

УДК 629.08

А. А. КОСОЛАПОВ – д.т.н., професор кафедри електронних обчислювальних машин, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, kosolapof@i.ua, ORCID 0000-0001-8878-568X

## СИСТЕМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

### Вступ

Підвищення якості управління процесом розформування-формування составів на сортувальних станціях забезпечується завдяки впровадженню АСКТП та системному підходу до вирішення цього завдання. АСКТП виконує інтегровану обробку первинної інформації в темпі протікання технологічного процесу, тобто в реальному масштабі часу, і використовує її результати для управління цим процесом. АСКТП є також джерелом об'єктивної, достовірної та своєчасної первинної інформації для АСК вищого рівня – АСК ВП УЗ-Є.

### Постановка проблеми

Широке впровадження АСК на станціях вимагає використання прогресивних методів їх створення, що забезпечують спільне проектування сортувальних комплексів і відповідних систем управління, і передбачають уніфікацію і типізацію проектних рішень, індустріалізацію робіт по створенню інтелектуальних систем шляхом виготовлення та комплексної поставки сукупності технічних і програмних засобів як продукції виробничо-технічного призначення.

### Основні результати

Сортувальні станції як об'єкти автоматизації. Для вирішення різноманітних наукових, технічних, організаційних завдань необхідно класифікувати АСК сортувальних гірок і станцій за рядом загальноприйнятих класифікаційних ознак. Для вибору систем-аналогів на ранніх етапах розробки, для оцінки необхідних ресурсів при плануванні робіт по створенню систем, для ви-

значення науково-технічного рівня АСКТП користуються такими незалежними класифікаційними ознаками: рівень, зайнятий технологічним об'єктом управління і АСК в організаційно-виробничій структурі підприємства; характер протікання технологічного процесу в часі; показник умовної «інформаційної потужності» об'єкта управління; рівень функціональної надійності; тип функціонування системи.

За рівнем, який займають в організаційно-виробничій ієрархії сортувальної станції, АСК СС відносяться до класу АСК *багаторівневих систем*.

За характером протікання керованого технологічного процесу в часі АСК сортувальних станцій відноситься до АСК *безперервно-дискретними технологічними процесами*, в яких поєднуються безперервні і переривчасті режими функціонування різних технологічних агрегатів на різних стадіях (наприклад, сповільнювачів, осаджувачів вагонів та ін.), які мають періодичний характер. Для множини дискретних подій в системах управління сортувальними гірками існують «жорсткі» обмеження на час їх обробки та видачі керуючих впливів і повідомлень, які потрібно враховувати при проектуванні та удосконаленні таких систем [6].

Важливим показником об'єктів автоматизації і систем керування відповідними об'єктами, що характеризує їх складність, є умовна інформаційна потужність (УІП). Вона визначається числом вимірюваних і контрольованих змінних в системі, тобто кількістю сигналів, що вводяться з об'єкта автоматизації (низової автоматики) в інформаційну систему. У табл. 1 наведено класифікацію систем за УІП [3].

Таблиця 1

**Класифікація АСКТП за умовною  
інформаційною потужністю**

УІП	Код	Число вимірюваних, або контрольованих тех- нологічних змінних	
		Мінімум	Максимум
Найменша	1	-	40
Мала	2	41	160
Середня	3	161	650
Підвищена	4	651	2500
Велика	5	2501	Не обмежено

Виконані дослідження показують, що для гірок чотирьох категорій на 3, 4, 6 і 8 пучків кількість автоматизованих технологічних ділянок при повній автоматизації становить відповідно 84, 124, 182 і 224. На цих ділянках встановлено контрольованих і керованих пристроїв 321, 482, 709 і 850, при цьому загальна кількість вхідних-вихідних сигналів дорівнює 1190, 1681, 2237 і 2769, з них кількість вхідних сигналів в систему, що визначає УІП, становить 809, 1233, 1703 і 2153. Всі системи керування розформуванням составів на гірках з 3, 4, 6 і 8 пучками відносяться до систем підвищеної УІП.

Рівень функціональної надійності АСКТП є вирішальним та значно впливає на структуру, технічні характеристики системи та її ефективність. За цим показником АСКТП гірок на сортувальних станціях відносяться до систем з максимальним, високим рівнем функціональної надійності, оскільки відмови в системі створюють можливість аварій на сортувальній станції.

Що стосується типу функціонування АСКТП на станціях, то вони створюються як локально-автоматичні, в яких автоматично виконуються інформаційні функції і функції локального керування (регулювання), а рішення по управлінню процесом в цілому приймає і реалізує оператор. Хоча в якості кінцевої мети є реалізація повністю автоматичного типу функціонування.

Таким чином, характеризуючи АСКТП сортувальної гірки з повною автоматизацією, можна описати її таким чином: «АСК безперервно-дискретними технологічними процесами, що відноситься до локально-автоматичному (автоматичному) типом підвищеної УІП (809...2153 технологічних змінних) і вищим рівнем функціональної надійності.

