

УДК 656.2/.5:004.4(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.2/39>**Кириченко Г.І.**

Державний університет інфраструктури та технологій

**Бердніченко Ю.А.**

Державний університет інфраструктури та технологій

**Бердніченко Є.О.**

Державний університет інфраструктури та технологій

**Юр'єв О.В.**

Державний університет інфраструктури та технологій

## РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ: ВІД ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МАШИН ДО СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Стаття присвячена історії впровадження засобів автоматизації на залізницях України протягом останніх п'ятдесяти років. Автоматизація почалася на станціях та при передачі звітних даних від дирекцій перевезень до обчислювальних центрів залізниць. Стаття розглядає необхідність впровадження перших ІТ на станціях, обумовлену зростанням обсягів перевезень та потребою у більш швидкій обробці інформації. Основна увага зосереджується на потребі автоматизації процесів формування поїздів та розформування, що стало актуальним через зростання обсягів перевезень. В статті також описується технічна та інформаційна інфраструктура, необхідна для впровадження систем автоматизації на залізницях, зокрема спеціально обладнані приміщення, комп'ютерне обладнання та програмне забезпечення.

У світлі швидкого розвитку інформаційних технологій та постійних змін у вимогах до транспортної інфраструктури, автоматизація управління залізницями стає все більш актуальною та необхідною. Українська залізниця, впроваджуючи різні системи автоматизації, створює фундамент для покращення якості послуг та оптимізації використання ресурсів.

Автоматизація процесів на залізницях не лише дозволяє підвищити продуктивність та ефективність роботи, але й сприяє покращенню безпеки перевезень та оптимізації витрат. Впровадження сучасних інформаційних технологій, таких як система управління вантажними перевезеннями та система динамічної роботи станційного вузла, допомагає у здійсненні стратегічного управління транспортними потоками та адаптації до змінних умов на ринку.

Досвід впровадження та функціонування різних систем автоматизації на залізницях України є важливим джерелом знань для подальшого розвитку та вдосконалення транспортної галузі. Такі системи дозволяють забезпечити більш точне та оперативне управління рухом поїздів, планування перевезень, а також ефективне використання інфраструктури залізниць.

**Ключові слова:** автоматизація, залізниця, інформаційні технології, обчислювальна техніка, станція, програмне забезпечення.

**Постановка проблеми.** Українська залізниця стикається з низкою викликів у контексті оптимізації своєї діяльності та підвищення рівня ефективності. Однією з основних проблем є необхідність постійного модернізації та вдосконалення систем управління та контролю, оскільки транспортна інфраструктура зазнає постійних змін у зв'язку з розвитком технологій та зміною вимог ринку.

Крім того, існує проблема неефективного використання ресурсів та розподілу транспортних

потоків, що може призвести до затримок у перевезеннях, перевищення термінів доставки та погіршення якості обслуговування клієнтів. Брак системи ефективного управління та моніторингу може також призвести до збільшення витрат та зниження конкурентоспроможності залізниці на ринку.

Таким чином, необхідно розробити та впровадити сучасні інформаційні технології, які дозволять підвищити ефективність управління рухом поїздів, оптимізувати розподіл транспортних

потоків, зменшити час знаходження вантажу на станціях та підвищити рівень обслуговування клієнтів.

Впровадження засобів автоматизації на залізницях України має власну історію, якій вже більше п'ятдесяти років. Народжувалась автоматизація у просторі двох складових експлуатаційного процесу – на залізничних станціях і при передачі звітних даних від дирекцій перевезень до обчислювальних центрів залізниць відповідно до ієрархії управління.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел [1–5], що стосуються впровадження інформаційних технологій на залізницях України, свідчить про значний прогрес у цій сфері протягом останніх п'ятдесяти років. Зокрема, джерела вказують на перехід від ручної обробки документів до автоматизованих систем, які значно полегшують і прискорюють процеси розподілу вагонів, формування поїздів та моніторингу руху транспорту.

