оценены ожидаемые затраты энергетики для их реализации в виде требуемых запасов характеристической скорости. .

Китаев А.В. Анализ работы синхронного двигателя с неявнополюсным ротором по данным каталога / А.В. Китаев, В.И. Глухова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 18 – 25.

В работе показано, что приведенных в каталогах данных на синхронные двигатели вполне достаточно для разработки алгоритма определения параметров схемы замещения и основных показателей работы, построения векторной диаграммы и характеристик. Установлено также, что угол θ является удобным переменным параметром, в функции которого выгодно строить не только зависимость момента, но и остальные показатели: ток, мощность, к.п.д. и т.п., используя относительные значения. В таком случае процесс расчета семейства рабочих характеристик можно свести к операции перестроения.

Носов П.С. Нечеткие модели и методы идентификации и прогноза состояния информационной модели студента / П.С. Носов, Ю.И. Косенко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 26 – 30.

В данной работе рассмотрены основные принципы и комбинации применения математических моделей направленных на решение проблемы выявления связей между инженерными и специальными дисциплинами в ходе подготовки студентов. Использование моделей направлено на формализацию и упорядочение базы знаний ИМС. Применение экспертной системы поддержки принятия решений даст возможность уменьшить субъективное влияние на подготовку студентов, а также повысить информативность учебного процесса.

Ладиева Л.Р. Математическая модель процесса газовой мембранной дистилляции / Л.Р. Ладиева // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 31 – 35.

Представлена математическая модель процесса газовой мембранной дистилляции. При создании математической модели процесса использовали подход, который применили при разработке математической модели процесса контактной мембранной дистиляции. Механизм переноса тепла через мембрану с паром и через структуру мембраны описывался с учетом изменения скорости и температуры пара в порах мембраны. Методика численного расчета построена на основе метода конечних обьемов и алгоритма сегрегации.

Ляшенко С.А Оценка модели псевдолинейной регрессии / С.А Ляшенко, А.С. Ляшенко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 36 – 40.

Рассмотрены проблемы автоматизированных систем управления технологическими процессами в сахарном производстве. Исследованы алгоритмы оценивания параметров математической модели сложных динамических объектов и процессов. Предложен комбинированный модифицированный алгоритм, обладающий хорошими фильтрующими свойствами. Применение в предложенном алгоритме дополнительной положительно определенной матрицы позволяет обеспечить устойчивость процесса оценивания.

Передерий В.И. Алгоритм определения и оценки характеристик эффективности компьютерных систем на начальной стадии проектирования в условиях неопределенности / В.И. Передерий // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 41 – 45.

В работе предложена разработка алгоритма и диалогового интерфейса расчета характеристик эффективности на начальной стадии проектирования целевых компьютерных систем. Предложен способ оценки степени принадлежности этих характеристик, при условиях максимально удовлетворяющих информационные потребности разного уровня пользователей.

Войтенко В.В. Определение частоты среза устройства сглаживания данных на основе метода скользящего среднего / В.В. Войтенко, Е.В Дикусар, В.С. Ситников // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 46 – 51.

В работе проведен частотный анализ устройства приглаживания данных на основе метода скользящего среднего. Показана невозможность аналитического определения частоты среза АЧХ пристрою приглаживание. Предложен подход, на основе численных методов, для определения этой частоты табличный. Определены абсолютная и относительная погрешности вычисления частоты среза.

Славко Е.Г. Сравнительный анализ управления регулятором на основе локальной модели управляемого процесса и П-регулятором / Е.Г. Славко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 52 – 58.

Рассмотрена задача стабилизации системы управления регулятором на основе синтеза локальной модели управляемого процесса (ЛМУП) по активно-резонансному алгоритму управления при малой априорной информации об управляемом процессе. Построены имитационные модели системы управления с регулятором на основе ЛМУП и пропорциональным (П) регулятором. Разработана методика проведения сравнительного анализа управления регулятором на основе ЛМКП и П-регулятором. Проведен сравнительный анализ стабилизации объекта управления регулятором на основе ЛМКП и П-регулятором.

Соколов А.Е. Моделирование процесса принятия педагогического решения при компьютеризированном обучении / А.Е. Соколов, Е.О. Махова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 59 – 61.

Предложено рассмотреть полезность альтернативы при принятии педагогического решения как функцию от характеристик обучаемого, задаваемых его моделью. Построена теоретико-множественная модель принятия педагогического решения.

Тверезовский В.С. Проектирование измерителя добротности варикапов / В.С. Тверезовский, Р.В. Бараненко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 62 – 65.

Проведен анализ измерителей добротности полупроводниковых приборов, на основании которого для устранения недостатков существующих устройств разработано устройство для измерения добротности варикапов с расширенными функциональными возможностями.

