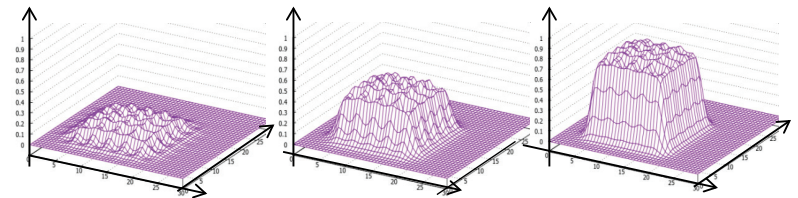
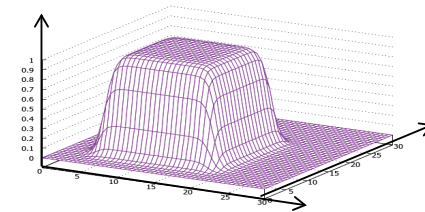


В. М. Дубовой, М. С. Юхимчук

**ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ КООРДИНАЦІЙНЕ  
КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ  
КІБЕР-ФІЗИЧНИМИ СИСТЕМАМИ  
З НЕПЕРЕРВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ**



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**В. М. Дубовой, М. С. Юхимчук**

**ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ КООРДИНАЦІЙНЕ  
КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ  
КІБЕР-ФІЗИЧНИМИ СИСТЕМАМИ З  
НЕПЕРЕРВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2022

УДК 681.513.54+681.518

Д-79

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол №16 від 25.06.2021 р.).

*Рецензенти:*

Р. Н. Кветний, доктор технічних наук, професор;

С. І. Осадчий, доктор технічних наук, професор.

Децентралізоване координаційне керування розподіленими кібер-Д-79 фізичними системами з неперервними об'єктами : монографія / В. М. Дубовой, М. С. Юхимчук – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 225 с.

ISBN 978-966-641-908-1

Монографія присвячена створенню теоретичних основ і прикладних засобів моделювання та дослідження процесів децентралізованого координаційного управління розподіленими кібер-фізичними системами з неперервними технологічними об'єктами.

**УДК 681.513.54+681.518**

**ISBN 978-966-641-908-1**

© В. Дубовой, М. Юхимчук, ВНТУ 2021

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
1 РОЗПОДІЛЕНІ КІБЕР-ФІЗИЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	8
1.1 Типи розподілених систем управління	8
1.2 Задачі керування РКФС	16
1.2.1 Керування системою пов'язаних об'єктів	16
1.2.2 Керування системою пов'язаних процесів	18
1.2.3 Керування станом неперервних розподілених технологічних об'єктів	19
1.3 Методи моделювання РКФС	20
1.3.1 Узагальнена модель РКФС	20
1.3.2 Модель елемента РКФС в умовах визначеності	23
1.3.3 Моделі РКФС в умовах невизначеності	30
1.4 Методи і системи керування на основі хмарних сервісів	36
1.4.1 Аналіз систем керування на основі хмарних сервісів	36
1.4.2 Мультиагентна і мікросервісна архітектура РКФС	40
2 ПРОБЛЕМА КООРДИНАЦІЇ В РКФС КЕРУВАННЯ	43
2.1 Стан досліджень з проблеми координаційного управління	43
2.1.1 Задачі координаційного управління	43
2.1.2 Критерії координації	47
2.1.3 Архітектура систем координаційного управління	53
2.1.4 Методи координації	58
2.2 Теоретичні основи координації	64
2.2.1 Ієрархічна координація	64
2.2.2 Лінійна координація	68
2.2.3 Децентралізована (однорівнева) координація	73
2.2.4 Інформаційний аспект координації	78
2.3 Хаос і координація	80
3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЯК ОСНОВА КООРДИНАЦІЇ КЕРУВАННЯ РКФС	85
3.1 Підходи до прогнозування в РКФС	86
3.1.1 Класифікація задач і методів прогнозування	86
3.1.2 Експертні методи прогнозування	88

3.1.3	Формалізовані методи прогнозування часових рядів	89
3.1.4	Інтелектуальний аналіз даних і прогнозування	99
3.2	Особливості прогнозування стану багатозональних розподілених об'єктів	101
3.3	Прогнозування в умовах комбінованої невизначеності	115
3.4	Визначення доцільної глибини прогнозування	117
<b>4</b>	<b>ХВИЛЬОВА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА КООРДИНАЦІЯ КЕРУВАННЯ РКФС</b>	<b>120</b>
4.1	Критерії координації РКФС з неперервними виробничими об'єктами	120
4.2	Детермінована хвильова координації стану РКФС	123
4.2.1	Архітектура системи	123
4.2.2	Ковзне у просторі оптимальне оцінювання	130
4.2.3	Оптимальна ковзна динамічна кластеризація	135
4.3	Координація в умовах невизначеності	137
<b>5.</b>	<b>РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО КООРДИНАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ РКФС З ХМАРНІМИ СЕРВІСАМИ</b>	<b>148</b>
5.1	Система імітаційного моделювання децентралізованої координації РКФС	148
5.2	Стійкість та збіжність децентралізованої координації	154
5.2.1	Стійкість процесу хвильової координації	156
5.2.2	Стійкість пошукової оптимізації параметра координації в умовах невизначеності	159
5.2.3	Стійкість релейного координаційного управління	161
5.3	Аналіз впливу динаміки хмарних технологій на збіжність і стійкість координації РКФС керування	167
5.4	Координація в нелінійних РКФС	169
5.5	Оцінювання ефективності координації	172
5.5.1	Оцінювання рівня координації	173
5.5.2	Функціональна безпека децентралізованої координації	178
	<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>181</b>
	<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	<b>182</b>
	<b>ДОДАТКИ</b>	<b>204</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

РТО	Розподілений технологічний об'єкт
РСУ	Розподілена система управління
РУ	Релейне управління
АУ	Аналогове управління
ДУ	Дискретне управління
ЛУ	Логічне управління
ИУ	Ієрархічне управління
АСУ	автоматизована система управління
ІАСУ	інтегрована автоматизована система управління
ІС	інформаційна система
ІТ	інформаційна технологія
ЛСУ	локальна система управління
НЛ	нечітка логіка
ППР	підсистема прийняття рішень
ПР	прийняття рішення
САК	система автоматичного керування
СППР	система підтримки прийняття рішень
СУ	система управління
УФН	Узагальнююча функція невизначеності

## ВСТУП

Ускладнення і бурхливий розвиток розподілених систем управління (PCY) особливо прискорився зі здешевленням і мініатюризацією мікроконтролерів. Стало можливим включати мікроконтролери до складу давачів і виконавчих пристроїв (актуаторів) польового рівня. З іншого боку, бурхливими темпами розвиваються комунікаційні системи. З цих двох фундаментальних досягнень народився «Інтернет речей» (Internet of Things, IoT), що, у свою чергу, підштовхнуло до нових досліджень відомої проблеми координації виробничих процесів. Адже велика кількість локальних «мікросистем» керування вимагає їх узгодження в рамках автоматизованої системи управління. Крім того, велика увага приділяється вертикальній інтеграції систем управління виробництвом, що також передбачає координацію рівнів автоматизованих систем.

Останнім часом такі інтегровані системи, які об'єднують фізичні об'єкти, засоби збирання та передачі інформації, обчислювальні підсистеми, які використовуються для обробки даних і прийняття керівних рішень за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, розглядаються в рамках концепції кібер-фізичних систем.

Відносно новим фактором розвитку PCY, який спричинив їх якісні зміни, стало широке застосування хмарних технологій збирання, зберігання і обробки інформації. Вони найкраще пристосовані для роботи з великими обсягами даних (Big Data), які породжуються PCY на базі IoT. Найближчим часом очікується новий стрибок технологій PCY, зумовлений розвитком 5G комунікацій і анонсованим покриттям усієї поверхні Землі супутниковим WiFi.

Окремим складним випадком задач координації є керування багатозональними неперервними об'єктами, в яких спостерігається суттєвий взаємний вплив сусідніх зон.

Усі ці процеси ставлять нові задачі координаційного управління і викликають потребу створення нових моделей і методів їх розв'язання. Монографію, що пропонується, не слід розглядати як розв'язання проблеми координаційного управління розподіленими кібер-фізичними системами (РКФС) з неперервними технологічними об'єктами. Це, скоріше, вивчення проблеми і окреслення напрямів подальших досліджень.

Матеріал монографії підготовлений на основі спільних робіт співавторів, проте розділ 2, 3, 4 підготовлені переважно М. С. Юхимчук, загальна редакція виконана В. М. Дубовим.

Суттєвим поштовхом до постановки і розв'язання авторами задач координації стали роботи наукової школи професора А. П. Ладанюка.

Автори також висловлюють подяку М. Байас, І. Пилипенко, Г. Дерман, О. Сольському, Ю. Паночишину, деякі результати спільних робіт з якими використані в оглядових матеріалах.



# 1 РОЗПОДІЛЕНІ КІБЕР-ФІЗИЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Розподілені системи керування (технічними об'єктами) та управління (організаційними об'єктами) набувають все більшого поширення. Це зумовлено як покращенням комунікаційних можливостей, так і можливостей реалізації локальних систем на основі дешевих, потужних і мініатюрних контролерів. Проте разом із збільшенням можливостей реалізації набули актуальності проблеми моделювання та оптимізації процесів у великих системах складної структурної організації.

## 1.1 Типи розподілених систем управління

Розподілена система – це така система, яка складається з окремих елементів, що знаходяться у різних точках простору, функції і ресурси системи розділені між елементами, а розташування у просторі впливає на функціонування системи в цілому. Окремим випадком розподілених систем є розподілені системи управління (PCU). В умовах сучасного ринку існує велика кількість розподілених систем керування, створених в різний час та різними компаніями.

Розподілені системи управління (керування) дуже різноманітні. Це різноманіття зумовлене різноманіттям розподілених об'єктів управління, цілей і алгоритмів їх функціонування, зв'язків між окремими елементами.

В [25] згадуються найбільш розповсюджені PCU:

- ABB\_System 800xA;
- Areva T&D – PACiS;
- Alstom: ALSPA 6; DS Agile;
- Toshiba - TOSDIC-CIE DS;
- B&R – APROL;
- Emerson: Delta V; Ovation;
- Yokogawa - CENTUM VP;
- Honeywell: Experion PKS; TDC3000; Total Plant Solution (TPS);
- Invensys Foxboro: I/A Series; Foxboro A2 (Eurotherm Suite);
- Schneider Electric – PlantStruXure на базі UAG; **RTS S3**
- Mitsubishi Electric – iQPlatform;
- Siemens: APACS; QUADLOG; SPPA-T3000; PCS7;
- Tornado modular systems - Торнадо-N.

В сумі зазначені виробники займають більше половини світового ринку PCU.

Проведений аналіз популярності систем на основі кількості згадувань у публікаціях дозволяє простежити зміни на ринку РСУ. Результати аналізу наведені у додатку А.

На рис.1.1 наведено діаграму співвідношення кількості посилань на запит за назвою системи до року її створення. Розглядалися системи, які пройшли достатню апробацію протягом не менше 8 років.

