

В. З. ЯНЕВИЧ, С. М. ЦЕРКОВНИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРИ АНАЛІЗІ РОБОТИ СТАНЦІЙ І ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПІДПРИЄМСТВ

В статті викладена методика визначення найбільш реальних умов для аналізу взаємодії залізничних станцій та прилеглих до них під'їзних колій підприємств, в тому числі інтенсивності у часі прибуття поїздів з вагонами в адресу підприємств. Ці дані найбільш об'єктивні, тому що базуються на результатах статистичного аналізу і подальшого моделювання і можуть бути використані для розрахунків по взаємодії станцій залізниць і примкнених до них під'їзних колій підприємств. Виконані дослідження підтвердили достовірність вказаної методики по визначенню відповідальних реальності з високою адекватністю вихідних даних для оцінки взаємодії в транспортно-вантажних комплексах і розробки єдиних технологічних процесів (ЕТП).

В статье изложена методика определения наиболее реальных исходных данных для последующего анализа взаимодействия железнодорожных станций и примыкающих к ним подъездных путей предприятий, в том числе интенсивности во времени прибытия поездов с вагонами в адрес предприятий. Эти данные наиболее объективны потому, что базируются на результатах статистического анализа и дальнейшего использования моделирования и могут быть использованы для расчетов по взаимодействию станций железных дорог и примыкающих к ним подъездных путей предприятий. Выполненные исследования подтвердили целесообразность указанной методики по определению отвечающих реальности высокой адекватности исходных данных для оценки взаимодействия в транспортно-грузовых комплексах и разработки единых технологических процессов (ЕТП).

Аналіз роботи вантажних станцій і під'їзних шляхів, що примикають до них, промисловості показує, що ефективність транспортно-вантажної роботи цього комплексу залежить від цілого ряду факторів, основними з яких є:

1. Постійно змінюючі ситуація, по підході вантажів і порожніх вагонів на станцію примикання і під'їзну колію;
2. Змінні об'єми відвантаження готової продукції, що залежать, у свою чергу, від багатьох технологічних і інших факторів;
3. Стан вантажно-розвантажувальних пристроїв і механізмів;
4. Організація роботи і стан локомотивного парку;
5. Конфігурація транспортної схеми під'їзної колії і станції;

Вплив всіх цих факторів, крім першого, залежить, в основному, від внутрішньої організації роботи станції примикання й промислового підприємства і у деякій мірі піддається регулюванню шляхом удосконалювання технологічного процесу роботи транспорту і основного виробництва.

Вплив же першого фактора залежить від роботи прилягаючих до станції примикання магістральних ділянок, сортувальних станцій, постачальників сировини й матеріалів для конк-

ретного підприємства, організації по забезпеченню його порожніми вагонами для відвантаження готової продукції. Тому його вплив на роботу станції примикання і під'їзної колії найбільш істотний.

Оцінка роботи станції примикання й транспорту під'їзної колії промислового підприємства при розробці Єдиних технологічних процесів (ЕТП) по середньодобових обсягах завантаження без врахування реально виникаючих характерних експлуатаційних ситуацій в часі і кількості поїздів, що прибувають (а значить і вантажів) не є об'єктивною й всебічною.

Тому для аналізу роботи під'їзної колії при розробці ЕТП пропонується методика формування розрахункового вхідного на вантажну станцію вагонопотоку на основі імовірнісної математичної моделі.

Як приклад розглянемо складання ЕТП для аналізу роботи залізничного транспорту під'їзної колії одного із заводів.

Оскільки при розробці ЕТП виконується перевірка відповідності перероблювальної спроможності всього комплексу транспортно - вантажних пристроїв, то розміри його завантаження варто встановлювати по величині, що перебуває між середнім і максимальним рівнями.

Функціонування розглядаємого комплексу залежить не тільки від розмірів завантаження транспортно-вантажною роботою, тому необхідно враховувати також розподіл її і за часом.