Богданов А.В. Релаксация обратного тока диодов Шоттки после их магнитно-импульсной обработки (МИО) / А.В. Богданов, А.П. Бень, С.И. Хойна // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 66 – 68.

Надёжность работы всех полупроводниковых приборов в первую очередь зависит от качества изоляции p-n - перехода и других элементов приборов. МИО полупроводниковых приборов приводит к образованию неравновесного заряда во всех изоляционных плёнках, который легко обнаруживается по возникшей нестабильности его работы или по характерному низкочастотному шуму. В данной работе на основе проведённых ранее авторами исследований, анализа литературных данных, а также по исследованию долговременной релаксации диодов Шоттки после их МИО, сделан вывод о возможности неразрушающего контроля и диагностики надёжности работы диодов методом их МИО. Долговременную релаксацию тока в работе предложено объяснять донорно-акцепторной рекомбинации носителей заряда.

Гордеев Б.Н. Формирование зондирующих импульсов для полиметрических измерительных систем / Б.Н. Гордеев, А.В. Зивенко, А.Г. Наконечный // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 69 – 72.

Рассмотрены результаты практической работы по уменьшению длительности зондирующих импульсов для полиметрических измерительных систем.

Дзюбаненко А. В. Организация компьютерных систем для анализа изображений / А. Дзюбаненко, В. // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 73 – 77.

Традиционная аналоговая техника связи повсеместно в мире заменяется более совершенной цифровой. Важнейшее преимущество цифровой техники - возможность цифровой обработки, передачи и хранения информации в частности, визуальной. В связи с этим цифровая обработка изображений ввиду ее особой важности выделилась в самостоятельную область техники. В эту область входят коррекция изображений, их "препарирование", т.е. сознательное разделение на части цифровыми средствами, видоизменение этих частей и их обратная "сборка" в изображение, оценка параметров изображений с целью контроля качества их передачи и приема, преобразование и кодирование изображений, компьютерная графика, а также визуализация информации, т.е. представление массивов данных в виде различных изображений, что очень эффективно, так как облегчает решение широкого класса сложных абстрактных задач.

Полякова М.В. Порогово-пространственная сегментация цветных текстурированных изображений на основе метода JSEG / М.В. Полякова, А.В. Ищенко, Э.И. Худайбердин // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 78 – 87.

Снижена погрешность определения координат точек границ однородных областей цветных изображений методом сегментации JSEG путем модификации J-преобразования. Усовершенствованный метод исследован на тестовых изображениях и применен для сегментации цветных цифровых фотоснимков.

Ковалёв А.И. Измерение в процесно-ориентированных стандартах / А.И. Ковалёв // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 88 – 95.

Анализируется совокупность различных аспектов качества функционирования предприятий и соответствующих показателей в условиях внедрения процессно-ориентированных стандартов (стандарты ISO серий 9000, 14000, 22000, 28000, и др.). Результаты работы могут быть использованы для формирования системного подхода к измерениям в системах управления предприятием.

Бень А.П. Применение комбинированных сетевых методов планирования в судоремонтной отрасли / А.П. Бень, О.В. Терещенкова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 96 – 100.

В статье рассмотрена проблема рационального планирования графиков выполнения судоремонтных заказов с целью сокращения времени их реализации. Предложено использование метода нечеткого критического пути для формирования ремонтных графиков в условиях неполноты и неточности исходных данных.

Богушевский В.С. Реализация модели управления конвертерной плавкой в системе принятия решений / В.С. Богушевский, В.Ю. Сухенко, Е.А. Сергеева, С.В. Жук // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 101 – 105.

Приведено техническое обеспечение АСУ ТП конвертерной плавки как двухуровневой системы управления. Рассмотрены средства ввода и обработки информации, а также конфигурация вычислительного комплекса на каждом уровне.

Теленик С.Ф. Генетические алгоритмы решения задач управления ресурсами и нагрузкой центров обработки данных / С.Ф. Теленик, А.И. Ролик, М.М. Букасов, С.А. Андросов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 106 – 120.

В статье обобщается опыт решения проблемы распределения и управления нагрузкой и ресурсами центров обработки данных. Анализируются результаты практического внедрения комплекса математических моделей и методов решения проблемы распределения и управления нагрузкой и ресурсами для разных вариантов организации и технологий реализации хостинга. Приводятся результаты экспериментального исследования методов планирования, управления и диспетчерування ресурсов и нагрузки. По результатам внедрения и выполненных экспериментов предлагаются модификации разработанных моделей и вариант управляемого генетического алгоритма. Выполняется сравнительный анализ базового и управляемого вариантов генетического алгоритма относительно отклонения от оптимальных решений и быстродействия.