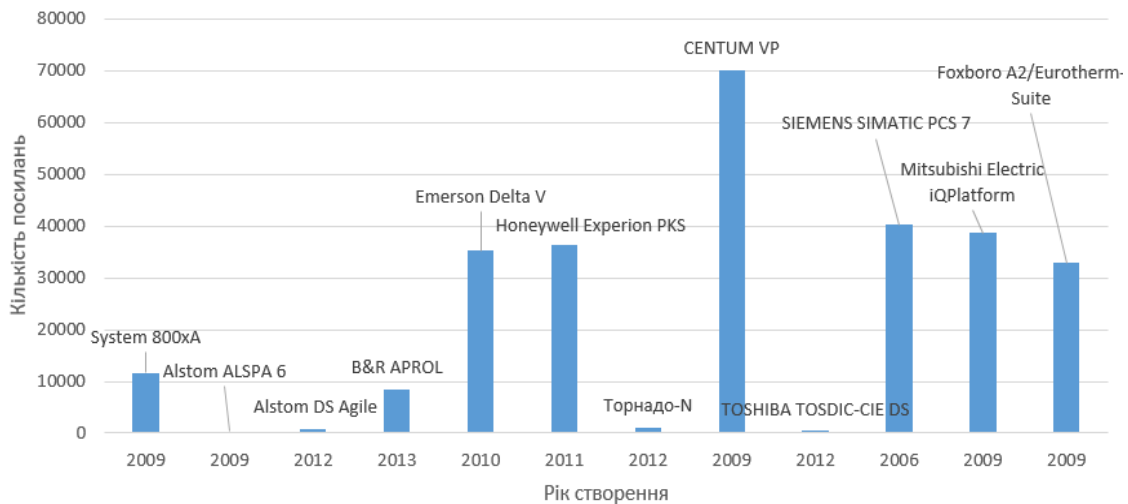


Рисунок 1.1 – Співвідношення посилань до року створення системи

### 1) Лідери за кількістю посилань

Явним інформаційним лідером є система CENTUM VP, що створена у 2009 році. Система CENTUM VP складається з чотирьох компонент, що виконують функції експлуатації та контролю, інжинірингу, управління та зв'язку. Система CENTUM VP є продуктом компанії Yokogawa. Вона має більш наочний людино-машинний інтерфейс і потужні станції управління, здатні обробляти дані швидко і надійно. На рис. 1.2 зображено схему взаємодії в системі CENTUM VP [195].

### 2) Середня кількість посилань

Інші системи, а саме: Emerson Delta V, Honeywell Experion PKS, SIEMENS SIMATIC PCS 7, RTS S3, APACS 3000, Foxboro I/A Series, Mitsubishi Electric iQPlatform, Foxboro A2/Eurotherm-Suite, мають приблизно однаковий показник посилань, що знаходиться на рівні від 32900 до 40200 посилань. Honeywell Experion PKS та Emerson Delta V є наймолодшими з цих систем, але все одно мають великий показник популярності. Це зумовлено тим, що при розробці даних систем були враховані та виправлені недоліки попередників.

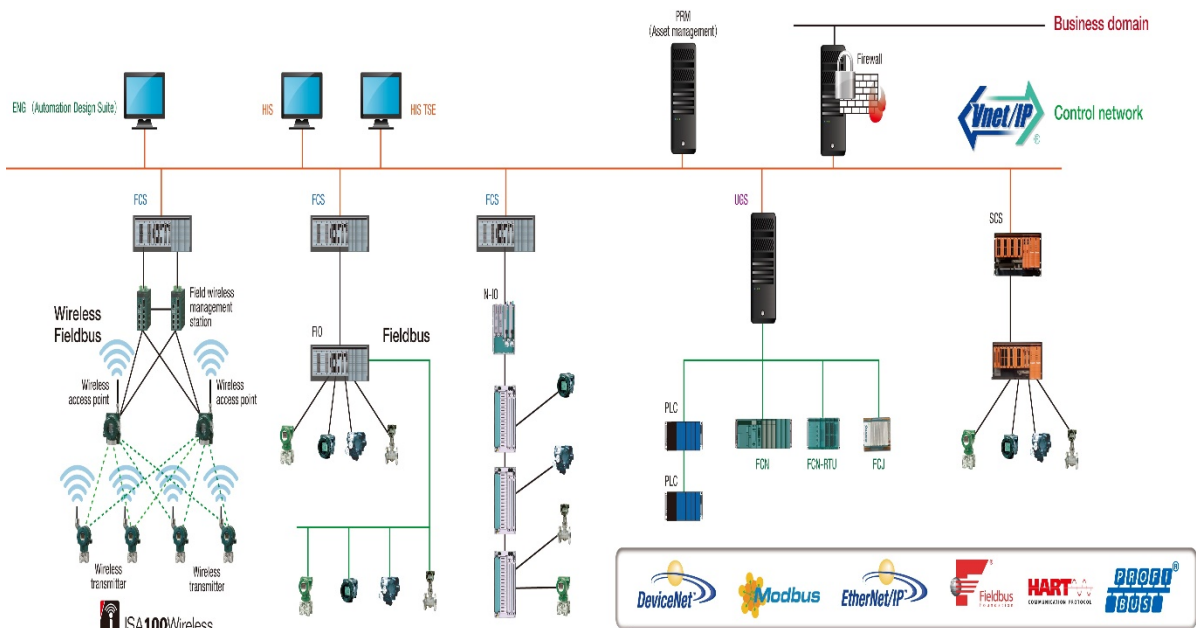


Рисунок 1.2 – Схема взаємодії компонентів в системі CENTUM VP

**Honeywell Experion PKS** (*Honeywell* – американська корпорація, що виробляє електронні системи управління та автоматизації. Основні напрямки – аерокосмічне обладнання, технології для експлуатації будівель і промислових споруд, автомобільне устаткування, турбокомпресори.) – ця розподілена система управління інтегрує людей з процесами, бізнесом і управлінням активами, допомагає виробникам технологій збільшувати прибутковість і продуктивність [40]. На рис. 1.3 зображена архітектура системи [41].

**Foxboro I/A Series** [50, 231] компанії **Invensys** (*Invensys* – багатонаціональна компанія. Напрямки діяльності *Invensys* поділяються на чотири категорії: програмне забезпечення, промислова автоматизація, енергетичний контроль та побутова техніка. Серед її брендів *Avantis*, *Eurotherm*, *Foxboro*, *IMServ*, *InFusion*, *Triconex*, *SimSci*, *Skelta*, *Wonderware*, *Drayton*, *Eberle*, *Eliwell*) є відкритою промисловою системою, яка може інтегрувати та автоматизувати всі виробничі операції. Це розподілена система, яка дозволяє технологічній установці методом збільшень адаптувати цю систему до вимог технологічного процесу. Другою перевагою такої розподіленої системи є те, що кожен модуль має конкретні завдання і самостійно їх виконує незалежно від стану інших модулів. Кожен модуль запрограмований для виконання конкретних завдань, пов'язаних з моніторингом і управлінням виробничими процесами.

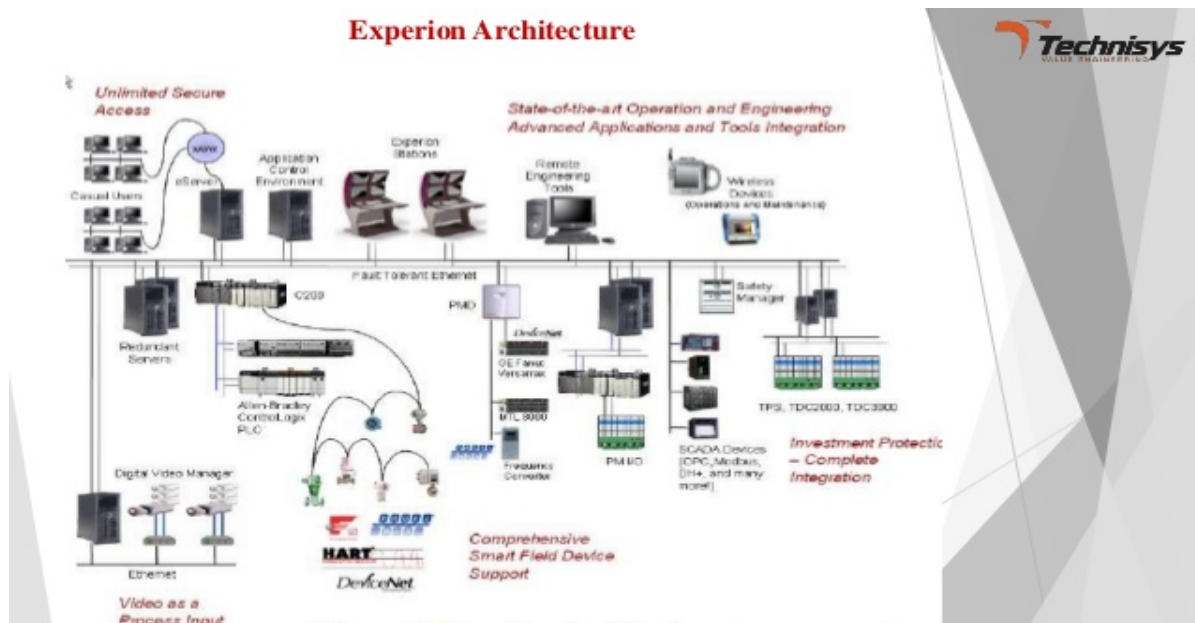


Рисунок 1.3 – Архітектура системи Honeywell Experion PKS

**SimSci**, один з брендів **Schneider Electric** [231, 232] (**Schneider Electric** – велика французька енергомашинобудівна компанія, що забезпечує розробку та виробництво рішень в галузі управління електроенергією, виробник обладнання для енергетичних підкомплексів промислових підприємств, об'єктів цивільного та житлового будівництва, центрів обробки даних) постачає програми, які допомагають покращити ефективність використання за допомогою інтегрованого програмного забезпечення та послуг для моделювання, оптимізації, навчання та управління процесами.

**Triconex** (ще один бренд **Schneider Electric**) пропонує систему безпеки та критично важливі розподілені системи управління, що використовуються в управлінні та захисті газового й пожежного обладнання, та турбомашини. [233]

**RTS S3 (RTS – партнер Schneider Electric)** – SCADA, єдине середовище розробки PCY для всіх рівнів під Windows, Linux, Solaris мовами FBD, ST. Інженерні станції об'єднані з операторськими. Системою надається єдине середовище розробки застосунків. Мережа Ethernet з'єднує вузли всередині операторського рівня і сам операторський рівень з рівнем управління з використанням стека протоколів TCP / IP. На рівні управління знаходяться промислові комп'ютери під управлінням ОС QNX з власною базою даних і можливістю резервування шляхом дублювання функціонала вузла [234].

**SIMATIC PCS 7** компанії **Siemens** [235] (**Siemens AG** – німецький транснаціональний концерн, що працює у сфері електротехніки, електроніки, енергетичного устаткування, транспорту, медичного обладнання та світлотехніки, а також спеціалізованих послуг у різних галузях промисловості, транспорту і зв'язку. Це розподілена система управління – програмно-апаратний комплекс автоматизованої

системи управління технологічними процесами) – це система управління неперервними та періодичними процесами, відповідає вимогам концепції Totally Integrated Automation (ТІА). Функціональні можливості системи: єдина стратегія конфігурації всіх технічних засобів; єдині концепції навігації та обслуговування аварійних повідомлень; захист доступу/управління з обмеженням переліку операцій, дозволених різним категоріям персоналу; єдина система моніторингу і діагностики; синхронізація процесів; інтегрування систем протиаварійної автоматики.

**Emerson DeltaV** – проста у використанні система автоматизації, яка спрощує оперативну складність і знижує ризики в проектах. DeltaV адаптується майже до всіх потреб, легко масштабуючись та не додаючи складності. На рис. 1.4 зображена архітектура системи Emerson DeltaV [38].