Літературні джерела відзначають етапи еволюції інформаційних технологій на залізницях, починаючи від встановлення великих електронно-обчислювальних машин у 80-х роках до сучасних комплексних систем автоматизованого управління. Вони також акцентують увагу на значенні ефективного використання ресурсів та оптимізації процесів з метою підвищення конкурентоспроможності та покращення якості обслуговування.

**Постановка завдання.** Мета статті полягає в аналізі історії впровадження інформаційних технологій на залізницях України протягом п'ятидесяти років, від початку їхнього застосування до сучасних комплексних систем автоматизованого управління.

**Виклад основного матеріалу.** Необхідність впровадження перших ІТ на станціях, крім світового прогресу і намаганнями держави тих часів не відстати від нього [6], була обумовлена наступними кількома факторами. Головні з них – це необхідність переробки великої кількості інформації про вагони та вантажі відповідно до призначень плану формування поїздів та визначення черговості розформування поїздів, що очікують обробки по прибуттю. «Вручну» це ставало робити все довше, тому що обсяги перевезень в цей час, а саме у середині 70-х – на початку 80-х років минулого сторіччя, нарощувалися. Для спеціалістів, знайомих із роботою сортувальних станцій, очевидні витрати робочого часу та відповідальність людини, що визначає колії сортувального парку для накопичення вагонів відповідно

до станції призначення вантажу. Для дотримання технології процесів розформування – формування поїздів у голові працівника трималися знання про:

- існуючий план формування на станції, який встановлює порядок накопичення вагонів тільки у відповідно встановленому напрямку, станції призначення майбутнього поїзда та його категорії;
- оперативні зміни до плану формування;
- спеціалізацію колій сортувального парку, тобто встановлену технологічним процесом станції відповідність колії сортувального пару до станції призначення поїзду, що формується;
- довжину колій, у т.ч. сортувального парку.

Вочевидь, що на потужних сортувальних станціях таких як Дарниця, Нижньодніпровськ-Вузол, Запоріжжя-Ліве, Ясинувата, Харків-Сортувальний, Основа, Клепарів та інші такого класу (їх відносили до позакласних за обсягом роботи) для виконання обробки документів при формуванні поїздів була задіяна значна кількість людей. Це були працівники технічних контор, так називалися функціональні підрозділи, що наразі мають назву – станційні технологічні центри з обробки документів (СТЦ). Обсяги обробки за добу склали на потужних станціях до 6000 вагонів. Щоб підготувати состави поїздів до розформування, а саме скласти сортувальні листи на них, у технічній конторі, наприклад на станції Дарниця тільки в одній системі, працювало 5 осіб у зміну. Зрозуміло, функції обробки інформації потребували використання засобів обчислювальної техніки, яка вже широко впроваджувалася на залізничних станціях світу. У 80-х роках на сортувальних станціях України, назвемо їх – вирішальними – встановлювалися потужні на той час, електронно-обчислювальні машини (ЕОМ), наприклад ЕС1010 на станції Дарниця, Нижньодніпровськ-Вузол, Кривий Ріг Сортувальний. До «великих» ЕОМ відносилась також міні-ЕОМ СМ14, що працювала на станції Запоріжжя-Ліве.

Великі обсяги оперативної інформації про роботу сортувальних станцій, прикладне програмне забезпечення (ПЗ) та операційна система потребували потужних обсягів пам'яті, які мали тільки великі ЕОМ. Обладнання та експлуатація таких машин, у свою чергу, вимагала значної площі станційних спеціально обладнаних приміщень, прокладання траншей для каналів зв'язку із терміналами на робочих місцях; наявності кваліфікованих фахівців, що володіли машинно-орієнтованими мовами програмування. Таким чином, на кожній із сортувальних станцій створювалася своя унікальна система.

Обсяги оперативної пам'яті ЕОМ, що використовувалися у 70–80-х рр складали від 16 Мб до 1024 Мб, це забезпечувало на той момент функціонування прикладних програм, операційної системи (ОС) та оперативної бази даних (БД), системи управління БД та інформаційного забезпечення. Для порівняння зазначимо, що обсяг оперативної пам'яті сучасної АСУ станції, що має назву «Динамічна робота станційного вузла» в складі Автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями УЗ (АСК ВП УЗ-Є) досягає близько 4–8 Гб.