 ISSN 2076-2887

Бойченко О.В. Оптимизация работы информационно телекоммуникационных систем специального назначения / О.В. Бойченко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 121 – 124.

Рассматриваются вопросы проблематики применения современных управленческих информационно телекоммуникационных систем в деятельности органов внутренних дел. Предложена математическая модель оптимизации применения ведомственных информационно-поисковых систем через алгоритм поиска кратчайшего пути между структурными элементами интегрированного банка данного МВД.

Клименко А.К. Об использовании дискретной обратной модели в системах с интегрирующим звеном / А.К. Клименко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 125 – 131.

Идеальная обратная модель реального динамического объекта физически неосуществима. Известны технические решения приближенной дискретной модели для устойчивых непрерывных объектов, но они неосуществимы для интегрирующего звена. Рассматриваются структурные преобразования следящей системы, обеспечивающие возможность осуществления обратной модели для объекта, в состав которого входит интегрирующее звено.

Кочкарёв Ю.А. Еффективная схемотехника цифровых узлов элемента суммирования конъюнкции / Ю.А. Кочкарёв, С.А. Кущ, Е.Н. Панаско // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 132 – 136.

В статье исследовано работоспособность элементов суммирования конъюнкции для Рида-Мюллеровской форме представления логических функций на 2, 4 и 8 входов. Показано, что предложенные схемы ЕСК работоспособные, имеют достаточное быстродействие и могут применятся в инженерной практике в рамках «концепции ОФП».

Долина В.Г. Синтез сложной многомерной системы управления выпарной станцией на основе рефрактометрических измерений / В.Г. Долина, А.В. Писаренко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 137 – 140.

В статье предложено решение проблемы синтеза системы управления выпарной станцией на базе ее линеаризованной модели с использованием модального регулятора на основе рефрактометрических измерений содержания сухих веществ в выходящей жидкости. Получено модель системы управления выпарной станцией.

Завальнюк И.П. Управление высокопроизводительной экструзией неоднородных материалов / И.П. Завальнюк // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 141 – 147.

В статье разработан алгоритм управления высокопроизводительной экструзией неоднородных материалов. Предложено варьировать параметрами ультразвука, интенсифицирующего процесс, для удержания потока на границе срыва. Большое внимание уделено моделированию систем управления в программе MATLAB.

Краснов В. А. Анализ флуктуаций размера растущего кристалла (на примере легированных монокристаллов кремния, вытягиваемых из расплава по методу Чохральского) / В.А. Краснов, А.В. Прохорович, С.В. Шутов, А.Н. Деменский // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 148 – 156.

В данной работе проведен анализ флуктуаций диаметра слитков в процессе вытягивания на примере технологического процесса вытягивания из расплава слитков монокристаллического кремния методом Чохральского. Предложен феноменологический подход, который позволил установить на количественном уровне связь диаметра кристалла с основными технологическими параметрами процесса вытягивания и физико-химическими характеристиками материала. Результаты работы могут быть использованы при разработке АСУТП вытягивания слитков монокремния из расплава.

Бойченко О.В. Информационно-аналитическая система мониторинга хозяйственной деятельности предприятия / О.В. Бойченко, Л.Ф. Яценко, Ю.В. Яловенко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 157 – 164.

Рассматриваются проблемы использования информационных управляющих систем в современной хозяйственной деятельности предприятий. Установлен перечень причин усложняющих порядок использования информационно-аналитических систем. Разработаны принципы построения модели информационно-аналитической системы мониторинга хозяйственной деятельности предприятия и алгоритмическое решение этой задачи.

Портянко Т. М. Формирование интегрированной модели системы менеджмента качества на предприятиях фармацевтической промышленности / Т.М. Портянко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – № 1(25). – С. 165 – 168.

Разработана интегрированная модель системы менеджмента качества на предприятиях фармацевтической промышленности на примере ДП «Черкаси-Фарма», которая учитывает ряд последовательных этапов: постоянное улучшение продукции, постоянное улучшение системы менеджмента качества, на основе внедрения инновационной технологии, учитывая требования стандарта ISO 9001.

 ISSN 2076-2887

SUMMARY

Golinko I.M. Tuning of the control system using the pulse characteristic of the plant / I.M. Golinko, Yu.M. Kovrigo, A.I. Kubrak // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 6 – 10.

The continuous control system transients calculation method basis pulse characteristic is examined. The method allows to use pulse characteristic as dynamic properties of plant. The offered approach allows excluding a stage of approximation in calculations of a control system and reducing modelling error due to subjectivity of approximation structure choice. The method can be used by experts on automation for the continuous control systems analysis and tuning.