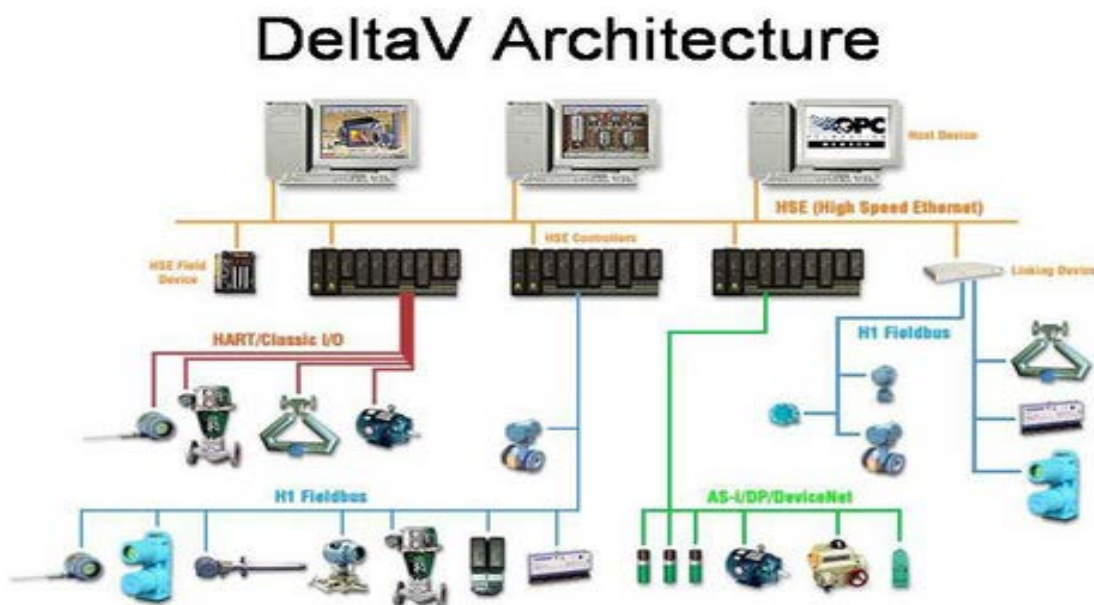


Рисунок 1.4 – Архітектура системи Emerson Delta V

### 3) Мала кількість посилань

Системи, що залишилися, а саме: System 800xA, Alstom ALSPA 6, Alstom DS Agile, B&R APROL, Торнадо-N та TOSHIBA TOSDIC-CIE DS є найновішими і тому мають достатньо невисокі показники популярності у користувачів. Не дивлячись на достатньо невелику кількість інформації, можна виділити Торнадо-N та TOSHIBA TOSDIC-CIE DS, які добре проявили себе в роботі.

**Торнадо-N** використовується для побудови промислових систем автоматизації. Він являє собою універсальну програмно-технічну комплексну архітектуру, яка успішно застосовується на критично



важливих об'єктах промислової та енергетичної промисловості. об'єктах великої енергетики (ТЕЦ, ГЕС, ГРЕС) [38].

**TOSHIBA TOSDIC-CIE DS** – інтегрована система керування наступного покоління, яка може контролювати та обробляти інформацію, керувати технологічним процесом. Система реалізована на основі інтеграції інформаційної та керуючої систем за допомогою мережі Ethernet. На рис. 1.5 зображена архітектура системи TOSHIBA TOSDIC-CIE DS [75].

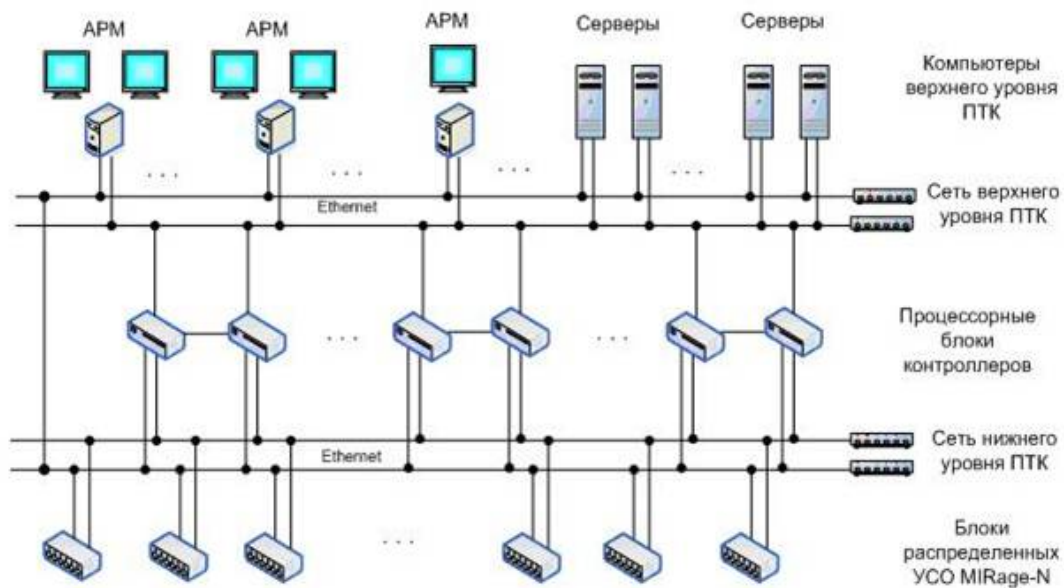


Рисунок 1.5 – Архітектура системи TOSHIBA TOSDIC-CIE DS

Спостерігається, що чим новіша система – тим ширше спектр її використання та можливість використовувати модульно, більша простота інтеграції.

Усі системи показують досить високі показники захищеності та надійності. Також розробниками цих систем звертається увага на зрозумілий інтерфейс, щоб працівник міг швидко розібратись, приступити до роботи і комфортно керувати процесами.

З основних недоліків можна виділити високу ціну обладнання та несумісність у використанні з іншими системами.

Аналіз інформаційних джерел щодо застосувань РСУ показує, що переважна їх більшість розглядає «розподіленість» як наявність інтегрованих у єдиний комплекс систем управління окремими процесами

підприємства. Значно менше уваги приділяється РСУ розподіленими технологічними об'єктами (РТО).

З розвитком і здешевленням технічних засобів вимірювання параметрів і впливу на об'єкт, бездротових комунікацій, появи технологій «Інтернету речей» з'явилися можливості обладнати розподілений об'єкт засобами контролю та керування у багатьох точках, в результаті чого утворюються розподілені кібер-фізичні системи управління (РКФС).

Виділимо основні властивості РТО, які визначають тип РСУ і РКФС у цілому.

- Відокремленість елементів:
  1. Повністю відокремлені (дискретні) елементи;
  2. Частково відокремлені (з частково прозорими межами) елементи;
  3. Невідокремлені елементи (неперервні об'єкти).

Нехай РТО у просторі  $E_3$  розглядається в системі координат  $\mathbf{Z}$  і характеризується параметрами  $\mathbf{V}$ . Відповідні три типи РТО на ділянці межі між елементами можна подати залежностями  $\mathbf{V}(\mathbf{Z})$ , зображеними на рис. 1.6. У повністю відокремлених елементів (рис. 1.6, в) існує замкнена поверхня  $S$ , на якій для  $\forall \mathbf{Z} \in S$  не існує  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial n_s}$ , де  $n_s$  – нормаль до поверхні.

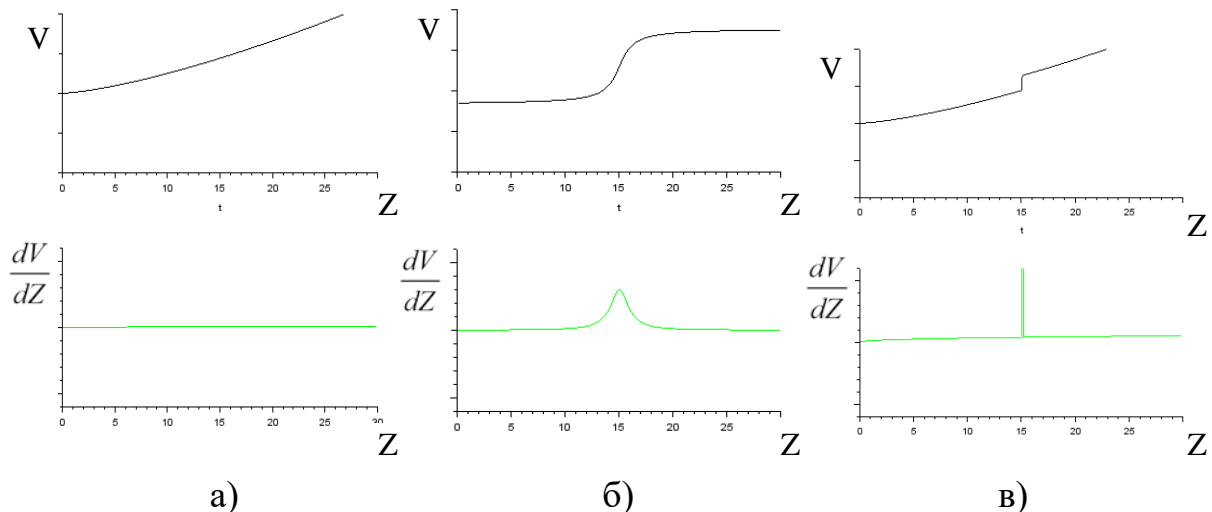


Рисунок 1.6 – Визначення неперервності РТО

У частково відокремлених елементів (рис. 1.6, б) для  $\forall \mathbf{Z} \in S$  існує  $\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial n_s}$ ,

проте друга похідна  $\frac{\partial^2 \mathbf{V}}{\partial n_s^2}$  змінює знак. У неперервних об'єктах (рис. 1.6, а)

не існує таких поверхонь, тобто в усіх точках континууму залежність  $\mathbf{V}(\mathbf{Z})$  диференційована разом з усіма своїми похідними.

- Ізотропність:

1. Ізотропні/неізотропні за параметрами елементів;
2. Ізотропні/неізотропні за параметрами потоків;
3. Частково ізотропні за окремими парами координат та/або параметрів.

Під ізотропністю параметра  $\lambda$  будемо розуміти, що для всіх пар координат  $(z_i, z_j) \in \mathbf{Z}$  виконуються умови:  $\lambda(z_i) = \lambda(z_j)$  і  $\frac{\partial \lambda}{\partial z_i} = \frac{\partial \lambda}{\partial z_j}$ .

- Однорідність:

1. Функціональна однорідність;
2. Параметрична однорідність;
3. Неоднорідність.

У кожному з елементів РТО здійснюється перетворення сировини на продукцію відповідно до виробничої функції  $y = w(x, v, \Lambda, \mathbf{Z}, t)$ , де  $x$  – кількість сировини;  $v$  – стан елемента (накопичений ресурс);  $\Lambda$  – вектор параметрів;  $\mathbf{Z}$  – вектор координат елемента у просторі  $E_3$ ;  $t$  – час, на що витрачається ресурс,  $\Delta v = \mu(x, v, \mathbf{Z}, t)$ . У функціонально однорідних РТО виробничі функції  $w$  і функції витрат  $\mu$  не залежать від координат. У параметрично однорідних РТО вектор  $\Lambda$  не залежить від координат.