Таким чином, для реалізації інформаційної технології – АСУ станції – необхідним є програмно-апаратний комплекс, до складу якого входять: обладнання ЕОМ, ОС, мережа передачі даних (МПД), система управління БД (СУБД), прикладне програмне забезпечення (ППЗ) та інформаційне забезпечення, що включає в себе нормативну базу, і дозволяє дії користувача.

Звернемо увагу на співвідношення між витратами на технічні засоби і витратами на розробку прикладного програмного забезпечення (ППЗ). З розвитком швидкими темпами технологій створення парку комп'ютерів, ціна їх знижується, вартість праці програмістів збільшується. Тому і зазначене співвідношення змінюється протягом періоду впровадження АСУ на станціях. У середині 70-х – на початку 80-х років воно складало близько 9:1. Тобто вартість ЕОМ була значно більше витрат на розробку ППЗ. Наразі це співвідношення орієнтовно становить, за оцінками експертів, 1:9. Можна сказати, що вартість ЕОМ знижується, ціна інтелектуальної праці розробників програмного забезпечення збільшується.

Перехідний період – від впровадження АСУ сортувальної станції на великих ЕОМ, що були встановлені на вирішальних станціях, до функціонування сучасної АСУ в складі АСК ВП УЗ-Є, автоматизовані робочі місця (АРМ) якої встановлені наразі на кожній вантажній станції – супроводжувався впровадженням різних систем та різноманітного обладнання. З 80-х років минулого століття було впроваджено АСУ станції на СМ 2, міні-ЕОМ СМ 1800, СМ 1810, *Robotron-1715*. Так, СМ 1800 впроваджувалась для реалізації задачі АСУ стикового пункту на станціях Миронівка, Кривий Ріг, Кривий Ріг Головний та інші. В комплексі ЕОМ *Robotron-ів* (станція Апостолове) працівник технічної контори, називаємо зараз – станційного технологічного центру (СТЦ), працював вже безпосередньо на ПЕОМ у системі з розподіленою БД. Пізніше тут, була впроваджена АСУ

СС (з назвою КС АРМ, комплексна система автоматизованих робочих місць) на ПЕОМ і базою даних на сервері. Сервер – це потужна головна персональна ЕОМ (ПЕОМ), що утримує БД АСУ і відповідає за розподілення її ресурсів на інших комп'ютерах системи.

Слід відмітити, що у період 80–90 рр. в економіці посилювалися вимоги до ефективності виробництва [7]. Залізничники впроваджували різноманітні прогресивні методи організації експлуатаційної роботи, що сприяли її раціоналізації на станціях. Відомо, що експлуатаційники контролюють ефективність своєї роботи за рядом показників. Серед цих показників важливим є час, а саме час знаходження вагона на станції; час обігу вагону на дирекції, залізниці. Вочевидь, що скорочення часу знаходження вагону на сортувальних станціях, залежить від швидкості накопичення та відправлення сформованих поїздів. Один із факторів пришвидшення накопичення [2], пов'язаний з наявністю вагонів відповідних призначень – струй, що очікують розформування у парках прибуття та ефективним визначенням черговості їх обробки. Оптимальне рішення (ОР) утворюється при перебірці варіантів розформування та порівняння результатів накопичення вагонів у сортувальному парку при формуванні нових составів. Така задача сформульована у класичі експлуатаційної роботи як план (прогноз) поїздоутворення. Вочевидь, ефективно планувати відправлення поїздів на позакласних станціях було вкрай важко без використання обчислювальних засобів. Таким чином, реалізація задачі щодо розрахунку плану поїздоутворення на позакласних станціях була одним із основних факторів, нагальною необхідністю та важливою причиною використання ЕОМ в оперативній експлуатаційній роботі. *(На жаль, із зменшенням обсягів перевезення ця функція втрачається.)*

Таким чином, для впровадження АСУ роботою станцій існували об'єктивні умови – загальний технічний прогрес та суб'єктивні умови – вимоги підвищення ефективності перевезень і контролю за використанням ресурсів. Узагальнимо цілі впровадження ЕОМ на сортувальних станціях:

- обробка інформації з метою розрахунку технологічних документів для організації роботи станції;

- формування плану поїздоутворення для ефективного накопичення вагонів і відправлення поїздів, що сформовані станцією.