Зроблений якісний аналіз надходження й відправлення вантажів на завод за окрему добу показав, що є значна нерівномірність як обсягів роботи за добу в цілому, так і нерівномірність надходження й відправлення вантажів по окремих видах номенклатури вантажів.

Тому для обліку близьких до реальної обстановки експлуатаційних ситуацій і відображення різного виду нерівномірностей необхідно спочатку встановити період аналізу роботи транспорту під'їзної колії і станції примикання.

Під характерним періодом роботи транспортно-вантажного комплексу й характерним обсягом його завантаження при аналізі варто розуміти найбільше що часто зустрічаються, прибуття поїздів або передач по кількості й часу доби. Для виявлення їх використовується спеціальна методика, заснована на математичних методах - теорії ймовірностей, дослідження операцій і математичної статистики, яка дозволяє імітувати надходження вантажів на під'їзну

колію. З обліком як нерівномірності, так і впливу емпіричного графіка їхнього прибуття.

Як вихідні матеріали для аналізу вагонопотоку по прибутті (передач) були використані відомості прибуття передач на один із заводів за найбільш характерні місяці його роботи. Дані про розклад передач із цих відомостей були переписані в таблиці, де виконане їх групування в залежності від типу рухомого складу, установленної попередньо номенклатури вантажів і їх одержувачів. Крім цього, у ній були враховані номери передач, час і інтервал прибуття між ними й загальна кількість вагонів у передачах. Підсумкові результати цих таблиць дали можливість виконати декілька видів аналізу.

Відповідно до зазначеної методики, першим був проведений аналіз, що дозволив визначити тривалість найбільш характерного періоду, що охоплює основні експлуатаційні ситуації по розмірах прибуття вантажів на завод. Для цього дані про кількість прибулих передач були зведені в статистичні ряди окремо по напрямках прибуття, оскільки вантажі на адресу заводу надходять із двох напрямків (західного й східного, див. табл. 1).

Таблиця 1

Статистичний ряд надходження передач на завод за 2 місяці

3 західного напрямку	Кількість передач за добу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Всього			
	Кількість днів з таким прибуттям передач	9	13	19	25	11	10	3	1	0	92			
	Емпіричні частоти	0,0978	0,1413	0,2065	0,2826	0,1195	0,1086	0,0326	0,0108	-	1,0			
	Загальна емпірична частість			0,858										
	Теоретична кількість передач	5,59	13,09	20,80	22,44	16,43	8,17	2,75	0,63	0,1	90,0			
3 східного напрямку	Кількість передач за добу	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Всього
	Кількість днів з таким прибуттям передач	1	1	2	9	10	11	23	14	11	5	4	1	92
	Емпіричні частоти	0,0109	0,0109	0,0218	0,0978	0,1085	0,1195	0,256	0,1522	0,1195	0,0543	0,0435	0,0109	1,0
	Загальна емпірична частість					0,75								
	Теоретична кількість передач	0,48	0,88	2,60	6,01	10,95	15,76	17,74	15,78	11,06	6,10	2,65	1,03	90,4

Результати статистичного аналізу зазначених рядів показали, що прибуття передач на завод підчиняється нормальному закону розпо-

ділу, що описується диференціальною функцією:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\delta^2}}$$

де a – математичне очікування;

δ – середнє квадратичне відхилення нормального розподілу.

На рис. 1 наведені багатокутники спостережуваних частот і теоретичні криві розподілу.