- Дисипативність:

1. Недисипативні об'єкти;
2. Енергетична дисипативність;
3. Ресурсна дисипативність;
4. Інформаційна дисипативність.

Під дисипативністю РТО будемо розуміти можливість втрат (розсіювання) енергії, ресурсів з об'єкта. Дисипативність означає відкритість РТО, зокрема залежність стану елементів  $V$  від стану зовнішнього середовища  $u$ . Окремим випадком є інформаційна дисипативність. Вона зумовлена дією випадкових зовнішніх впливів, в результаті чого збільшується ентропія стану РТО.

- Адитивність продуктів:

1. Адитивні;



2. Неадитивні (потоківі);
3. Частково адитивні;

В РТО з адитивністю продуктів загальний продукт є сумою продуктів окремих елементів

$$y = \sum_{i=1}^n y_i \quad \text{або} \quad y(t) = \iiint_{\Omega_Z} w(x, v, \Lambda, \mathbf{Z}, t) d\mathbf{Z}$$

В кожному елементі такого РТО відбувається завершений процес перетворення сировини на продукцію. В неадитивних (потоківих) РТО сировина послідовно проходить через декілька елементів РТО, в кожному з яких відбувається певна стадія її перетворення на продукцію. В таких РТО  $x_{i+1} = y_i$ ,  $i=1..k$ , де  $k$  – кількість стадій.

## 1.2 Задачі керування РКФС

Різноманіття задач управління зумовлені різноманіттям цілей функціонування елементів керованого розподіленого об'єкта. Додаткові задачі виникають у випадках, коли цілі елементів не збігаються, а часто навіть протирічають одне одному.

### 1.2.1 Керування системою пов'язаних об'єктів

Характерною особливістю пов'язаних об'єктів є їх природна взаємодія, що описується, як правило, фізичними моделями теплопередачі, дифузії, електропровідності, електромагнітної та гравітаційної взаємодій тощо. Часто робляться спроби нехтувати такою взаємодією, але повністю зробити це, зазвичай, неможливо. Тому доводиться враховувати взаємодію при управлінні такими об'єктами.

Прикладами задачі управління системою пов'язаних об'єктів є управління температурою багатозонального приміщення (рис. 1.7, а [34, 32]), хімічним (рис. 1.7, б [175]), та твердофазні біореактори (рис. 1.7, в [169] тощо).

Основні типи задач управління системами пов'язаних об'єктів мають певні особливості порівняно з аналогічними задачами щодо одного зосередженого об'єкта:

1. Задача стабілізації стану.

Особливість задачі стабілізації стану системи об'єктів полягає в необхідності врахування їх взаємного впливу. В результаті РКФС стає багатоконтурною з усіма відповідними наслідками: небезпекою нестійкості, інерційністю, низькою якістю управління;

## 2. Задача оптимізації.

Задача оптимізації стану системи об'єктів є багатокритеріальною, причому окремі критерії можуть знаходитися у складних відносинах: ієрархічна підпорядкованість, адитивність або мультиплікативність, пріоритетність тощо;

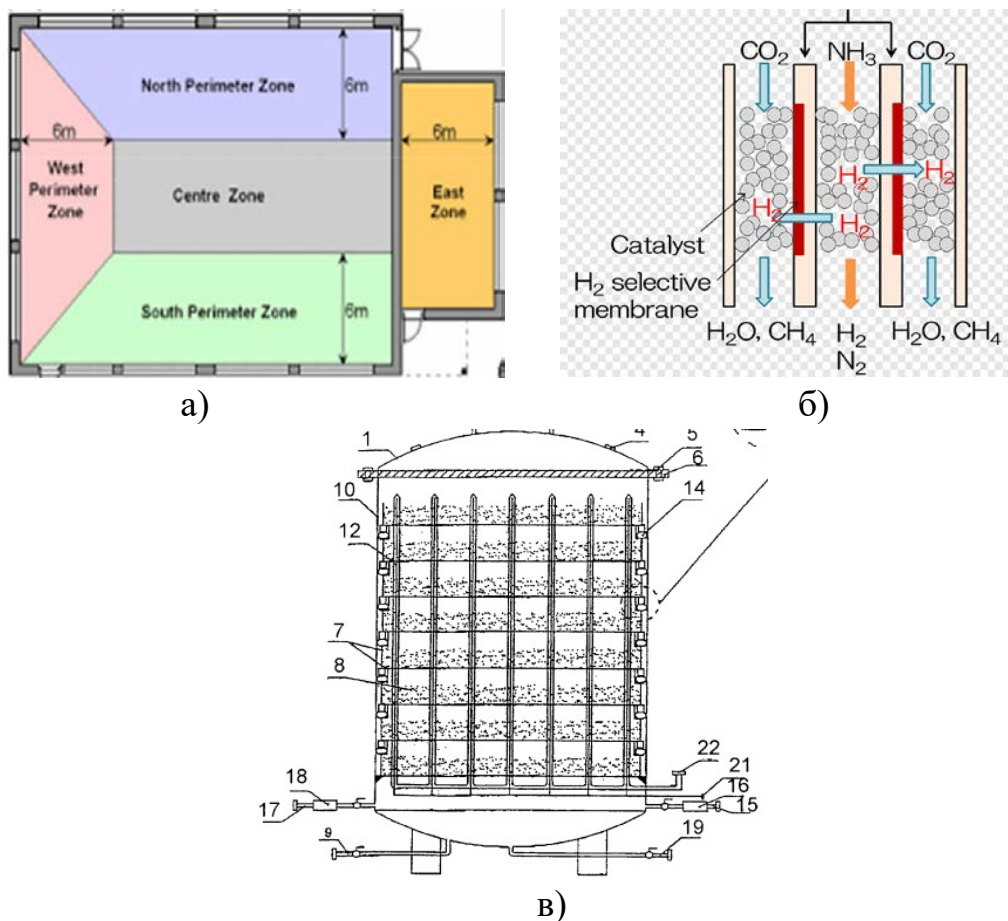


Рисунок 1.7 – Системи пов'язаних об'єктів

## 3. Задача програмного управління.

Програмне управління станом системи об'єктів вимагає узгодження локальних програм управління. Очевидно, що взаємний вплив об'єктів обмежує можливості реалізації програм. Варіаційна задача знаходження системи програм, що можуть бути реалізовані і задовольняють мету РКФС, є трудомісткою і, як правило, некоректною (погано структурованою).

## ВИСНОВКИ

У цій монографії автори узагальнили результати досліджень проблеми децентралізованої координації розподілених кібер-фізичних систем з неперервними технологічними об'єктами і намагалися намітити задачі подальших робіт.

Проведений аналіз задач керування такими системами, зокрема, із застосуванням хмарних сервісів, та методів їх моделювання. Авторами запропоновані моделі РКФС з неперервними РТО як в умовах визначеності, так і з урахуванням невизначеності різного походження.

Проаналізовано стан досліджень проблеми координації. На відміну від більшості існуючих робіт, автори зосередилися на задачах координаційного керування неперервними розподіленими технологічними об'єктами. Аналіз тенденцій розвитку систем на базі Інтернету речей показав актуальність досліджень децентралізованої координації. Авторами запропонований показник рівня координації в РКФС.

Враховуючи суттєву інерційність процесів у РКФС з неперервними РТО, розглянуто підходи і запропоновано моделі прогнозування стану таких РКФС.

В роботі запропоновано концепцію хвильової децентралізованої координації РКФС з неперервними РТО. Запропоновано та досліджено критерії координації, архітектуру системи, хвильовий алгоритм і основні процедури як в умовах визначеності, так і в умовах невизначеності.

Для проведення досліджень характеристик і практичної децентралізованої координації РКФС з неперервними РТО авторами розроблено систему імітаційного моделювання на платформі Scilab/Xcos. Це дозволило провести дослідження стійкості та ефективності децентралізованої координації. Елементи бібліотеки системи моделювання можуть бути конвертовані у функції мовою Сі та використані у реалізаціях прикладних систем координаційного керування.

Автори бачать перспективу подальших досліджень у розв'язанні задач забезпечення стійкості систем координаційного управління РКФС в умовах невизначеності, застосування нейронних мереж для комплексного виконання всіх процедур координації, розвитку системи імітаційного моделювання процесів координаційного управління РКФС і методів проектування оптимальних систем на її основі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. 8 key characteristics of cloud computing. / TechTarget. – Режим доступу : <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/feature/7-key-characteristics-of-cloud-computing>
2. Agent Builder / IBM Cloud Application Performance Management, Private 8.1.4 – Режим доступу : [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSHLNR\\_8.1.4/com.ibm.pm.doc/install/agent\\_builder\\_guide.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSHLNR_8.1.4/com.ibm.pm.doc/install/agent_builder_guide.html)
3. Alspa solution overview [Електронний ресурс] // GE. – 2016. – Режим доступу : [http://www.geautomation.com/system/files/files/gfa-2089a\\_alspa\\_solution\\_overview\\_brochure.pdf](http://www.geautomation.com/system/files/files/gfa-2089a_alspa_solution_overview_brochure.pdf)
4. Alstom launches ALSPA Series 6 automation and control system [Електронний ресурс] // ElectricLight&Power. – 2009. – Режим доступу : <https://www.elp.com/articles/2009/12/alstom-launches-alspa.html>
5. Alstom launches new Alspa Series 6 control system offering [Електронний ресурс] // Control Engineering. – 2009. – Режим доступу : <https://www.controleng.com/articles/alstom-launches-new-alspa-series-6-control-system-offering/>
6. N. Ashish. An Event Based Approach To Situational Representation (2009) / N. Ashish, D. Kalashnikov, S. Mehrotra, N. Venkatasubramanian. arXiv:0906.4096 [cs.DB]
7. Bayas M. M. Coordination of serial-parallel manufacturing processes of milk production / Bayas M. M., Dubovoi V. M. et al. Przegląd Elektrotechniczny. 1(4). 2019. 174-177. DOI : 10.15199/48.2019.04.31
8. Bayas S. M. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using Genetic Algorithm / Bayas S. M., Dubovoy V. M. Middle-East Journal of Scientific Research. – 2013. – 14 (1). – Режим доступу : 10.5829/idosi.mejsr.2013.14.1.16313
9. Bayas M. M. Efficient Resources Allocation in Technological Processes Using an Approximate Algorithm Based on Random Walk / M. M. Bayas, V. M. Dubovoy // International Journal of Engineering and Technology (IJET). – 2013. – V. 5, No. 5. – P. 4214–4218.

