

Л.А. Веремеєнко, аспір.

Запорізький національний технічний університет

**ОЦІНКА ТРИВАЛОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В СИСТЕМІ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ***(Представлено д.т.н., проф. Бабушкіним Г.Ф.)*

*Розглянуто питання оцінки тривалості основних елементів транспортного процесу автомобільного транспорту в умовах централізованого транспортного забезпечення внутрішньозаводської доставки вантажів на промислових підприємствах. Проведено статистичний та кореляційно-регресійний аналіз тривалості елементів циклу доставки вантажів автомобільним транспортом для металургійного підприємства ВАТ «Запоріжсталь».*

**Вступ. Постановка проблеми.** Сучасне велике промислове підприємство потребує для забезпечення своєї ритмічної роботи численної номенклатури сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих, запасних частин, які утворюють внутрішньозаводські матеріальні потоки. Серед множини вантажів, що переміщуються у межах підприємства, окрему групу становлять вантажі матеріально-технічного забезпечення. Цю групу утворюють матеріали, які не є складовою готової продукції підприємства, а необхідні для забезпечення функціонування його виробничих цехів та підрозділів: інструмент, спецодяг, електроматеріали, металовироби, сантехнічні й гумовотехнічні вироби тощо. Відправниками цих матеріалів є багатомоноклітурні склади спеціалізованого підрозділу підприємства – цеху підготовки виробництва (ЦПВ), а одержувачами – всі структурні підрозділи підприємства. В процесі доставки цих вантажів, окрім ЦПВ та одержувачів, також задіяний відділ матеріально-технічного забезпечення (ВМТЗ), цех безрейкового транспорту (ЦБТ) та матеріальна бухгалтерія.

Доставка вантажів матеріально-технічного забезпечення зі складів цеху підготовки виробництва у цехи та підрозділи підприємства виконується автомобільним транспортом. При цьому найбільш ефективною формою організації транспортного обслуговування цих вантажів є централізована, за якої транспортні засоби для доставки виділяються не одержувачам, а спеціалізованому підрозділу цеху підготовки виробництва – ділянці (бюро) централізованих перевезень (ДЦП) [1]. До функцій останньої входить планування комплектування транспортних партій вантажів на складах відповідно до вимог споживачів, визначення потреби у транспортних засобах і розробка маршрутів та графіків їх руху, організація навантаження–розвантаження автомобілів. Для цього ДЦП має у своєму складі групу планування перевезень, диспетчерську групу, бригади вантажників та навантажувально-розвантажувальні механізми.

Задачі календарного та оперативного планування перевезень, які розв'язуються ДЦП, полягають у намаганні по можливості мінімізувати наявні транспортні ресурси для виконання доставки всіх матеріалів відповідно до вимог споживачів. Для успішного розв'язання цих задач необхідно мати найбільш докладну інформацію про вантажі (маса, розміри), відправників та одержувачів, можливі способи навантаження й розвантаження та їх ресурсне забезпечення, дорожню мережу, наявні типи автомобілів, що можуть бути використані для перевезень, та їх характеристики [2]. Ця інформація є вихідною для нормування основних елементів транспортного процесу (тривалості навантаження, руху, розвантаження) та розробки раціональних маршрутів руху транспортних засобів.

У реальних умовах планування внутрішньозаводської централізованої доставки вантажів матеріально-технічного забезпечення на промислових підприємствах постає низка проблем, які полягають у наступному:

1) номенклатура вантажів, що доставляються, є дуже численною та нараховує тисячі найменувань, кожне з яких має свої розміри, масу, пакування, способи навантаження–розвантаження, зберігання та умови перевезень. Через це складно виконати нормування трудомісткості та тривалості виконання вантажних операцій на складах і в одержувачів, привести обсяги замовлених вантажних партій до вантажомісткості рухомого складу;

2) перевезення вантажів матеріально-технічного забезпечення є дрібнопартійними, при цьому до кузова автомобіля завантажуються транспортні партії з окремих складів ЦПВ, які доставляються декільком одержувачам розвізними маршрутами. Планування розвізних маршрутів, порівняно з маятниковими, є більш складним, оскільки потребує координації роботи складів, одержувачів і транспорту в часі та просторі;

3) на процес доставки впливає низка невизначених випадкових факторів, до яких належать: розосередженість місць зберігання окремих вантажів на складах, надходження пріоритетних та невідкладних замовлень, відмови в роботі технічних засобів (вантажних механізмів, автомобілів), кліматично-погодні умови в день доставки тощо.

Наявність цих проблем призводить до того, що планування перевезень вантажів виконується працівниками ДЦП в умовах неповної інформації на підставі власного досвіду. Як наслідок, рухомий склад автомобільного транспорту на перевезеннях використовується недостатньо ефективно за показниками використання у часі та загального пробігу на маршрутах.

У даній роботі обрані та обґрунтовані фактори, що впливають на тривалість обороту автомобіля на маршрутах в умовах календарного й оперативного планування централізованих перевезень вантажів матеріально-технічного забезпечення на промислових підприємствах. На підставі проведеного статистичного аналізу факторів запропонований підхід до оцінки тривалості елементів транспортного процесу при плануванні роботи автомобільного транспорту, який базується на методах кореляційно-регресійного аналізу. Це дозволить підвищити точність планування, ефективність використання рухомого складу, знизити витрати на внутрішньозаводське транспортування вантажу, що є актуальним завданням у транспортно-складських системах промислових підприємств.