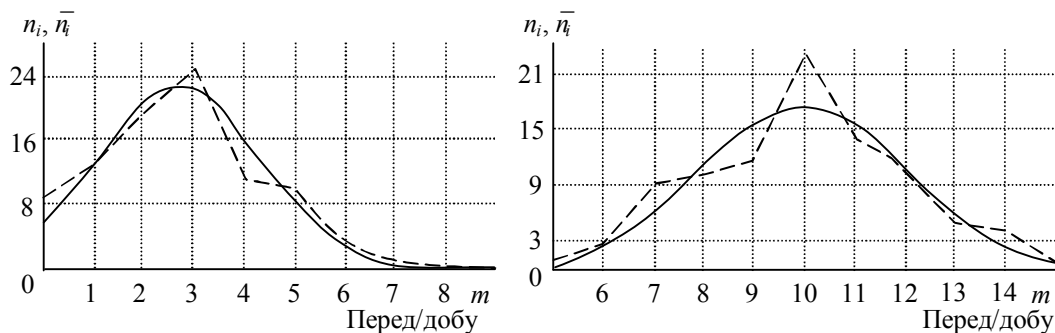


Рис. 1. Багатокутники спостережуваних частот і теоретичні криві розподілу

Як показав аналіз, розбіжність спостережуваних і теоретичних частот носить випадковий характер, а оцінка збіжності за критерієм Романовського підтверджує правильність прийнятої гіпотези про нормальність розглянутих розподілів.

Згідно з даними табл. 1, найбільш характерним для заводу є надходження 1 + 5 передач з вагонами, що прибули із західного, і 8 + 10 передач із східного напрямку. Із цієї ж таблиці слідує, що з достовірністю не нижче 0,86 для західних і 0,75 для східних передач у період п'яти діб з розмірами прибуття відповідно 15 і 50 передач досить точно відображає характерні умови роботи під'їзної колії.

На підставі встановленої в такий спосіб глибини характерного періоду виконується й весь подальший аналіз роботи транспортного комплексу.

У зв'язку з тим, що прибуваючі поїзди на станцію примикання чи передачі на під'їзну колію мають різну довжину по числу вагонів, для визначення довжини розрахункових поїздів робиться відповідний статистичний аналіз.

Для визначення розкладання розрахункових поїздів була використана структура поїздів, що прибувають, за тривалий період.

На підставі емпіричного розподілу довжин поїздів, що прибувають, обчислювалися порозрядні емпіричні частоти їхнього прибуття. Множення кожної з порозрядних частостей на загальну кількість поїздів за розрахунковий період дає (з наступним округленням до цілих числових значень) ряд прибуття поїздів з розподілом їх по довжині за розрахунковий період.

Згідно з даними, за розглянутий період (92 доби) на завод із західного напрямку надійшло 3142 умовних вагони. Для виявлення закономі-

рності розподілу кількості вагонів у передачах, що прибувають, дані первинних таблиць були згруповані в допоміжних таблицях з інтервалом через п'ять умовних вагонів у діапазоні змінюваності їх по кількості в передачах. На підставі допоміжних таблиць були складені таблиці ймовірностей прибуття передач по кількості вагонів у передачі (табл. 2)

Однак, таке надходження передач із західного напрямку характеризувало б теперішній момент розрахункового періоду. Але оскільки технологія роботи транспорту під'їзної колії розроблялася на найближчу перспективу - то необхідно скорегувати і надходження вагонів у передачах.

Згідно з даними перспективного вантажобігу, у середньому за добу на завод повинно надходити 69, а за 5 доби 345 вагонів.

Аналіз прибуваючих у переробку поїздів показав, що як по довжині, так і по вазі, вони значно менше, ніж встановлено ваговою нормою по ділянках. Тому було прийнято, що ріст надходження вагонів на завод з західного напрямку буде реалізований не за рахунок більшого числа поїздів, що прибувають, а за рахунок збільшення їхньої довжини й ваги.

Після визначення кількості й довжини розрахункових передач необхідно скласти їх розклад з обліком типу рухомого складу, типу вантажу або одержувача. Оскільки прибуття того або іншого роду вантажу в межах розглянутої номенклатури на той або інший вантажний фронт є подією випадкового характеру, то для визначення складу передач із врахуванням згаданих вище вимог використаний ймовірнісний спосіб його складання - метод статистичного моделювання.