10. Benders J. Partitioning Procedures for Solving Mixed Variables Programming. Problems / J. Benders // Numerische Mathematic, 1962. – P. 238–252.
11. Bérut A. et al. Experimental verification of Landauer's principle linking information and thermodynamics. Bérut A. et al (2012) Nature 483.7388, pp. 187–189.
12. Bogatin D. Google CEO's new paradigm: 'cloud computing and advertising go hand-in-hand.' Bogatin D. ZDNet. 2008. – Режим доступа : <http://blogs.zdnet.com/micro-markets/?p=369>
13. Boyd S. Linear matrix inequalities in system and control theory. Philadelphia, Boyd S, El Ghaoui L., Feron E., Balakrishnan V PA: SIAM, 1994. – P.205
14. Bristol-Myers S.. Nonlinear Programming, Theory and Algorithms / Bristol-Myers Squibb. Bristol-Myers S – Crosby, P.B., 1979. – P. 98–157
15. Brodtkin J. IBM unveils 'cloud computing.' Network World. Brodtkin J. Nov. 19, 2007. Vol. 24, Iss. 45. pg. 10.
16. Carr N.. 'World Wide Computer' is on horizon. / USA Today. Carr N February 25, 2008 – Режим доступа : <https://computer.howstuffworks.com/cloud-computing/cloud-computing4.htm>.
17. Cerofolini C. F. Hybrid Route From CMOS to Nano and Molecular Electronics. Cerofolini C. F, Mascolo D (2006) Nanotechnology for electronic materials and devices, ISBN 978-0387-23349-9, pp. 16–18
18. Cloud Ping Test (Latency) for different providers like AWS, Azure, GCP [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://cloudpingtest.com/>
19. Premalatha K. Combined Heuristic Optimization Techniques for Global Minimization / K. Premalatha, A. M. Natarajan. – 2010. – Режим доступа : <http://core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/922960.pdf>.
20. Coughlin T. The Costs Of Storage. Forbes Now [Europe Edition] 2016. – Режим доступа : <https://www.forbes.com/sites/tomcoughlin/2016/07/24/the-costs-of-storage/#7f0fb5c83239>
21. Cover T. M. Elements of information theory / T. M. Cover, J. A. Thomas. – N.Y. : Wiley, 1991. – 563 p.
22. Cristianini Nello. An Introduction to Support Vector Machines/ Cristianini Nello, Shawe, Taylor John. (2017) – Режим доступа : [www.support-vector.net](http://www.support-vector.net)

23. DeltaV. Vinson. – 2010. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.vinsonprocess.com/products/process-control-systems/deltav/>
24. DeltaV Distributed Control System [Электронный ресурс] // Emerson. – 2010. – Режим доступа : <https://www.emerson.com/en-us/automation/control-and-safety-systems/distributed-control-systems-dcs/deltav-distributed-control-system>
25. Distributed control system – Режим доступа : [https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed\\_control\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_control_system)
26. DS Agile Digital Control System [Электронный ресурс] // Automation&Protection. – 2012. – Режим доступа : <https://www.gegridolutions.com/multilin/energy/catalog/dsagile.htm>
27. Ds Agile from Alston [Электронный ресурс] // PacWorld. – 2012 – Режим доступа : [https://www.pacw.org/no-cache/issue/september\\_2012\\_issue/news/industry\\_news/new\\_sel\\_axion.html](https://www.pacw.org/no-cache/issue/september_2012_issue/news/industry_news/new_sel_axion.html)
28. Dubovoi V. Information Characteristics of Optical Sensors. Dubovoi V. (2001) Optoelectronic Information Technologies. Proceedings of SPIE. Vol. 4425, P.478–484.
29. Dubovoi V. M. Modeling of the automated control system of heating in the «smart house». / Dubovoi V. M., Nikitenko O. D., Yukhymchuk M. S. (2017) Automatics. – 2017. XXIV International Conference on Automated Control, Kiev, Ukraine proceedings. Riev. – P. 68
30. Dubovoi V. M.. Research of the synchronous waven coordination model of production processes. / Dubovoi V. M., Yukhymchuk M. S // Автоматизация технологических та бизнес-процесів (Automation of technological and business processes) – Том 12. – № 1. –С. 40–48. 10.15673/atbp.v12i1.1702.
31. Dubovoi V. Impact of the Internet Resources Structure on Energy Consumption While Searching for Information. / Dubovoi V., Moskvina O. (2016) «Green IT Engineering: Concepts, Models, Complex Systems Architectures» [Vyacheslav Kharchenko, Yuriy Kondratenko, Janusz Kasprzyk – Editors]. – P. 125–146. DOI 10.1007/978-3-319-44162-7.
32. Dubovoi V. M. Energy Efficiency of Smart Control Based on Situational Models. In: Dubovoi V. M., Yukhymchuk M. S, Kuntsevich V. M., Gubarev V. F, Kondratenko Y., Lebedev D. V., Lysenko V. P. (Eds.), Control Systems: Theory and Applications. Series in Automation, Control and Robotics. River Publishers, P. 145–167, 2018.

33. Dubovoi V. Evaluation of uncertainty of control by measurement with logical conditions. Dubovoi V., Yukhimchuk M. – SPIE Digital Library as part of the proceedings of the Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016 conference. DOI <http://dx.doi.org/10.1117/12.2248871>
34. Dubovoi Volodymyr. Smart Control of Multi-zone Object Heating with Multi-source System. / Dubovoi Volodymyr, Yukhymchuk Maria et al (2019) IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, – 2019, – P. 1018–1021. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879942
35. Dubovoy V. Uncertain graph as a model of branching technological process / V. Dubovoy, I. Pylypenko, G. Derman/ Nauka i studia «techniczne nauki budownictwo I architektura nowoczesne informacyjne technologie». – 2013. – 17(85). – P 27–33.
36. Dunn I. J. Biological Reaction Engineering: Dynamic Modelling Fundamentals with Simulation Examples. 2nd edition. / Dunn I. J., Heinzle E., Ingham J., Prenosil J. E. – Wiley-VCH, – 2003. – 508 p. – ISBN 3527307591.
37. Durfee E. Scaling Up Agent Coordination Strategies. Computer, / Durfee E. – July 2001, – P. 39–46, – Режим доступа : <ftp://ftp.eecs.umich.edu/people/durfee/computer01.pdf>.
38. Emerson DeltaV [Электронный ресурс] // indiamart – 2010. – Режим доступа : <https://3.imimg.com/data3/WK/GT/MY-2438617/sites-default-files-images-trainings-delta-500x500.jpg>
39. Emerson Introduces DeltaV version 14 [Электронный ресурс] // Automation.com. – 2018. – Режим доступа : <https://www.automation.com/products/emerson-introduces-deltav-version-14>
40. Experion PKS [Электронный ресурс] // Honeywell. – 2011. – Режим доступа : <https://www.honeywellprocess.com/en-US/explore/products/control-monitoring-and-safety-systems/integrated-control-and-safety-systems/experion-pks/Pages/default.aspx>
41. Experion PKS [Электронный ресурс] // Shivam Singh – 2014. – Режим доступа : <https://image.slidesharecdn.com/experionhs-141031224139-conversion-gate01/95/honeywell-experion-hs-2-638.jpg?cb=1414795461>

42. Fridman A. Gradient Coordination Technique for Controlling Hierarchical and Network Systems. / Fridman A., Fridman O. // Systems Research Forum. – 2010. – Т. 4, № 2. – P. 121–136.
43. Generalized Benders Decomposition [Электронный ресурс] / Geoffrion A. M. – 1972. – Режим доступа : <http://www.anderson.ucla.edu/faculty/art.geoffrion/home/docs/GBD.pdf>
44. Gizlyk Dmitriy. Использование фильтра Калмана в прогнозе направления цены / Gizlyk Dmitriy // МЕТАТРАДЕР 5 – ТОРГОВЫЕ СИСТЕМЫ, 2017. – Режим доступа : <https://www.mql5.com/ru/articles/3886>
45. Dubovoi V. Generalization of Analytical Dependencies on a Case of Simultaneous Use of the Statistical and Fuzzy Data. / Glon O., Dubovoi V. (2001) Proceedings of International Conference on Modeling and Simulation. Lviv, P. 176–177.
46. Gong Z. Stabilization of Decentralized Control Systems. / Gong Z., Aldeen M. // Journal of Mathematical Systems, Estimation, and Control. – 1997. – V. 7, No. 1. – P. 1–16.
47. Hickins Michael. «Cloud Computing Gets Down to Earth». / Hickins Michael. // eWeek. – January 21, 2008. – P. 14.
48. IBM Introduces Ready-to-Use Cloud Computing. IBM. – Nov. 15, 2007. [Электронный ресурс] / – Режим доступа : <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22613.wss>
49. Industrial IT system 800xA [Электронный ресурс] // FieldComm Group. – 2009. – Режим доступа : <https://www.fieldcommgroup.org/registered-products/1dcec576-37b8-e811-8158-e0071b66cfe1>
50. Invensys introduces Foxboro A2 automation system [Электронный ресурс] // Control Engineering – 2009. – Режим доступа : <https://www.controleng.com/articles/invensys-introduces-foxboro-a2-automation-system/>
51. iQ Platform C Controller [Электронный ресурс] // Mitsubishi Electric. – 2009. – Режим доступа : <http://www.mitsubishifa.co.th/files/dl/iQ%20Platform%20C%20Controller.pdf>
52. Jennings N. Commitments and Conventions: The Foundation of Coordination in Multi-Agent Systems. / Jennings N // The Knowledge Engineering Review. – 1993. – 8 (3). – С. 223–250.



53. Korotky Stanislav. Прогнозирование временных рядов (Часть 2): Метод наименьших квадратов опорных векторов (LS-SVM) / Korotky Stanislav. 2020 Режим доступа : <https://www.mql5.com/ru/articles/7603>
54. Landauer R. Irreversibility and heat generation in the computing process. / Landauer R. // (1961) IBM Journal of Research and Development, – Vol. 5, – P. 183–191.
55. Lee C. Y. An Algorithm for Path Connections and Its Applications. / Lee C. Y. // IRE Transactions on Electronic Computers, – 1961. – Vol. EC-10, number 2 – P. 364–365.
56. Lewis James. Microservices. / Lewis James, Fowler Martin, – Режим доступа : <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
57. Lewis M. R. et al. (2019) How to Calculate Depreciation on Fixed Assets. – Режим доступа : Wiki How to Do <https://www.wikihow.com/Calculate-Depreciation-on-Fixed-Assets>.
58. Liviu Panait. Cooperative Multi-Agent Learning: The State of the Art. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. / Liviu Panait, Sean Luke – 2005. – 11 (3). P. 387–434.
59. Lohr Steve. Cloud Computing and EMC Deal. / Lohr Steve // New York Times. – Feb. 25, 2008, P. 6.
60. Lohr Steve. «Google and I.B.M. Join in 'Cloud Computing' Research» / Lohr Steve // New York Times. – Oct. 8, 2007, P. 8.
61. Lohr Steve. «I.B.M. to Push 'Cloud Computing,' Using Data From Afar.» / Lohr Steve // New York Times. – Nov. 15, 2007. –P. 7.
62. Luhandjula M. K. Fuzzy optimization / M. K. Luhandjula // An appraisal, Fuzzy Sets and Systems. – 1989. – Vol. 30. – P. 257–282.
63. Mahmoud M. S. Multinivel systems control and applications / M. S. Mahmoud. – 1977. – P. 34–45.
64. Markoff John. «An Internet Critic Who Is Not Shy About Ruffling the Big Names in High Technology» / Markoff John // New York Times. – Apr. 9, 2001. – P. 6.
65. Markoff John. «Software via the Internet: Microsoft in 'Cloud' Computing» / Markoff John // New York Times. – Sep. 3, 2007. – P. 1.
66. McAllister Neil. «Server virtualization» InfoWorld. Feb. 12, 2007. Retrieved March 12, 2008. – Режим доступа : [http://www.infoworld.com/article/07/02/12/07FEvirtualserv\\_1.html](http://www.infoworld.com/article/07/02/12/07FEvirtualserv_1.html)