Наведена класифікація автоматизованих систем на сортувальних станціях характеризує в першу чергу складність об'єкта автоматизації і алгоритмів роботи технологічного комплексу.

Для сортувальних гірок існує своя галузева характеристика складності технологічних об'єктів автоматизації, яка називається потужність сортувальної гірки, яка визначає ступінь її автоматизації і набір функцій, що автоматизуються. У табл. 2 наведено класифікацію гірок з відповідними наборами функцій, підсистемами і пристроями автоматизації, які в комплексі складають Комплексну систему автоматизованого управління сортувальної станцією (КСАУ СС) [2, 7].

Розглядаючи об'єкти автоматизації як складні системи, Растрингін Л. А. писав [11], що суворе визначення складної системи ще не знайдено, але до деяких рис складної системи (як об'єкта управління) належать: відсутність математичного опису або алгоритму; «зашумленість», наявність випадкових перешкод і другорядних процесів; чутливість, «нетерпимість» до управління; нестационарність, що виражається в дрейфуванні характеристик, зміні параметрів, еволюція в часі; не відтворюваність експериментів в ній. Вочевидь, що сортувальна станція як об'єкт автоматизації є складною системою з усіх розглянутих характеристик [3, 11].

## Класифікація сортувальних гірок як об'єктів автоматизації

№	Найменування ознак	Категорії гірок, потужності			
		Підвищена	Велика	Середня	Мала
1	Добова переробка, ваг./добу	>5500	3500-5500	1500-3500	250-1500
2	Кількість пучків	6	4-6	3-4	1-3
3	Кількість сортувальних шляхів	>40	30-40	17-29	4-16
4	Кількість гальмівних позицій	3	3	2-3	1-2
5	Висота гірки, м	≤ 5	≤ 4,5	≤ 3,5	< 3
6	Можливість паралельного розпуску	є	є	немає	немає
7	Значення гірок	мережні	мережні	регіональні	регіональні
8	Кількість гірок України (на 36-ти сортувальних станціях)	1, Куп'янськ-Сортувальний (парна система)	11, Червоний Ліман, Яснувата та ін..	13, Одеса, Дарниця, Джанкой, Воєноградська, Лозова, ...	13, Червоноармійськ, Лозова, ...
9	Функції	КСАУ СС. Рівні автоматизації гірок. Оснащення пристроями автоматизації			
	Прийом і формування потягів	ГАЛС, УТС, БЗУ-ДУ, зчитування номерів вагонів	ГАЛС, УТС, БЗУ-ДУ, зчитування номерів вагонів	УТС, зчитування номерів вагонів	зчитування номерів вагонів
	Насув та розпуск	ГАЛС-Р	ГАЛС-Р	ГАЛС-Р	ГАЛС-Р
	Керування маршрутами скочування відцепів	ГПЗУ (КВГ), ГАЦ МН	ГПЗУ (КВГ), ГАЦ МН	ГПЗУ (КВГ), ГАЦ МН	ГПЗУ (КВГ), ГАЦ МН
	Керування швидкістю скочування відцепів	УУПТ, КЗШ на всю довжину СП	УУПТ, КЗШ	УУПТ, КЗШ спрощеного типу	СУ и УМ на базі ППЗ
	Контроль та діагностування	КДК СУ ГАЦ, предвдмовна діагностика	КДК СУ ГАЦ (за дискр. і аналог. сигналами)	КДК СУ дискр. і аналог. сигналами	КДК СУ
	Оперативно-діагностичне обладнання	ПГУ-М, АРМ, табло	ПГУ-М, АРМ, табло	ПГУ-М, АРМ	ПГУ-М, АРМ
	Автоматизація компресорної станції	КСАУ КС	КСАУ КС	КСАУ КС	-

Позначення: ГАЦ МН - управління стрілками, УУПТ - управління вагонними світлофорами, КВГ - управління світлофорами гірок і показниками кількості вагонів, ГАЛС - управління гірковими і маневровими локомотивами, ГАЛС-Р - ГАЛС з сулутничковою навігацією і динамічним контролем рухомих одиниць і кордонів, КСАУ КС - управління компресорною станцією, КДК СУ - контрольно-діагностичний комплекс станційних пристроїв, КЗШ - контроль залповнення шляхів, СУ и УМ - станційні пристрої та пристрої механізації на базі ППЗ, УТС - пристрої телесигналізації, ПГУ-М - портативні гіркові пристрої, БЗУ-ДУ - блокові задавачі пристрої з дистанційним керуванням, КСАУ СС - комплексна система автоматизованого управління сортувальною станцією.

АСК сортувальними станціями як об'єкти проектування. За [1] складність об'єкта проектування визначається кількістю складових частин, на які розбивається об'єкт в процесі проектування. При цьому межа розбиття (суб'єктивне обмеження складності) встановлюється на рівні, коли розробник розуміє, як побудована і працює кожна частина і система в цілому. За градаціями, запропонованими у стандарті, обчислювальні машини відносяться до дуже складних об'єктів з кількістю складових частин  $10^4$  до  $10^6$ . А багатомашинні системи управління сортувальними станціями відносяться до об'єктів максимальної, дуже високої складності, коли система, що проектується, має понад  $10^6$  складових частин.