З середини 90-х років розроблюються і впроваджуються АСУ станції на базі комп-

лексу ПЕОМ – КС АРМ. Цю принципово нову програмно-апаратну технологію опанували розробники інформаційно-обчислювального центру (ІОЦ) Південної залізниці і впровадили її на ряді станцій. У цей же період перед ІТ-працівниками залізниць України постала задача створення вітчизняної розробки АСУ станції і фахівці тієї ж Південної залізниці з успіхом розробляють першу національну інформаційну систему [3]. Комплексна система електронного обміну документів (КСЕОД), з кінця 90-х років вона впроваджувалась на всіх сортувальних станціях залізниць України. Так, на початку 2000-х на зміну «великим» ЕОМ, що займали багато місця, потребували особливого штату супроводження і розробки програмного забезпечення фахівцями, які володіли мовами програмування, що орієнтовані на операційну систему конкретної обчислювальної машини, прийшли ПЕОМ із БД на серверах, стандартні засоби супроводження та програмування. Система КС ЕОД [3] надала зручний сервіс працівникам станцій та збільшила розуміння експлуатаційників про можливості та переваги використання обчислювальної техніки при організації роботи.

Паралельно з розвитком системи АСУ станції на залізницях України розроблюється АСК ВП УЗ, яка з часом функціонує на всіх шести ІОЦ залізниць. Згодом, у 2012 р., створюється єдина автоматизована система управління вантажними перевезеннями УЗ – АСК ВП УЗ-Є [4, 7], база даних якої містить всі операції з вагоном та вантажем у процесі перевезення, тобто створюється загальний інформаційний простір залізниць України. Вочевидь, перевезення включає в себе знаходження вагонів та вантажів на сортувальних станціях, тому виникла потреба функціонування АСУ станції у спільному інформаційному просторі. Завдяки розробці АСК ВП УЗ-Є та новій програмно-апаратній технології – системі відображених моделей (СВММ), а також досвіду розробки та функціонування КС ЕОД, ІТ фахівцями України була створена новітня програмна розробка. Вона має назву «Динамічна робота станційного вузла» (ДРСВ) або простіше – Динамічна модель станції (ДМ), що функціонує у складі АСК ВП УЗ-Є.

Існуюча АСУ складається з двох основних модулів, які використовуються в залежності від обсягів та характеру роботи станції. Динамічна модель станції відображає динаміку подій – операції з вагоном (за часом їх виконання) на коліях станції. В умовах роботи сортувальної станції це процеси розформування – формування нових

составів поїздів у загальному інформаційному просторі АСК ВП УЗ-Є. Таким чином створюються моделі колій та парків і станції у цілому, що дозволяє реалізовувати всі основні технологічні задачі експлуатаційної роботи [5].

Аналізуючи зміст складових АСУ, що наведено на рис. 2, звернемо увагу на те, що завдяки технічному прогресу та розвитку комп'ютерних технологій, зміни відбулися у всіх складових системах. Устаткування змінилося з великих ЕОМ на елегантні комп'ютери, які не тільки не поступаються, але і перевершують перших у потужностях. Мережа передачі даних на додачу до провідних каналів доповнилася оптоволоконним кабелем, супутниковим або мобільним зв'язком та пристроями, що утворюють сучасну мережу – модеми, конвертори, маршрутизатори, комутатори локальної мережі (Switch) тощо. Виникли міжнародні стандартні системи управління БД. Операційні системи Windows 2016, 2019, 2023. Бази даних ORACLE, MySQL. Прикладне програмне забезпечення доповнилося новими задачами, реалізацію яких вимагали експлуатаційники. Функції же АСУ станції залишаються незмінними у своїй технологічній основі, як і основний склад інформаційного, нормативного забезпечення, що орієнтовано на користувача системи.