Doroshkevich V.K. To determination of requirements to the systems of withdrawal of space objects / V.K. Doroshkevich, A.V. Pirozhenko, A.V. Khit'ko, P.G. Khorol'skiy // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 11 – 17.

Article is devoted formation of requirements to systems of withdrawal from working orbits in safe areas of spacecrafts (SC), finished the active existence. The analysis on weights and orbits of starts SC deduced or assumed to start in 2006...2011 is carried out. Coincidence of existing and predicted tendencies of starts is shown. Requirements to withdrawal systems are analysed. The criterion of their optimality – a minimum of expenses for problem performance – and factors defining it is defined. Requirements to withdrawal maneuvers, actually maneuvers and their binding to various orbits are defined. Expected expenses of power for their realisation in the form of demanded stocks of characteristic velocity are estimated.

Kitaev A.V. Analysis of work of a synchronous motor with a cylindrical rotor according to catalogue data / A.V. Kitaev, V.I. Glukhova // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 18 – 25.

In this work it was shown that synchronous motor catalogue data are enough for development of the algorithm of both defining of the equivalent circuit parameters and basic work indices, building of the vector diagram and characteristics. Also it was ascertained that the angle θ is a convenient variable parameter, which can be as argument not only for moment dependence but for current, power, efficiency, etc. using relative values. In this case the calculation process of the set of curves can be turned into the realignment operation. .

Nosov P.S. Unclear models and methods of authentication and prognosis of the state of informative model of student / P.S. Nosov, Yu.I. Kosenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 26 – 30.

In this work basic principles and combinations of application of mathematical models of directed are considered on the decision of problem of exposure of connections between engineerings and special disciplines during preparation of students. The use of models is directed on formalization and organization of base of knowledges of IMS. Application of consulting model of support of making a decision will enable to decrease subjective influence on preparation of students, and also to promote informing of educational process.

Ladieva L.R. Mathematical model of process gas membrane distillations / L.R. Ladieva // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 31 – 35.

A mathematical model of the gas membrane distillation. When you create a mathematical model of an approach that used in the development of a mathematical model of the contact membrane distillation. The mechanism of heat transfer through the membrane with steam and through the structure of the membrane described in the light of changes in velocity and temperature of steam in the pores of the membrane. The method of numerical calculation is based on the method of finite volumes and the algorithm of segregation.

Lyashenko S.A. Evaluation model of the pseudo regression / S.A. Lyashenko, A.S. Lyashenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 36 – 40.

The problems of automated process control systems in sugar production. We investigate algorithms for the estimation of parameters of mathematical models of complex dynamic objects and processes. A combined modified algorithm with good filtering properties. Application of the proposed algorithm, an additional positive definite matrix to ensure the sustainability evaluation process.

Perederiy V.I. Algorithm of determination and estimation of descriptions of efficiency of the computer systems on the initial stage of planning in the conditions of vagueness / V.I. Perederiy // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 41 – 45.

Development of algorithm and dialog interface of calculation of descriptions of efficiency on the initial stage of planning of the target computer systems is offered in work. The method of estimation of degree of belonging of these descriptions is offered , on conditions of maximally satisfying the informative needs of a different level of users.

Voytenko V.V. Determination of frequency of cut of device of smoothing out of information on the basis of method sliding middle / V.V. Voytenko, E.V Dikusar, V.S. Sitnikov // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 46 – 51.

The frequency analysis of device of smoothing out of information is in-process conducted on the basis of method of sliding middle. Impossibility of analytical determination of frequency of cut of gain-frequency characteristic of device of smoothing out is rotined. Offered approach, on the basis of numeral methods, for determination to this the frequency tabularly. The absolute and relative errors of calculation of frequency of cut are certain.

Slavko O.G. Comparative analysis of a controlling by the regulator based on the controlled process local model and by the P-controller / O.G. Slavko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 52 – 58.

The task of control system stabilization by the regulator based on the controlled process local model (CPLM) in the active resonance control algorithm in case of low a priori information about the controlled process is examined. The control system simulation models with the regulator based on the CPLM and the proportional (P) controller are developed. The procedure of a comparative analysis implementation of controlling by the regulator based on the CPLM and the P-controller is developed. The comparative analysis of the controlled object stabilization by the regulator based on the CPLM and the P-controller is done.

Sokolov A.E. Modeling pedagogical decision-making process in computer-based training / A.E. Sokolov, E.A. Makhova // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 59 – 61.

Asked to consider the usefulness of alternatives in making pedagogical decisions as a function of the characteristics of the student, asked his model. We construct a set-theoretic model of pedagogical decision-making.