67. McCreary Dan.. Making Sense of NoSQL: A guide for managers and the rest of us. McCreary Dan, Kelly Ann – Manning Publications, 2013. – 312 p.
68. Middleware. Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Retrieved March 12, 2004. – Режим доступа : [http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/middleware\\_body.html](http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/middleware_body.html) .
69. Mirkin B. M. A new decentralized model reference adaptive control scheme for large scale systems / Mirkin B.M. // In Prepr. 4th IFAC International Symposium on Adaptive systems in control and signal processing, Grenoble, France. – 1992. – P. 645–650.
70. Model-based development and code generation of real time control for microprocessors. – Режим доступа : LCM <https://x2c.lcm.at/>
71. Mordeson J. N. Fuzzy Graphs and Fuzzy Hypergraphs. (2000) / Mordeson J. N., Nair P. S. // Studies in Fuzziness and Soft Computing, – Vol. 46. Springer-Verlag.
72. Naone Erica. «Computer in the Cloud» Technology Review. – Sept. 18, 2007. Retrieved March 12, 2008. – Режим доступа : <https://www.technologyreview.com/2007/09/18/129061/computer-in-the-cloud/>
73. Ng A. (2016). Support Vector Machines. CS229 Machine Learning. Stanford University. – Режим доступа : [https://www.youtube.com/watch?v=hCOIMkcs\\_m\\_g](https://www.youtube.com/watch?v=hCOIMkcs_m_g)
74. Nominal, ordinal, interval, and ratio typologies are misleading. (1993) The American Statistician (American Statistical Association), #47: 65–72. DOI:10.2307/2684788.
75. OSDICTM-CIE DS/nv General Description for DCS – Japan : M. Toshiba Corporation, 2013. –97 с.
76. Prickett Morgan Timothy. AWS is now the largest systems business in the world 2019 – Режим доступа : <https://www.nextplatform.com/2019/04/30/aws-is-now-the-largest-systems-business-in-the-world/>
77. Process Automation. Scalable. Flexible. Modular. B&R APROL DCS [Электронный ресурс] // ias. – 2013. – Режим доступа до ресурсу : <https://iasbv.nl/en/br-aprol-dcs/>

78. Ralphs T. K. Decomposition Methods / T. K. Ralphs, M. V. Galati // Encyclopedia of Operations Research and Management Science. – Cochran, J., Ed., Wiley, 2010. – P. 45–62.
79. Report sees big shift in IT delivery. IT Week. – London. Nov. 5, 2007.
80. Dubovoi V. M. A Model of Self-oscillations in Relay Outputs Control Systems with Elements of Artificial Intelligence. (2018) / Rovira R. H., Dubovoi V. M., Yukhimchuk M. S. et al. Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing, [Rocha Á., Guarda T. (eds)] vol 721. Springer, Cham. DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_33).
81. Seyranian V. Contingency Theories of Leadership. (2009) / Seyranian V. // Encyclopedia of Group Processes & Intergroup Relations. Edited by John M. Levine and Michael A. Hogg. Thousand Oaks, California: SAGE, P. 152–156.
82. Shoham Y. On the synthesis of useful social laws for artificial agent societies. / Shoham Y., Tennenholtz M. // In Proceedings of 10th National Conference of Artificial Intelligence, San Jose, USA. – 1992, – P. 276–287.
83. Shpakov V. M. A Situation-Event Approach to Hybrid Processes Specifications. / Shpakov V. M. // (2007) SPIIRAS Proceedings. Issue 4.
84. Siljak D. D. Robust stabilization of nonlinear systems: the LMI approach. / Siljak D. D., Stipanovic D. M. // Math. Prob. Eng. – 2000. – V. 6. P. 461–493.
85. Steinwart Ingo. Support Vector Machines, Springer-Verlag, / Steinwart Ingo; Christmann Andreas // New York, 2008. ISBN 978-0-387-77241-7 (книга про ОБМ) (англ.)
86. Stoilov T. Goal and Predictive Coordination in Two Level Hierarchical Systems. / Stoilov T., Stoilova K. // International Journal of General Systems. – 2008. – Т. 37. – № 2. P. 181–213.
87. Swanson Bret. «Unleashing the 'Exaflood.'» / Swanson Bret, Gilder George. // Wall Street Journal. – Feb. 22, 2008.
88. System 800xA – System Introduction [Электронный ресурс] // ABB. – 2009. – Режим доступа до ресурсу : [https://library.e.abb.com/public/a336c2b6fef245058b64fb490a7d1b1f/3B\\_US095072%20en%20F%20System%20800xA%20-%20The%20Power%20of%20Automation.pdf](https://library.e.abb.com/public/a336c2b6fef245058b64fb490a7d1b1f/3B_US095072%20en%20F%20System%20800xA%20-%20The%20Power%20of%20Automation.pdf)

89. The future of IT? It's not all bad news, Nick Carr says. // Network World. – Jan. 14, 2008. – Vol. 25, Iss. 2. pg. 8.
90. Tiwari Shashank .Professional NoSQL. / Tiwari Shashank // Packt Publishing, – 2011. – 384 p. – ISBN 978-0-470-94224-6
91. Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation [Электронный ресурс] // Toshiba. – 2012. – Режим доступа до ресурсу : <https://www.toshiba.co.jp/sis/en/seigyo/cnt/index.htm>
92. Trebi-Ollenu A. Multiobjective fuzzy genetic algorithm optimisation approach to nonlinear control system design / A. Trebi-Ollenu, B. A. White. – 1997. – P. 279–284.
93. Van Vulpen E. (2018) How to Measure Human Resource Costs. AIHR – Режим доступа : <https://www.analyticsinhr.com/blog/measuring-human-resource-costs-human-resource-costing/>.
94. Vasantha Kandasamy W. B., Smarandache F. Fuzzy relational maps and neutrosophic relational maps. (2014) DOI: 10.6084/M9.FIGSHARE.1015555. Available at <https://arxiv.org/ftp/math/papers/0406/0406622.pdf>.
95. Voronina O. A. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya kak osnova resheniya problemy jekonomii jenergii na malyh neftepererabatyvajushhih zavodah. / Voronina O. A., Lobanova V. A. (2007) Proceedings of the V International Scientific and Practical Internet Conference «Energy and Resource Saving - XXI Century». Orel. – P. 57.
96. Wooldridge Michael. An Introduction to MultiAgent Systems, John Wiley & Sons Ltd, / Wooldridge Michael //2002 paperback, – 366 pages, ISBN 0-471-49691-X
97. Wu H. Decentralized adaptive robust control for a class of large scale systems with uncertainties in the interconnections. / Wu H. // International Journal of Control. – V. 76. – P. 253–265.
98. Yazenin A. V. Possibilistic optimization. A measure-based approach / V. Yazenin, M. Wagenknecht. – Brandenburg : Technische Universitet Cottbus, 1996. – 133 p.
99. Аверкин А. Н. Триангулярные нормы в системах искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, В. В. Костерев // Известия академии наук. Теория и системы управления. – 2000. – №. 5. – С. 116–128.

100. Алиев Р. А.. Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления. / Р. А. Алиев, М. И. Либерзон. – М. : Радио и связь, 1987. – 208 с.
101. Алтунин А. Е. Исследование и разработка методов принятия решений в многоуровневых иерархических системах газовой промышленности / А. Е. Алтунин ; МИНХ и ГП им. И. М. Губкина. – М., 1979. – 24 с.
102. Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
103. Анализ временных рядов - StatSoft. – Режим доступа до ресурсу : <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/sttimser.html>
104. Анализ измерительных информационных систем / [Маликов В. Т., Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Исмагуллаев П. Р.] – Ташкент : ФАН, 1984. – 176 с.
105. Перегудов Д. О. Аналіз особливостей застосування та класифікація методів прогнозування у сфері розвитку мереж та телекомунікаційних технологій / Д. О. Перегудов, О. В. Селюков, В. В. Крихта, А. А. Краснік // Вісник ДУІКТ – 2009. – 7(1). – С. 27–40.
106. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. / Т. Андерсон. – М. : Мир, 1976. – 756 с.
107. Шитиков В. К. Ансамбли моделей: бэггинг, случайные леса, бустинг / Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R / Шитиков В. К., Мастицкий С. Э. – 2017. – Режим доступа до ресурсу : <https://ranalytics.github.io/data-mining/044-Ensembles.html>
108. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф ; пер. с англ. под ред. Ю. Н. Контуревского. – Спб. : Питер, 1999. – 416 с.
109. Асаи Д. Прикладные нечеткие системы / Д. Асаи, С. Вадата. – М. : Мир, 1993. – 368 с.
110. АСУ ТП Experion Process Knowledge System (PKS) [Электронный ресурс] // TADVISER. – 2014. – Режим доступа до ресурсу : [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:%D0%90%D0%A1%D0%A3\\_%D0%A2%D0%9F\\_Experion\\_Process\\_Knowledge\\_System\\_\(PKS\)](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:%D0%90%D0%A1%D0%A3_%D0%A2%D0%9F_Experion_Process_Knowledge_System_(PKS))

111. АСУ ТП ПКТ «Торнадо – N». [Электронный ресурс] // Tornado Modular systems – 2014. – Режим доступа до ресурсу : [https://tornado.nsk.ru/integratoram/product\\_integrator/tornado-n/](https://tornado.nsk.ru/integratoram/product_integrator/tornado-n/)
112. Ильясов Б. Г. Системный подход к исследованию многосвязных систем автоматического управления на основе частотных методов, / Б. Г. Ильясов, Г. А. Саитова, // Автомат. и телемех. – 2013. – Выпуск 3. – С. 173–191.
113. Базаров В. А. Капиталистические циклы и восстановительный процесс хозяйства в СССР. / В. А. Базаров // Плановое хозяйство. – 1927
114. Батищев Д. И. Методы оптимального проектирования. / Д. И. Батищев. – М. : Радио и связь, 1984, – 358 с.
115. Борисов В. В. Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети. / В. В. Борисов, М. М. Зернов. // ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ. – 2009. – № 1. – С. 17–30.
116. Борисов В. В. Вывод на основе нечеткой ситуационной сети. / В. В. Борисов, М. М. Зернов // Труды XI Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2008) том 1. – Дубна, 2008. – С. 320–327.
117. Буков В. Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем. / В. Н. Буков. – Калуга : Изд-во науч. литературы Н.Ф. Бочкаревой, 2006.
118. Булатова А. С. Мировая экономика. / А. С. Булатова. – М. : Экономистъ, 2003. – 734 с.
119. Бучакова М. А. Координация в управлении: теоретические подходы. / М. А. Бучакова. // Научный вестник ОА МВД. – 2009. – №2 (33), – С. 3-7.
120. Буков В. Н. Децентрализованное координированное управление ММО-подсистемами, основанное на технологии вложения систем. / В. Н. Буков, А. М. Бронников, Н. И. Сельвесюк // Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. – М., 2011. – 374 с.
121. Васильев А. А. Методы выбора постоянной сглаживания в модели прогнозирования Брауна. / А. А. Васильев. // Вестник ТвГУ. Серия «Экономика и управление». – 2013. – Вып. 17. – С. 183–196.