До складу основних функції автоматизованої системи з формування технологічних документів для організації роботи сортувальної станції на базі динамічної моделі відносяться:

- підготовка інформації про склад поїзда, що знаходиться у парку прибуття, до розформування;
- складання розміченого натурного листа (НЛ);
- складання сортувального листа для організації розпуску;
- ведення накопичувальної системи по коліях сортувального парку;
- формування нового складу поїзда та розрахунок документів на відправлення;
- формування звітів та облікових документів.

З впровадженням Динамічної моделі станції у середовище АСК ВП УЗ-Є можливо б було зупинитися із розвитком АСУ цього типу, так як система повністю охоплює сортувальну роботу. З іншого боку на станціях функціонують різні підрозділи [9], що здійснюють обробку вагонів та вантажів: технічні пункти, комерційні, контейнерні майданчики, на прикордонних станціях – передавальні. Всі існуючі операції з поїздами, вагонами та вантажами доцільно відображати у єдиному інтерфейсі системи, не розділяючи на функції окре-

мих АРМів, але реалізувати вибір потрібних операцій на робочому місці працівника. Таким чином, на станціях, незалежно від характеру та обсягів їх роботи, існуватиме єдиний зручний інтерфейс користувача.

Майбутній розвиток системи, на нашу думку, також пов'язаний з автоматичним введенням інформації про операції з поїздом, вагоном, а значить і вантажем. Сучасні системи з'єму даних забезпечать дотримання основних вимог до репрезентативності інформаційного забезпечення [8], що характеризує якість первинних даних та включає такі критерії, як оперативність (своєчасність), достовірність, повнота та однорідність. Перспектива використання автоматичних відео-засобів, програмних контролерів, систем супутникової навігації у технологічних процесах забезпечить виконання важливого правила функціонування системи – одноразового введення первинних даних [9].

**Висновки та пропозиції.** Розвиток технологій та зміни в цінній політиці призвели до зміни співвідношення між витратами на технічні засоби і витратами на розробку прикладного програмного забезпечення (ППЗ) в процесі впровадження автоматизованих систем управління на залізницях. Під час перехідного періоду від впровадження АСУ на великих ЕОМ до сучасних систем, виникали різні виклики та потреби в розвитку інфраструктури. Важливими завданнями впровадження були обробка інформації для розрахунку технологічних документів та формування плану поїздотворення

для ефективного накопичення та відправлення поїздів. Впровадження різних систем та обладнання, таких як АСУ на великих ЕОМ, комплекси ПЕОМ, системи електронного обміну документів, дозволило підвищити ефективність роботи станцій та раціоналізувати процеси експлуатації.

Завдяки розвитку інформаційних технологій і впровадженню сучасних систем управління, таких як АСК ВП УЗ-Є та Динамічна робота станційного вузла (ДРСВ), залізниці України можуть оптимізувати процеси перевезень та забезпечувати ефективне функціонування станцій. Розробка та впровадження таких систем відображає сучасні вимоги до автоматизації та підвищення ефективності управління транспортними потоками. Аналіз розвитку автоматизованих систем, які використовувалися раніше і функціонують наразі на залізничних станціях України, дозволив зробити ще один із висновків – основні технологічні функції АСУ станції залишаються незмінними і не залежать від технічних засобів, операційної системи та системи управління базою даних. З точки зору системного аналізу на станції є об'єкти управління; стаціонарні – станція, колія, парк; нестационарні – вантаж, вагон, контейнер, локомотив, локомотивна бригада, інформація, та операції з цими об'єктами. Тому, на нашу думку, при розробці та впровадженні систем не доцільно орієнтуватися на характер роботи станції та обсяги її роботи. Слід визначати набори та обсяги операцій з об'єктами управління і враховувати обсяги їх при розробці та вдосконаленні АСУ станції.