Tverezovsky V.S. The designing of the device for measurement of varicap's parameters / V.S. Tverezovsky, R.V. Baranenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 62 – 65.

The analysis of the devices for measurement of semiconductor instrument's parameters is made, on the grounds of which for eliminating defect of existing devices the device for measurement of varicap's parameters with extended functional possibilities is designed.

Bogdanov A.V. Relaxation of the reverse current of Schottky diodes after magnetic-pulse treatment (MPT) / A.V. Bogdanov, A.P Ben, S.I. Khona // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 66 – 68.

The reliability of all semiconductor devices primarily depends on the quality of isolation p-n - junction and the other elements of the devices. MPT semiconductor devices leads to the formation of nonequilibrium charge in all insulating films, which can be easily detected at arisen instability of its work or by the characteristic low frequency noise. In this paper, on the basis of earlier studies by the authors, analysis of published data, as well as long-term relaxation of the study of Schottky diodes after the MPT, the conclusion about possibility of nondestructive testing and diagnostic reliability of the diodes by the method of the MPT. Long-term relaxation of current in the work proposed to explain the donor-acceptor recombination of carriers.

Gordeev B.N. Forming of soundings impulses for the polymetric measuring systems / B.N. Gordeev, A.V. Zivenko, A.G. Nakonechnyy // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 69 – 72.

Practical results of shortening probing impulse duration for polymetric measuring systems are considered.

Dzyubanenko A.V. Organization of the computer systems is for the analysis of images / A.V. Dzyubanenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 73 – 77.

At the same time, traditional analog communication technology throughout the world is replaced by more advanced digital. A major advantage of digital technology - to digital processing, transmission and storage of information in particular, visual. In connection with this digital image processing because of its particular importance in a separate area of technology. This region includes image correction, their "dissection", ie deliberate on the part of the division of digital media, modification of these parts and their back "assembly" in the image, evaluation of image parameters in order to control the quality of their transmission and reception, conversion and coding of images, computer graphics, and visualization of information, ie representation of data in the form of various images, which is very efficient because it facilitates the solution of a broad class of complex abstract tasks.

Polyakova M.V. Threshold-spatial segmentation of the coloured texturized images on the basis of method of JSEG / M.V. Polyakova, A.V. Ischenko, E.I. Khudayberdin // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 78 – 87.

The error of determination of coordinates of homogeneous regions boundaries pixels is declined for JSEG method of images color segmentation by the J-transform modification. Improved method is researched on the test images and is used for processing of color digital images.

Kovalev A.I. Measuring is in the process-oriented standards / A.I. Kovalev // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 88 – 95.

It is analyzed complex of different aspects of enterprises function's quality and corresponding indexes in conditions of adoption the process-oriented standards (ISO series 9000, 1000, 14000, 22000, 28000 and others). The results can be used for forming the systematic approach to estimation in control systems by enterprise.

Ben A.P. Application of combined network planning methods in ship repair industry / A.P. Ben, O.V. Tereschenkova // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 96 – 100.

In article the problem of rational planning of schedules of performance of ship-repair orders is considered with the purpose of reduction of time of their realization. Use of a method of an indistinct critical way for formation of repair schedules in conditions of incompleteness and discrepancy of the initial data is offered.

Bogushevskiy V.S. Realization of case the converter melting frame is in the system of making a decision / V.S. Bogushevskiy, V.Yu. Sukhenko, E.A. Sergeeva, S.V. Zhuk // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 101 – 105.

The hardware for industrial control of converter fusing in bimodal control system is described. Tools of information input and processing are considered. Also, the configuration of computer system on each level is viewed.

Telenik S.F. Genetic algorithms of decision of tasks of management resources and loading of centers of processing of data / S.F. Telenik, A.I. Rolik, M.M. Bukasov, S.A. Androsov // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 106 – 120.

Experience of decision of problem of distributing and management loading and resources of centers of processing of data is summarized in the article. The results of practical introduction of complex of mathematical models and methods of decision of problem of distributing and management loading and resources are analysed for the different variants of organization and technologies of realization of khostinga. Results over of experimental research of methods of planning, management and dispetcheruvannya resources and loading are brought. On results introduction and executed experiments modifications of the developed models and variant of the guided genetic algorithm are offered. The comparative analysis of base and guided variants of genetic algorithm is executed in relation to deviation from optimum decisions and fast-acting.

Boychenko O.V. Optimization of work of the informatively telecommunication systems of the special setting / O.V. Boychenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 121 – 124.

The questions of problems of application of the modern administrative informative-telecommunication systems in activity of organs of internal affairs are examined. The mathematical model of optimization of the department informative-search systems usage through the algorithm of search of the shortest way between the structural elements of computer-integrated data bank of the MIA is offered.