Ряд розподілення кількості вагонів в прийнятих на завод передачах

Кількість вагонів в передачі	Кількість передач по звітним даним за 2 місяці	Емпіричні частоти надходження передач	Розрахункова кількість передач	Кількість передач за 5 діб	Кількість вагонів в передачах
1...5	44	0,1774	2,6610	3,0	9
6...10	60	0,2419	3,6275	4,0	32
11...15	41	0,1653	2,4785	3,0	39
16...20	45	0,1814	2,7210	1,0	54
21...25	13	0,0524	0,7865	1,0	23
26...30	20	0,0806	1,2090	-	28
31...35	7	0,0282	0,4230	-	-
36...40	8	0,0322	0,4830	-	-
41...45	6	0,0241	0,3210	-	-
46...50	3	0,0120	0,1800	-	-
51...55	1	0,0040	0,0600	-	-
Всього 248		1.0000	15,0000	15,0	185

У якості вихідних даних для складання розрахункового розкладання передач використаний емпіричний розподіл прибуття вантажів з урахуванням роду рухомого складу.

На підставі складених таблиць імовірності прибуття вантажів, розрахункових накопичених емпіричних частотостей і випадкових рівномірно розподілених чисел з використанням процедури статистичних випробувань (методу Монте-Карло) був отриманий склад рахункових передач.

У зв'язку із громіздкістю зазначеної процедури визначення самого складу передач виконувалось по програмі, яка включала в себе і підпрограму одержання випадкових чисел.

Факт влучення випадкового числа в певний розряд прирівнювався до прибуття конкретного типу вагону з тим або іншим видом вантажів на певний вантажний фронт.

Тут слід зазначити, що у випадку прибуття окремих видів вантажів не одиночними вагонами, а групами вагонів або маршрутами, при обчисленні емпіричних частотостей їхнього прибуття варто оперувати не кількістю вагонів, що прибули за період, по якому зробили вибірку, а по кількості прибуття груп вагонів або маршрутів із цими видами вантажів. Кількість же вагонів по кожній із розрахункових груп, що прибувають, може бути встановлена по емпіричному розподілу числа вагонів у групах (або маршрутах)

Немаловажним фактором для об'єктивності розрахунку показників роботи розглянутого комплексу є облік впливу фактичного графіка прибуття поїздів на станцію примикання, а значить і прибуття тих або інших вантажів у випа-

дковій кількості в даному поїзді для конкретної під'їзної колії.

Для відображення впливу цього фактора було складено рівняння кореляційної залежності між інтервалами прибуття поїздів і кількістю вагонів у поїздах.

У результаті виконаних розрахунків отримане рівняння залежності між кількістю вагонів у передачах і інтервалами їхнього прибуття, що з достатнім ступенем точності описується поліномом четвертого порядку:

$$t = 9,1727424 - 1,0057392n + 0,1022576n^2 - 0,0035168n^3 + 0,0000384n^4$$

де n – кількість вагонів у передачі;

t – інтервал надходження передачі від попередньої.

За результатами проведених розрахунків був побудований графік (див. рис. 2), на якому наведені зазначені статистичні й теоретична кореляційні залежності.

Для складання графіка прибуття розрахункових поїздів, який би відображав вплив фактичного графіка, за допомогою методу статистичних випробувань складалася спочатку черговість прибуття розрахункових поїздів, тобто проводилася їхня нумерація, а потім по отриманій кореляційній залежності між суміжними парами поїздів, що прибувають, визначалися відповідні міжпоїзні інтервали.

При складанні черговості прибуття передач була прийнята умова, відповідно до якої прибуття кожної з передач є рівноймовірним. Тому черговість їхнього надходження на завод була отримана також за допомогою процедури статистичних випробувань - по інтегральній функ-

ції розподілу за допомогою псевдовипадкових рівномірно розподілених чисел.

Фрагмент результатів розрахунку по визначенню прибуття передач на завод наведений у табл. 3.