#### Список літератури:

1. Кириченко Г.І., Бердніченко Ю.А., Стрелко О.Г., Антонів О.С. Забезпечення дотримання технологічного процесу залізниці при використанні автоматизованої системи. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 33 (72) № 6. 2022. С. 243-246. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/39>
2. Бочаров О. П., Мукмінова Т. А. Централізація інформаційних ресурсів та формування інформаційного середовища на залізничному транспорті. *Залізничний транспорт України*. 2007. № 4. С. 4–9.
3. Statyuka Y., Kyrychenko H., Strelko O., Berdnychenko Y. Control of technological processes using A fuzzy controller of the system for management of cargo delivery by railway. *Acta Scientiarum Polonorum, Administratio Locorum* this link is disabled. 2021. № 20(3). P. 241–251.
4. Кириченко Г.І., Бердніченко Ю.А. Складові інформаційної моделі перевізного процесу вантажних перевезень залізничного транспорту. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2021. Том 26 № 3. С.12-17. <https://doi.org/10.18664/iksz.v26i3.240455>
5. Fomin O., Lovska A., Horban A. Historical aspects of construction and operation of train ferry routes. *History of Science and Technology*. Vol. 11, no. 2. P. 351-382. <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2021-11-2-351-382>
6. Бочаров О. П., Михальов Г. О., Мороз В. П., Шиш В. О. Динамічна модель сортувальної станції та її роль в подальшій оптимізації процесу перевезень. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2011. № 5. С. 74-76.
7. Огар О. М., Ломотько М. Д. Шляхи удосконалення автоматизованої логістичної системи управління залізничними станціями. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами : зб. матері-*

*алів Міжнар. наук.-техн. конф.*, 17–18 листоп. 2020 р. Секція: Інтелектуальні технології управління транспортними процесами : тези доп. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, 2020. С. 11-12.

8. Овчарук І., Боклаг Є. Інформаційні системи на залізничному транспорті: розвиток та перспективи. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*. 2020. № 3(2). С. 170–182. <https://doi.org/10.31866/2617-796x.3.2.2020.220594>

9. Великодний В. В., Ковдря Д. В., Цейтлін С. Ю. 10 років розвитку інформаційних технологій залізничної галузі. *Залізничний транспорт України*. 2017. № 1. С. 16-23.

### **Kyrychenko H.I., Berdnynchenko Yu.F., Berdnynchenko Ye.O., Yuriyev O.V. DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN UKRAINIAN RAILWAYS: FROM COMPUTING MACHINES TO MODERN MANAGEMENT SYSTEMS**

*The article is dedicated to the history of implementing automation tools in Ukrainian railways over the past fifty years. Automation began at stations and in the transmission of reporting data from transport directorates to railway computing centers. The article discusses the necessity of introducing the first IT solutions at stations, driven by increasing transportation volumes and the need for faster information processing. The main focus is on the need for automating train formation and disbandment processes, which became relevant due to growing transportation volumes. The article also describes the technical and information infrastructure required for implementing automation systems on railways, including specially equipped premises, computer hardware, and software.*

*In light of rapid developments in information technology and evolving requirements for transportation infrastructure, railway management automation becomes increasingly relevant and necessary. By implementing various automation systems, Ukrainian railways are laying the foundation for improving service quality and resource utilization optimization.*

*Automation of processes on railways not only enhances productivity and efficiency but also contributes to improving transportation safety and cost optimization. The adoption of modern information technologies, such as freight transportation management systems and dynamic station operation systems, aids in strategic traffic management and adaptation to market fluctuations.*

*The experience of implementing and operating various automation systems on Ukrainian railways is a crucial source of knowledge for further development and improvement of the transportation sector. Such systems enable more accurate and timely train traffic management, transport planning, and efficient utilization of railway infrastructure.*

**Key words:** automation, railway, information technology, computing technology, station, software.