Klimenko A.K. About using the discrete return model in systems with an integrating part / A.K. Klimenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 125 – 131.

The ideal return model of real dynamic object is physically impracticable. Technical realizations of the approximate discrete model for stable continuous objects are known, but they are impracticable for an integrating part. The structural transformations of watching system, providing the possibility of realization of return model for object, which structure has an integrating part, are considered.

Kochkarev Yu.O. Effective summation unit of conjunction circuitry in digital blocks / Yu.O. Kochkarev, S.O. Kushch, O.M. Panasko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 132 – 136.

In article working capacity of summation units of conjunction for Read-Muller representation form of logical functions on 2, 4 and 8 inputs is researched. It is shown that offered circuits are efficient, have sufficient speed and can be applied in engineering practice.

Dolina V.G. A synthesis of difficult multidimensional control the system by the evaporating station is on the basis of the refractometric measuring / V.G. Dolina, A.V. Pisarenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 137 – 140.

In the article problem solution of control system synthesis by the evaporating station is offered on the base of it the linearized model with using of modal regulator on the basis of the refractometric measuring of solids content in an initial liquid. The evaporating station control system model is got.

Control of the high-performance extrude of non-homogeneous materials / Zavalnyuk, I.P. // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 141 – 147.

The algorithm of management the high-performance extrude of non-homogeneous materials is developed in the article. It is suggested to vary the parameters of ultrasound, intensifying a process, for withholding of stream on the border of derangement. Large attention is spared the design of control the system in the program MATLAB.

Krasnov V.A. Analysis of fluctuations of size of growing crystal (on the example of the alloyed single-crystals of silicon, drawn out from fusion by Chokhral'ski method) / V.A. Krasnov, A.V. Prokhorovich, S.V. Shutov, A.N. Demenskiy // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 148 – 156.

The paper contains the results of analysis of ingots diameter fluctuations in the process of their pulling on the example of technological process of pulling single-crystal silicon ingots from melt by Czochralski method. A phenomenological approach has been proposed which allowed to determine quantitatively the connection between crystal diameter and basic technological parameters of the process of pulling as well as physicochemical characteristics of material. The results of the work may be used in development of automatic systems of technological process control for the process of pulling of silicon single crystal ingots from melt.

Boychenko O.V. Informative analytical system of monitoring of economic activity of enterprise / O.V. Boychenko, l.F. Yacenko, Yu.V. Yalovenko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 157 – 164.

The problems of the use of the informative sensor-based systems are examined in modern economic activity of enterprises. The list of reasons is set complicative the order of the use of the informatively-analytical systems. Principles of construction of model of the informatively-analytical system of monitoring of economic activity of enterprise and algorithmic decision of this task are developed.

Portyanko T.M. Forming of computer-integrated model of the system of management of quality is on the enterprises of pharmaceutical industry / T.M. Portyanko // Automatic. Automation. Electrical engineerings complexes and systems. – 2010. – № 1(25). – P. 165 – 168.

The computer-integrated model of the system of management of quality is developed on the enterprises of pharmaceutical industry on the example of DP «Cherkasi-Pharma», which takes into account the row of the successive stages: permanent improvement of products, permanent improvement of the system of management of quality, on the basis of introduction of innovative technologies, taking into account the requirements of standard of ISO 9001.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Андросов С.А. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Бараненко Р.В. – Кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету.

Бень А.П. – Кандидат техн. наук, доцент, проректор по науково-педагогічній роботі, Херсонський Державний морський інститут.

Богданов О.В. – Кандидат фізико-математичних наук, в.о. доцента, Херсонська філія Європейського університету.

Богушевський В.С. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Бойченко О.В. – Кандидат технічних наук, доцент; професор кафедри оперативно-розшукової діяльності та спеціальної техніки Кримського юридичного інституту Одеського державного університету внутрішніх справ.

Букасов М.М. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Войтенко В.В. – Старший викладач кафедри «Вищої математики і комп'ютерного моделювання», Одеський національний політехнічний університет.

Глухова В.І. – Старший викладач кафедри енергетики і електротехніки Херсонського національного технічного університету.

Голінко І.М. – Кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації теплоенергетичних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Гордєєв Б.М. – Кандидат технічних наук. доцент кафедри морського приладобудування, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова.

Деменский О.М. – Аспірант відділення оптоелектроніки Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова Національної академії наук України.

Дзюбаненко А. В. – Аспірант кафедри інформаційних технологій, Національний авіаційний університет, м. Київ.

Дикусар К.В – Асистент кафедри «Комп'ютерні системи», Одеський національний політехнічний університет.

Долина В.Г. – Кандидат технічних наук, ассистент кафедри АУТС Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»; м. Київ.