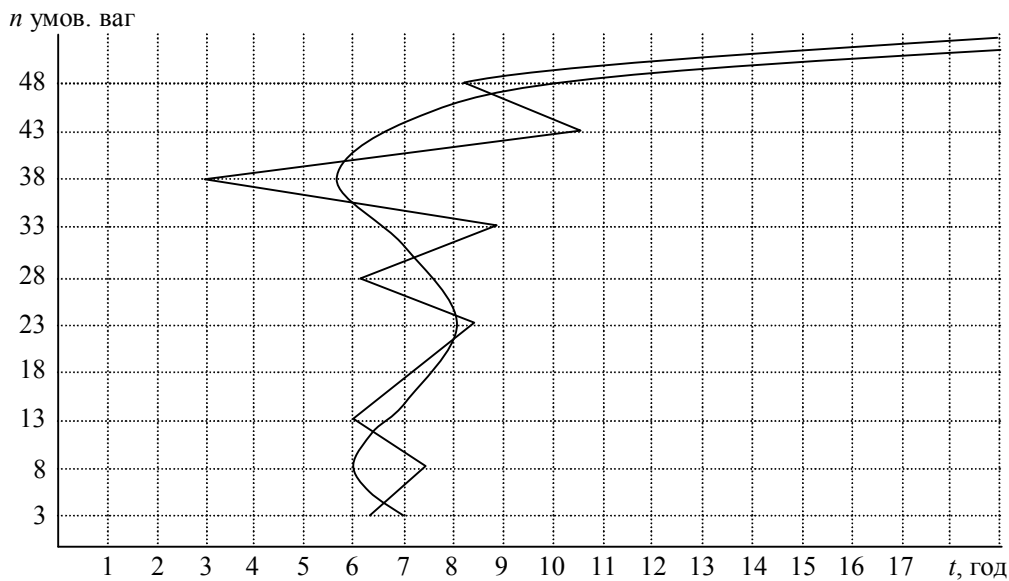


Рис. 2. Статистичні й теоретична кореляційні залежності

Таблиця 3

Фрагмент результатів розрахунку по визначенню прибуття передач на завод

№ п/п	Кількість передач за 5 діб	Ймовірність прибуття передач	Накопичена ймовірність інтегральної функції розподілення прибуття передач	Порядок прибуття передач	Розрахункова кількість вагонів в передачі	Інтервали прибуття передач	Прийнята кількість вагонів в передачі	Час прибуття передач	Нумерація діб
1	1	0,0666	0,0666	1	3	-	6	330	I
2	1	0,0666	0,1332	8	13	6,75	12	1015	
3	1	0,0666	0,1998	2	3	7,00	6	1715	
...									
11	1	0,0666	0,7326	12	18	7,70	15	112	IV
12	1	0,0666	0,7992	13	18	7,70	15	854	
13	1	0,0666	0,8658	10	13	6,75	12	1557	
14	1	0,0666	0,9324	3	3	7,00	6	2306	
15	1	0,0666	1,0000	7	8	6,00	9	506	V
Всього	15						173		5

Перевірка описаної методики формування вхідного поїзду і вагонопотоків на вантажні станції, що є пунктами примикання під'їзних колій, при складанні ряду Єдиних технологічних процесів показала високий ступінь збіжності вагонопотоків отриманого шляхом моделювання прибуття вантажів по номенклатурі й кількості з їхнім фактичним надходженням за тривалий період функціонування розглянутих комплексів.

Аналіз роботи станції примикання й під'їзної колії з відображенням фактичного підходу поїздів, що імітують реальні складні експлуатаційні ситуації по підходу вантажів і порож-

нього рухомого складу, дозволяє більш повно й об'єктивно оцінити характерні експлуатаційні умови роботи розглянутого транспортно-вантажного комплексу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – М.: Физматгиз, 1970.

Надійшла до редколегії 04.02.2011.

Прийнята до друку 17.02.2011.