Власне для системи керування також застосовують поняття складна (велика) система.

Складною (великою) системою за Гельфандом-Цетліним [5] є система, в якій суттєвим параметром, що впливає на її ефективність, виступає структура системи. Тобто, поняття архітектура [8] є описом саме складної (багато- структурної) системи.

Складність АСК сортувальними станціями як систем керування. З позицій стохастичної динаміки [9], складною називається система, що складається з множини взаємодіючих складових (підсистем), внаслідок чого вона набуває нових властивостей, які відсутні на підсистемному рівні і не можуть бути зведені до суми властивостей підсистемного рівня. Тобто складні системи мають синергетичний ефект. Синергетичний підхід до проектування систем керування сортувальними станціями передбачає врахування наступних основних факторів [12]: природа ієрархічно структурована в кілька видів відкритих нелінійних систем різних рівнів організації: динамічно стабільні, адаптовані, і найбільш складні - системи, що еволюціонують; зв'язок між ними здійснюється завдяки хаотичному, невірноваженому стану систем, що є сусідами; невірноваженість є необхідною умовою появи

нової організації, нового порядку, нових систем, тобто – розвитку; коли нелінійні динамічні системи об'єднуються, нове утворення не дорівнює сумі частин, а утворює систему іншої організації або систему іншого рівня; у невірноважених умовах відносна незалежність елементів системи поступається місцем корпоративній поведінці елементів: поблизу рівноваги елемент взаємодіє тільки із сусідніми, далеко від рівноваги – «бачить» всю систему цілком і узгодженість поведінки елементів зростає.

В роботі [4] розглядаються питання структурної складності систем як набору взаємозалежних підструктур і операцій над ними і пропонуються прикладні інтерпретації структурної складності систем інформатики. Вочевидь, введене поняття архітектура [8] фактично є набором взаємозалежних структур (підструктур), звідки випливає, що архітектура ІС сортувальної станції володіє структурною складністю.

### Висновки

Таким чином, АСК сортувальними станціями як з точки зору складності об'єкта автоматизації, так і з позицій їх внутрішньої організації є складними системами, а як об'єкт проектування - це системи дуже високої складності, для розробки яких необхідні індустриальні засоби автоматизованого проектування.

### Бібліографічний список

1. ГОСТ 23501.108-85 [Текст] // Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение. 1985.
2. Концепція автоматизації роботи сортувальних гірок України [Текст] / Проект.: ДП ДНДЦУЗ, 2010. — 36 с.
3. Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию и применению автоматизированных систем управления технологическими процессами в отраслях промышленности (ОРММ-3 АСУТП) [Текст] / Государственный комитет

- СССР по науке и технике. — М.: Финансы и статистика, 1986. — 73 р.
4. Босов, А. А. Структурная сложность систем [Текст] / А. А. Босов, В. М. Ильман // Вісник ДНУЗТ ім. ак. В. Лазаряна. 2012. № 40. — С. 173-179.
  5. Гельфанд, И. М. О некоторых способах управления сложными системами [Текст] / И. М. Гельфанд, М. Л. Цетлин // Успехи математических наук. 1962. Т. 17. № 1 (103). — С. 3-25.
  6. Иванченко, В. Н. Теория построения и реализация информационно-управляющих микропроцессорных систем на сортировочных станциях [Текст] : автореф. дис. .... д.т.н. 05.22.08 / Иванченко Владимир Николаевич. — Ленинград: ЛИИЖТ, 1988. — 48 с.
  7. Казиев, Г. Д. Задачи технического перевооружения сортировочных станций [Текст] / Г. Д. Казиев, А. Г. Савицкий // Автоматика, связь, информатика. 2007. № 4. — С. 17-22.
  8. Косолапов, А. А. Розвиток наукових основ побудови і експлуатації систем автоматизації залізничних сортувальних станцій. 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Автореферат на здобуття наукового ступеня д.т.н. [Текст] / А. А. Косолапов. — Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. — 49 с.
  9. Лоскутов, А. Ю. Основы теории сложных систем [Текст] / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов —М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и стохастическая динамика», 2007. — 620 с.
  10. Растрин, Л. А. Адаптация сложных систем [Текст] / Л. А. Растрин. — Рига: Зинатне, 1981.
  11. Хакен, Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. [Текст] / Г. Хакен —М.: Мир, 1985.
- Ключові слова:** сортувальні станції, АСУ, системний аналіз, об'єкти автоматизації, проектування, управління.
- Ключевые слова:** сортировочные станции, АСУ, системный анализ, объекты автоматизации, проектирования, управления.
- Keywords:** marshalling yards, automation, system analysis, objects of automation, of design, of control.
- Рецензенти:**  
д.т.н., проф. В. В. Скалозуб,  
д.т.н., проф. В. І. Шинкаренко.
- Надійшла до редколегії 09.09.2015.  
Прийнята до друку 23.09.2015.