122. Виды облачных сервисов: IaaS, PaaS, SaaS и другие модели (2018) Oblako/. – Режим доступа до ресурсу : <https://oblako.kz/iaas-blog/samye-populjarnye-oblachnye-servisy-v-mire>
123. Вировий С. І. Теоретико-методологічні аспекти соціально-політичних прогностичних досліджень / С. І. Вировий, Н. П. Дяченко // Актуальні проблеми державного управління. – 2013. – № 2. – С. 138–143. – Режим доступа : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdy\\_2013\\_2\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdy_2013_2_20)
124. Власова Валентина SAS/ETS: модели прогнозирования /SAS Institute Inc. . – Режим доступа до ресурсу : [https://www.sas.com/content/dam/SAS/ru\\_ru/doc/academic/VMK\\_MGU/2015/lec8/EM2015\\_8.pdf](https://www.sas.com/content/dam/SAS/ru_ru/doc/academic/VMK_MGU/2015/lec8/EM2015_8.pdf)
125. Воронин А. А. Оптимальные иерархические структуры. / А. А. Воронин, С. П. Мишин – М. : ИПУ РАН, 2003. – 210 с.
126. Воронов А. А. Теория автоматического управления. В 2-х ч. Ч. І. Теория линейных систем автоматического управления. / А. А. Воронов. – М. : Высшая школа, 1986. – 367 с.
127. Глонь О. В. Моделювання систем керування в умовах невизначеності : монографія / О. В. Глонь, В. М. Дубовой – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 170 с.
128. Годлевский М. Д. Управление развитием иерархических распределенных систем (на примере транспорта). / М. Д. Годлевский. // Проблемы управления и информатики. – 1995. – № 5. С. – 99–115.
129. Гольдштейн Г. Я. Основы менеджмента. / Г. Я. Гольдштейн. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2003. – 214 с.
130. Городецкий В. И. Самоорганизация и многоагентные системы. Часть 1. Модели многоагентной самоорганизации. / В. И. Городецкий. // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2012. – № 2. – С. 92–120.
131. Gorodetskii V. I. Applied multiagent systems of group control. / V. I. Gorodetskii., O. V. Karsayev, V. V. Samoylov, S. V. Serebryakov. // Scientific and Technical Information Processing. – 2010. – Т. 37, № 5. – С. 301–317.
132. Грабовецький Б. Є. Економічне прогнозування і планування. / Б. Є. Грабовецький. – К. : Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.

133. Громова Н. М. Основы экономического прогнозирования. / Н. М. Громова // Академия Естествознания – 2006. – Режим доступа до ресурсу : <https://www.monographies.ru/ru/book/view?id=10>
134. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров. / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко. – Режим доступа до ресурсу : <http://solidstate.karelia.ru/p/tutorial/ft/>
135. Джунусов И. А. Синхронизация в сетях линейных агентов с обратными связями по выходам. / И. А. Джунусов, А. Л. Фрадков. // Автоматика и телемеханика – 2011. – № 8. – С. 41-52.
136. Дубовой В. М. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами : монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 190 с.
137. Дубовой В. М. Оптимізація підсистем збору даних АСУТП в умовах комбінованої невизначеності : монографія / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – 169 с.
138. Дубовой В. М. Формалізація перетворень алгоритмічних моделей систем керування в умовах невизначеності / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – Т. 1 (68), № 4, Ч. 1. – С. 54–57.
139. Дубовой В. М. Інформаційна технологія координації багатолінійного технологічного процесу. / В. М. Дубовой, М. Е. Дуда, М. М. Байас. // Системний аналіз та інформаційні технології : 17-а Міжнародна конференція «SAIT 2015», Київ, 22–25 червня, 2015 р. – С. 238–239.
140. Дубовой В. М. Оцінювання ризику технологічного процесу обробки овочів / В. М. Дубовой, І. В. Пилипенко // Вісник Харківського національного університету. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». – 2012. Випуск 19. – № 1015. – С. 124–132.
141. Дубовой В. М. Контроль та керування в мережах теплопостачання. / В. М. Дубовой, В. В. Кабачій, Ю. М. Паночишин. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 190 с.
142. Дубовой В. М. Модель децентралізованого координаційного керування неперервними розподіленими об'єктами. / В. М. Дубовой, М. С. Юхимчук. // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Автоматика 2020». – С. 91–92.



143. Егоров С. В. Технологические процессы как объекты управления / С. В. Егоров. – М. : Изд-во МЭИ, 1988. – 96 с.
144. Забродская Лана. Разработка прогноза с помощью метода скользящей средней. – Режим доступа до ресурсу : - <http://www.ekonomika-st.ru/drugie/metodi/metodi-prognoz-1-3.html>
145. Заєць Н. А. Автоматизоване управління колонною дифузійною установкою з використанням принципів координації та адаптації / Н. А. Заєць // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2(32). – С. 34–37.
146. Залого В. О. Рекомендації щодо вибору методів прогнозування якості перебігу процесів інструментальної підготовки виробництва / В. О. Залого, О. В. Івченко, Ю. О. Погоржельська, В. М. Хярм // Сучасні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць. – Х. : НТУ «ХП», 2012. – Вип. 7. – С. 208–216.
147. Запорожцев В. В. Нечеткая параметрическая координация в многоуровневой иерархической системе. / В. В. Запорожцев, В. И. Новосельцев, А. Ю. Струков. // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – Т. 50. – № 4.1. – С. 142–145.
148. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. / А. Г. Ивахненко. – Киев Техніка, 1975. – 312 с.
149. Инновационные теплицы / ЭКО ТЕПЛИЦА . – Режим доступа до ресурсу : <https://teplitca.kiev.ua/a342609-innovatsionnye-teplitsy.html>
150. Кабальнов Ю. С. Структурные методы динамической координации процессов при управлении многосвязными объектами. / Ю. С. Кабальнов, И. В. Кузнецов, А. В. Маргамов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2007. – № 7 (25). – С. 3–11.
151. Кабальнов Ю. С. Анализ статической точности систем координированного управления. / Ю. С. Кабальнов, И. В. Кузнецов, Е. А. Смирнова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2009. – № 2 (35). – С. 126–131.
152. Кабальнов Ю. С. Исследование устойчивости систем координированного управления. / Кабальнов Ю. С., Маргамов А. В., Смирнова Е. А. // Вестник Уфимского государственного

- авиационного технического университета. – 2009. – № 1 (30). – С. 46–52.
153. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел. / Г. Карслоу, Д. Егер. – М. : Наука, 1964. – 488 с.
154. Клебанова Т. С. Модели и методы координации в крупномасштабных экономических системах. / Клебанова Т. С., Молдавская Е. В., Чанг Хогван. – Х – М. : Бизнес Информ, 2002. – 148 с.
155. Коломієць О. В. Побудова динамічної моделі об'єднання підприємств із синергічними зв'язками / О. В. Коломієць // Вісник Державного Університету «Львівська політехніка». Логістика. – 2002. – № 446. – С. 328–338.
156. Константиновская Л. В. Прогнозирование – Режим доступа до ресурсу : <http://www.astronom2000.info/прогнозирование/>
157. Контурный ранг. – Режим доступа до ресурсу : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Контурный\\_ранг](https://ru.wikipedia.org/wiki/Контурный_ранг)
158. Костерев В. В. Агрегирование вероятностной и нечеткой информации в задачах оценки риска / В. В. Костерев, А. Н. Аверкин // Международная конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM–99, 25–28 мая, 1999 г. : сборник докладов. – СПб, 1999. – С. 196–199.
159. Костерев В. В. Агрегирование случайной и нечеткой информации в задачах анализа безопасности / В. В. Костерев // Научная сессия МИФИ, январь, 1999 г. : тезисы докладов. – Москва, 1999. – С. 84–86.
160. Кузнецова С. Б. Системно-синергетический подход к решению задач экономической безопасности крупного промышленного комплекса / С. Б. Кузнецова, И. А. Кошкина // Социально-экономическое развитие России в XXI веке. – Пенза, 2003. – С. 127–129.
161. Кузьмин И. А. Распределенная обработка информации в научных исследованиях. / И. А. Кузьмин, В. А. Путилов, В. В. Фильчаков. – Л. : Наука, 1991. – 304 с.
162. Куценко А. С. Структура модели координации организационного управления территориально распределенными логистическими системами дистрибуции. / А. С. Куценко, И. М. Годлевский. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія:

- Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – 2015. – № 58. – С. 82–85.
163. Ладанюк А. П. Координація функціонування технологічних ділянок цукрового заводу з урахуванням задач прогнозування / А. П. Ладанюк, Н. А. Заєць, Л. О. Власенко, М. Н. Луцька // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 6. – С. 112–115.
164. Ладанюк А. П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації / А. П. Ладанюк, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць // Автоматизація виробничих процесів. – 2006. – № 2. – С. 44–47.
165. Дубовой В. М. Вплив віртуалізації на динаміку систем децентралізованої координації розподілених кібер-фізичних систем. / В. М. Дубовой, Д. С. Сембрат, М. С. Юхимчук. // Комп'ютерне моделювання і керування в техніці та технологіях КМКТТ-2021 : збірник наукових статей Дев'ятої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021 – С. 80–85.
166. Ладанюк О. А. Автоматизоване управління взаємозв'язаними підсистемами технологічних комплексів харчових виробництв : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів і виробництв» / О. А. Ладанюк. Укр. держ. універ. харчових технологій. – Київ, 1996. – 16 с.
167. Лифшиц Ю. Метод опорних векторов – Режим доступу до ресурсу : <http://yury.name/internet/07ianote.pdf>
168. Лысенко В. Д. Оптимизация разработки нефтяных месторождений / В. Д. Лысенко. – М. : Недра, 1991. – 296 с.
169. Лют Петер Твердофазный биореактор патент RU 2359026 <https://findpatent.ru/patent/235/2359026.html>
170. Ляшенко Е. Н.. Постановка задачи координации в системе гражданской защиты населения от чрезвычайных ситуаций регионального уровня управления. / Е. Н. Ляшенко, Д. Л. Кирийчук. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2015. – № 1 (12). – С. 263–269.
171. Ляшенко Е. Н. Разработка модели координации сил и средств в иерархической системе гражданской защиты населения. /

- Е. Н. Ляшенко, В. Г. Шерстюк. // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 4 (24). – С. 4–10.
172. Малинников В. В. Метод разложения в решении больших задач линейного программирования с блочной структурой / В. В. Малинников // Экономика и матем. методы. – 1971. – С. 733–736.
173. Малков А. В. «Системы с распределенными параметрами. Анализ и синтез». / А. В. Малков, И. М. Першин. – Научный мир, 2012. – 532 с. ISBN 978-5-91522-301-0.
174. Мамчур Е. А. Принцип простоты и меры сложности. / Е. А. Мамчур, Н. Ф. Овчинников, А. И. Уемов – М. : Наука, 1989. – 304 с.
175. Мембранная технология – Режим доступа до ресурсу : [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.pngwing.com%2Fru%2Ffree-png-tkahq&psig=AOvVaw1453\\_gTaTqPpqIrkUsgHan&ust=161721399839000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLjkjO\\_N2O8CFQAAAAAdAAAAABAM](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.pngwing.com%2Fru%2Ffree-png-tkahq&psig=AOvVaw1453_gTaTqPpqIrkUsgHan&ust=161721399839000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLjkjO_N2O8CFQAAAAAdAAAAABAM)
176. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем. / Месарович М., Мако Д., Такахара И. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
177. Метод опорних векторів [https://uk.wikipedia.org/wiki/метод\\_опорних\\_векторів](https://uk.wikipedia.org/wiki/метод_опорних_векторів)
178. Иванов В. В. Методы вычислений на ЭВМ : справочное пособие / Иванов В. В. – Киев : Наук. думка, 1986. – 584 с.
179. Миркин Б. М. Адаптивное децентрализованное управление с модельной координацией. / Б. М. Миркин // АиТ. – 1999. – № 1. – С. 90–100.
180. Михайлов Р. Л. Анализ научно-методического аппарата теории координации и его использования в различных областях исследований // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – №. 4. – С. 1-30.
181. Михалевич В. С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. / Михалевич В. С. – М. : Наука, 1982. – 286 с.
182. Моделювання та оптимізація систем / [Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В.] – Вінниця : ПП «ГД«Едельвейс», 2017. – 804 с.