Дорошкевич В.К. – Кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник Інституту технічної механіки НАНУ і НКАУ.

Жук С.В. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Завальнюк І.П. – Асистент кафедри «Технічна кібернетика», Херсонський національний технічний університет.

Зивенко О.В. – Молодший науковий співробітник, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова.

 ISSN 2076-2887

Іщенко О.В. – Асистент кафедри прикладної математики і інформаційних технологій в бізнесі, Інститут бізнесу, економіки і інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Китаєв О.В. – кандидат технічних наук, професор кафедри енергетики і електротехніки Херсонського національного технічного університету.

Клименко О.К. – Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж Бердянського державного педагогічного університету.

Ковальов О.І. – Кандидат технічних наук, начальник відділу управління проектами ВАТ ЕК «Хмельніцкобленерго».

Ковриго Ю.М. – Кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизації теплоенергетичних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Косенко Ю.І. – Одеський національний політехнічний університет.

Кочкарьов Ю.О. – Доктор технічних наук, член-кореспондент Інженерної академії України, Академії наук Технологічної кібернетики України; професор кафедри інформатики та інформаційної безпеки Черкаського державного технологічного університету.

Краснов В.О. – Доктор технічних наук, старший науковий співробітник лабораторії № 23 Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова Національної академії наук України.

Кубрак А.І. – Кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизації хімічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Кущ С.О. – Асистент кафедри інформатики та інформаційної безпеки Черкаського державного технологічного університету.

Ладієва Л.Р. – Кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автоматизація хімічних виробництв», інженерно-хімічний факультет, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Ляшенко О.С. – Фахівець 1-ої категорії центру дистанційного навчання, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка.

Ляшенко С.О. – Кандидат технічних наук, доцент кафедри «Безпека життєдіяльності», Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка.

Махова О.О. – Аспірант кафедри економічної кібернетики Херсонського національного технічного університету.

Наконечний О.Г. – Інженер ТОВ «АМІКО-ОЙЛ».

Носов П.С. – Одеський національний політехнічний університет.

Панаско О.М. – Старший викладач кафедри інформатики та інформаційної безпеки Черкаського державного технологічного університету.

Передерій В.І. – Кандидат технічних наук, доцент; Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова.

Пироженко О.В. – Доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, ведучий науковий співробітник Інституту технічної механіки НАНУ і НКАУ.

Писаренко А.В. – Старший викладач кафедри АУТС Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»; м. Київ.

Полякова М.В. – Кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної математики і інформаційних технологій в бізнесі, Інститут бізнесу, економіки і інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Портянко Т. М. – Викладач кафедри органічної хімії, якості і стандартизації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Прохорович А.В. – Доктор фізико-математичних наук, професор, ведучий науковий співробітник відділу 27 Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова Національної академії наук України.

Ролік О.І. – Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри Автоматики та управління в технічних системах Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Сергєєва К.О. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Ситников В.С. – Доктор технічних наук, професор кафедри «Комп'ютерні системи», Одеський національний політехнічний університет.

Славко О.Г. – Аспірант, асистент кафедри комп’ютерних та інформаційних систем Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського.

Соколов А.Є. – Аспірант кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету.

Сухенко В.Ю. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Тверезовський В.С. – Кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету.

Теленик С.Ф. – Доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою Автоматики та управління в технічних системах Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Терещенкова О.В. – Старший викладач кафедри комп'ютерних технологій і мереж Херсонського державного морського інституту.

Хитько А.В. – Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, директор НДІ енергетики Дніпропетровського національного університету.

Хойна С.І. – Директор ДП «Дніпро-напівпровідники» ВАТ «Компанія «Дніпро»«.

Хорольський П.Г. – Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, ведучий науковий співробітник НДІ енергетики Дніпропетровського національного університету.

Худайбердин Е.І. – Магістр кафедри прикладної математики і інформаційних технологій в бізнесі, Інститут бізнесу, економіки і інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Шутов С.В. – Доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії № 23 Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова Національної академії наук України.

Яловенко Ю.В. – Головний спеціаліст відділу технагляду Міністерства культури та мистецтв Автономної Республіки Крим.

Яценко Л.Ф. – Кандидат хімічних наук; старший викладач кафедри соціальної інформатики РВНЗ «Кримський державний інженерно-педагогічний університет».

 ISSN 2076-2887

ДО УВАГИ АВТОРІВ ЖУРНАЛУ!