183. Мультиагентные системы – Режим доступа до ресурсу : <https://intellect.icu/11-multiagentnye-sistemy-5354>
184. Новиков Д. А. Рефлексивные игры. / Д. А. Новиков, А. Г. Чхартишвили. – М. : СИНТЕГ, 2003. – 160 с.
185. Новосельцев В. И. Базовые модели управления и координации в социально-экономических системах. / В. И. Новосельцев, А. Б. Тарасов. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 4–9.
186. Ахмеров Р. Р. Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / Р. Р. Ахмеров, Б. Н. Садовский. Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН (ИВТ СО РАН), г. Новосибирск – Режим доступа до ресурсу : <http://w.ict.nsc.ru/books/textbooks/akhmerov/ode/index.html>
187. Печь (электропечь) туннельная для обжига – Режим доступа до ресурсу : [http://www.uralelectropech.ru/products/obzhig\\_tunnel/](http://www.uralelectropech.ru/products/obzhig_tunnel/)
188. Под Серпуховом появится мощный биореактор для отходов <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.oka.fm%2Fnew%2Fread%2Fsocial%2Fpod-Serpuhovom-poyavitsya-moshnyj-bioriaktor-dlya-othodov>
189. Подъяпольский С. В. Распределенная система управления нового поколения Experion PKS фирмы Honeywell. / Подъяпольский С. В., Родионов А. В., Соркин Л. Р. // Промышленные Контроллеры АСУ. – 2011. – № 09. – С. 2–7.
190. Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами : [монографія] / В. М. Дубовой, Г. Ю. Дерман, І. В. Пилипенко, М. М. Байас. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 224 с.
191. Применение АBB System 800xA в АСУТП генерации [Электронный ресурс] // СпецСнабПроект. – 2010. – Режим доступа до ресурсу : <http://ssproj.ru/articles/articles14.html>
192. Прогнозирование научно-технического прогресса в отраслях промышленности. Часть 2. Методы прогнозирования / [К. А. Кирсанов, Р. И. Песелева, А. А. Гвоздик и др.] ; под ред. К. А. Кирсанова. – М. : ВНИИПИ, 1991. – 160 с.
193. ПТК «Торнадо». Универсальное решение для автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс] // Tornado Modular

- systems – 2014 – Режим доступа до ресурсу :  
[https://tornado.nsk.ru/zakazchikam/product\\_zakaz/ptk\\_n/](https://tornado.nsk.ru/zakazchikam/product_zakaz/ptk_n/)
194. Распределенная система управления CENTUM [Электронный ресурс] // Yokogawa. – 2009. – Режим доступа до ресурсу :  
<http://www.yokogawa.ru/products/upravlenie-proizvodstvom-i-bezopasnostyu/raspredelennye-sistemy-upravleniya/>
195. Распределенная система управления CENTUM [Электронный ресурс] // Direct industry. – 2010. – Режим доступа до ресурсу :  
[http://img.directindustry.com.ru/images\\_di/photo-g/19033-10470219.jpg](http://img.directindustry.com.ru/images_di/photo-g/19033-10470219.jpg)
196. Растрингин Л. А. Адаптация сложных систем. / Л. А. Растрингин – Рига : Зинатне, 1981. – 375 с.
197. Risk <https://plato.stanford.edu/entries/risk/#DecTh>
198. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии в идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. / Ротштейн А. П. – Винница : Континент-ПРИМ, 1999. – 300 с.
199. Рудашевский В. Д. Координационное управление – резерв перестройки. / Рудашевский В. Д. – М. : Экономика, 1990. – 254 с.
200. Система управления производственными процессами Aprol [Электронный ресурс] // В&R. – 2013. – Режим доступа до ресурсу :  
[https://entas.ru/sites/default/files/aprol\\_rus\\_06.pdf](https://entas.ru/sites/default/files/aprol_rus_06.pdf)
201. Система управления процессом SIEMENS SIMATIC PCS 7 [Электронный ресурс] // Промоборудование-сис. – 2006. – Режим доступа до ресурсу : [http://promsis.spb.ru/catalog/ad\\_siemens/automatic\\_systems/siemens\\_simatic\\_pcs\\_7/](http://promsis.spb.ru/catalog/ad_siemens/automatic_systems/siemens_simatic_pcs_7/)
202. Смирнов Максим. Микросервисная архитектура в корпоративном ИТ-ландшафте. – Режим доступа до ресурсу «Открытые системы. СУБД» : <https://www.osp.ru/os/2017/04/13053389/>
203. Смирнова Е. А. Анализ и синтез систем координированного управления динамическими объектами по показателям качества сепаратных подсистем: дис. ... канд. техн. наук / Смирнова Е. А. – Уфа, Уфимский государственный авиационный технический университет. 2010. – 181 с.
204. Снитюк В. Е. Прогнозирование. Модели, методы, алгоритмы. / Снитюк В. Е. – К. : «Маклаут», 2008. – 364 с.

205. Современные АСУ ТП. Experion PKS [Электронный ресурс] // Высокотехнологичный блог. – 2011. – Режим доступа до ресурсу : <http://ajc.su/raznoe/sovremennye-asu-tp-experion-pks/>
206. Соколова Елена. SaaS: что это такое, экономическая выгода и перспективы внедрения в России – Режим доступа до ресурсу : <http://finvopros.com/saas-chto-eto-takoe.html>
207. Теория хаоса – Режим доступа до ресурсу : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория\\_хаоса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_хаоса)
208. Теория хаоса, понятие сложности, самоорганизация систем– Режим доступа до ресурсу : [http://ai-news.ru/teoriya\\_haosa\\_ponyatie\\_slozhnosti\\_samoorganizaciya\\_sistem.html](http://ai-news.ru/teoriya_haosa_ponyatie_slozhnosti_samoorganizaciya_sistem.html)
209. Черняк О. І. Теорія хаосу в економіці / Черняк О. І., Захарченко П. В., Клебанова Т. С. – Бердянськ, 2014. – 244 с.
210. Теплофизические свойства жидких веществ и растворов : справочное пособие – Режим доступа до ресурсу : <http://chimfac.chuvsu.ru/lib-dow/teplofiz-liquid.pdf>
211. Тимофеева Н. М. Рекомендации по технологическому прогнозированию. / Тимофеева Н. М. – М. : Академия прогнозирования, 2003. – 139 с.
212. Угаров П. А. Координация в иерархических гибридных системах управления с использованием поведенческих абстракций. / П. А. Угаров // Известия Челябинского научного центра Уральского отделения Российской академии наук. – 2004. – № 1 (22). – С. 186–191.
213. Угаров П. А. Синтез двухуровневых дискретно-непрерывных систем управления с гарантированным качеством: дис. ... канд. техн. наук / Угаров П. А.– Челябинск, 2005. – 147 с.
214. Фадеева І. Г. Синергізм та координація роботи підсистем в інтегрованій системі управління нафтогазовидобувної корпорації / І. Г. Фадеева // Економічний часопис-XXI. – 2012. – № 1–2. – С. 32–35. – Бібліогр.: 12 назв. – укр.
215. Файоль А. «Общее и промышленное управление» / Файоль А. ; пер. с франц., науч. ред. и предисловие проф. Е. А. Кочерина. – М. : Журнал «Контроллинг» (1916), 1992. – 111 с.
216. Фильтр Калмана /– Режим доступа до ресурсу : Википедия - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр\\_Калмана](https://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр_Калмана)

217. Форрестер Дж. Динамика развития города / Дж. Форрестер. – М. : Прогресс, 1974. – 214 с
218. Фридман А. Я. Условия координируемости двухуровневого коллектива динамических интеллектуальных систем. / Фридман А. Я. // Материалы 11 Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008. – М. : ЛЕНАНД, 2008. – С. 25–31.
219. Харкевич А. А. Теория преобразователей / Харкевич А. А. – М.: Госэнергоиздат, 1948. – 400 с.
220. Хорошева Е. И. Синергетический феномен финансовых отношений / Е. И. Хорошева // Финансы, учет, банки. – – 2009. – Вып. № 1(15).– С. 65–71.
221. Цвиркун А. Д. Оптимизация развития структур крупномасштабных систем (на примере энергетических систем). / Цвиркун А. Д. – М.: АН СССР. Институт проблем управления, 1987. – 52 с.
222. Цыпин А. П. О статистических методах периодизации исторических временных рядов макроэкономических показателей. / А. П. Цыпин // Вестник НГУЭУ. – 2014. – № 4. – С. 88–100.
223. Чучуева И. «Модель экстраполяции по выборке максимального подобия» / И. Чучуева // журнал «Информационные технологии», – декабрь 2010.
224. Чучуева Ирина. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия - <https://habr.com/ru/post/267035/>
225. Юдицкий С. А. Триадный подход к моделированию систем сетевидного управления. / Юдицкий С. А., Владиславлев П. Н., Точ Д. С. // Управление большими системами. – 2010. – № 28. – С. 24–39.
226. Google Cloud Platform – Режим доступа до ресурсу : [https://uk.wikipedia.org/wiki/Google\\_Cloud\\_Platform](https://uk.wikipedia.org/wiki/Google_Cloud_Platform)
227. Microsoft Azure – Режим доступа до ресурсу : [https://uk.vvikipedla.com/wiki/Microsoft\\_Azure](https://uk.vvikipedla.com/wiki/Microsoft_Azure)
228. Oracle Cloud – Режим доступа до ресурсу : [https://uk.vvikipedla.com/wiki/Oracle\\_Cloud](https://uk.vvikipedla.com/wiki/Oracle_Cloud)
229. Amazon Web Services – Режим доступа до ресурсу : [https://uk.vvikipedla.com/wiki/Amazon\\_Web\\_Services](https://uk.vvikipedla.com/wiki/Amazon_Web_Services)



230. Invensys updates Foxboro I/A Series System – Режим доступу до ресурсу : <https://www.automation.com/en-us/products/product12/invensys-updates-foxboro-ia-series-system>
231. Schneider-Electric – Режим доступу до ресурсу : <https://www.se.com/ua/ru/>
232. AVEVA – Режим доступу до ресурсу : <http://software.schneider-electric.com/simsci/>
233. Системы безопасности Triconex – Режим доступу до ресурсу : <https://www.se.com/ru/ru/product-range-presentation/63681-системы-безопасности-triconex/>
234. RTS-Ukraine – Режим доступу до ресурсу : <https://www.rts-soft.com/ru/company/>
235. Система управления процессом SIMATIC PCS 7 – Режим доступу до ресурсу : <http://siemens.el-complex.com/index.php?tree=1000000&tree2=3009999&tree3=10008586&tree4=5309999>

*Наукове видання*

**Дубовой Володимир Михайлович  
Юхимчук Марія Сергіївна**

**ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ КООРДИНАЦІЙНЕ  
КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ  
КІБЕР-ФІЗИЧНИМИ СИСТЕМАМИ З  
НЕПЕРЕРВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

Монографія

Оригінал-макет підготовлено В. Дубовим

Підписано до друку 14.01.2022 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman. Ум. др. арк. 13,4.  
Наклад 300 прим. Зам № В2022-05.

Вінницький національний технічний університет,  
редакційно-видавничий відділ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 65-18-06.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано ФОП Барановська Т. П.,  
21021, м. Вінниця, Порики, 7,  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 4377 від 31.07.2012 р.