ВИМОГИ ДО РУКОПИСІВ СТАТЕЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ЖУРНАЛУ «АВТОМАТИКА. АВТОМАТИЗАЦІЯ. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА СИСТЕМИ»:

1. Тексти статей (до 10 стор.) представляються в електронному і друкованому вигляді. Анотації - на українській, російській і англійській мовах, експертний висновок про можливість публікації, рецензія. Відомості про авторів повинні включати: П.І.Б., адреса, телефони (домашній і службовий), місце роботи, науковий ступінь і звання, посада.
2. Статті повинні відображати (Постанова ВАК України № 7-06/1 від 15 січня 2003г.): постановку проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття; формулювання цілей статті; виклад основного матеріалу дослідження з обгрунтуванням отриманих наукових результатів; виводи і перспективи подальших досліджень в даному напрямі.
3. Матеріали, отримані некомплектно, оформлені недбало і не відповідно до справжніх правил, редколегією не розглядаються.
4. Автори представляють в редакцію текст статті і анотації у вигляді файлу формату Microsoft Word на електронному носієві або електронною поштою.

ВИМОГИ ДО ТЕКСТОВОГО ФАЙЛУ.

Сторінки: розмір листа - 210 х 297 мм (А4), без нумерації, без переносів.
Поля: зверху – 2 см, знизу – 2 см, справа – 2 см, зліва – 2,5 см.
Шрифт – Times New Roman. Інтервал – одинарний.
Матеріали представляються у наступному порядку:

- **УДК.** Шрифт – 12 пт., прописні. Абзац – без відступів, вирівнювання по лівому краю, інтервал після – 12 пт.
- **Назва статті.** Шрифт – 14 пт., прописні. Абзац – без відступів, вирівнювання по центру.

  Прізвища та ініціали авторів. Шрифт – 12 пт. Абзац – без відступів, вирівнювання по центру, інтервал до и після – 12 пт.
- **Текст статті.** Шрифт – 12 пт. Абзац – 1,25 см, вирівнювання по ширині.
- **Література.** Слово «ЛІТЕРАТУРА»: шрифт – 12 пт, прописні; абзац – без відступів, вирівнювання по центру, інтервал до -12 пт., після – 6 пт. Список джерел: нумерований список, шрифт – 12 пт.; абзац – 1,25 см, вирівнювання по ширині. Список джерел оформлюється згідно вимог ВАК Украіни.
- **Рисунки.** Формат – Рисунок Microsoft Word, об`єкт Corel raw (версія не старша за 10, текст повинен бути перетворено в криві) або точковий рисунок. Положення рисунку – в тексті. Під рисунком розташовується напис виду: «Рис. 1 Назва рисунку». Абзац – без відступів, вирівнювання по центру, інтервал до і після – 6 пт.
- **Формули.** Набираються в редакторі формул Microsoft Equation 3.0. Параметри налаштування редактора: звичайний - 12 пт., крупний індекс - 7 пт., дрібний індекс - 5 пт., крупний символ - 18 пт., дрібний символ - 12 пт. Абзац - без відступів, вирівнювання по центру. Праворуч від формули в дужках указується її порядковий номер.
- **Таблиці.** Формат - Microsoft Word або Excel. Над таблицею справа указується номер таблиці вигляду: «Таблиця 1». Нижче, по центру, розміщується її назва. Інтервал до і після - 6 пт.
- **Анотації.** Абзац - 1,25 см, вирівнювання по ширині, інтервал до і після - 6 пт. Анотації представляються на українській, російській і англійській мовах. Шаблон документа для оформлення матеріалів можна узяти на сайті http://aaecs.org

Редакція ААЕКС

Індекс 48389

Науково-технічний журнал для публикації приймає праці з наступних наукових напрямків:

- моделювання об`єктів і систем управління
- інформаційно-вимірювальні системи
- інформаційно-управляючі комплекси і системи
- оптимальне управління об`єктами та системами
- методи побудови адаптивних систем управління
- цифрові і дискретні системи управління
- сучасні технічні засоби, комплекси і системи
- енергетичний менеджмент
- економіка науково-техніченого прогресу

Науково-технічний журнал «Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи» запрошує до співпраці організації на взаємовигідних умовах. Журнал має загальнодержавну сферу розповсюдження.

Звертатись за адресою:

73008, м. Херсон, Бериславське шосе, 24
ХНТУ, Редакція журналу ААЕКС
Бражнику Олександру Михайловичу
т.: (0552) 552968, 326937
E-mail: aaecs@yandex.ru, app@kstu.edu.ua
Адреса в інтернеті: http://aaecs.org

Матеріали слід направляти в редакцію журналу за адресою:
73008, м. Херсон, Бериславське шосе, 24, ХНТУ, Редакція журналу ААЕКС
E-mail: aaecs@yandex.ru, app@kstu.edu.ua
Довідки за телефонами: (0552) 326937, 552968