**Аналіз існуючих досліджень і публікацій.** Задачі планування перевезень партійних вантажів досліджувалися А.І. Воркутом, В.А. Житковим [3, 4]. Методи розв'язання цих задач знайдені в основному за найбільш розповсюдженим критерієм мінімізації загальної довжини маршрутів. Однак в умовах внутрішньозаводських перевезень безпосередньо рух автомобіля займає невелику частку, порівняно з тривалістю виконання вантажних робіт, і критерій мінімізації загальної довжини маршрутів є вторинним по відношенню до критерію максимізації використання часу робочої зміни автомобіля. Питанням вантажопереробки й доставки багатомономенклатурних вантажів на промислових підприємствах присвячено багато робіт, зокрема Г.Ф. Бабушкіна, В.К. Губенка, О.Ф. Кузькіна [5, 6, 7]. У цих роботах запропоновані методики оперативного-календарного планування перевезень вантажів матеріально-технічного забезпечення на металургійних підприємствах, у яких тривалість і трудомісткість комплектування та виконання вантажних операцій з транспортними партіями багатомономенклатурних вантажів визначаються методами статистичного моделювання. Тривалість руху автомобіля також вважається випадковою величиною, що має певний закон розподілу. Такі методики добре підходять до етапу саме календарного планування, оскільки дозволяють мінімізувати трудові та транспортні ресурси за укрупненими показниками протягом періоду планування. Водночас у практичних умовах при оперативному плануванні роботи автомобілів на доставці вантажів необхідно оцінити тривалість окремих елементів транспортного процесу з метою мінімізації непродуктивних простоїв транспорту через неповне використання ним тривалості робочого часу, для чого запропоновані методики не можуть бути використані.

**Основна частина.** Тривалість обороту автомобіля на збірно-розвізному маршруті визначається за формулою [3]:

$$t_0 = \frac{2\bar{l}_i + (n_3 - 1)\bar{l}_{(i-1)-i}}{v_m} + t_{np} + (n_3 - 1)t_3, \quad (1)$$

де  $\bar{l}_i$  – середня відстань доставки вантажів, км;  $n_3$  – кількість пунктів заводу-збирання вантажу на маршруті;  $\bar{l}_{(i-1)-i}$  – середня відстань між вантажними пунктами на маршруті, км;  $v_m$  – технічна швидкість руху автомобіля, км/год.;  $t_{np}$  – простій автомобіля при навантаженні та розвантаженні за один рейс без врахування додаткового часу на заїзди до пунктів, год.;  $t_3$  – додатковий час на заїзд автомобіля у проміжні пункти, год.

В умовах планування централізованих перевезень вантажів на промислових підприємствах виникають складнощі у визначенні складових (1) з таких причин:

1) на збірно-розвізних маршрутах вантажі спочатку збираються з декількох окремих складів цеху підготовки виробництва (вантажних майданчиків), а потім доставляються в цехи й підрозділи виробництва. При цьому склади компактно розташовані на обмеженій території ЦПВ і відстань між ними є невеликою (до 100 м), а порядок об'їзду складів визначається характеристиками транспортних партій кожного складу та певним порядком розміщення їх у кузові автомобіля. Послідовність об'їзду одержувачів визначається схемою та порядком завантаження, при цьому за наявності сильно зв'язаної транспортної мережі промислового підприємства, перерізаної залізничними коліями, рух між одержувачами не завжди здійснюється за найкоротшою відстанню;

2) тривалість навантаження матеріалів на складах важко визначити через багатомономенклатурність транспортних партій, значну відмінність фізичних та геометричних характеристик окремих вантажів. Тривалість розвантаження в одержувачів взагалі є найбільш невизначеною величиною, оскільки на неї впливають декілька випадкових факторів, серед яких можлива неготовність одержувача до прийняття вантажу (простій рухомого складу в очікуванні розвантаження), наявність засобів механізації в одержувачів, кількість виділених для розвантаження трудових ресурсів. Крім того, при прийманні матеріалів до перевезення і здаванні матеріалів одержувачам виконується перевірка їх кількості та якості, тривалість якої визначається людським фактором.

Таким чином, (1) для визначення тривалості обороту автомобіля на збірно-розвізному маршруті в розглянутих умовах є непринятною. Для оцінки тривалості окремих елементів транспортного процесу (навантаження, розвантаження, руху) пропонується використання статистичних методів.

**Вибір і обґрунтування факторів.** На тривалість *навантаження* та *розвантаження* транспортних партій на складах впливають: характеристики окремих найменувань вантажів, кількість замовленого матеріалу кожної номенклатури, технологія виконання вантажних робіт, забезпеченість трудовими ресурсами та засобами механізації. На тривалість *руху* автомобіля на збірно-розвізному маршруті впливають: середня відстань доставки вантажу, середня відстань між вантажними пунктами на маршруті, кількість пунктів заїзду на маршруті. На рисунку 1 показана частка кожного з цих елементів у загальній тривалості циклу перевезень для умов ВАТ «Запоріжсталь».

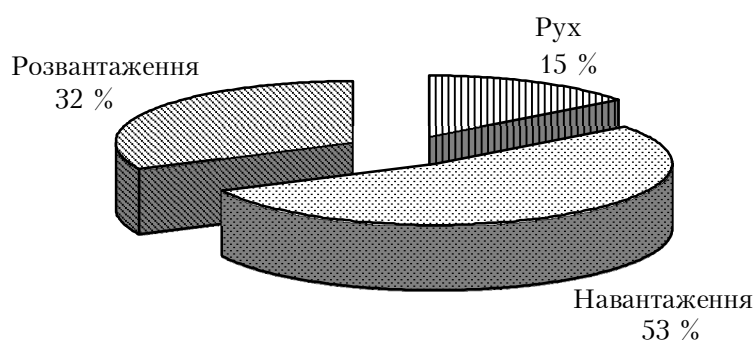


Рис. 1. Частка окремих складових у тривалості збірно-розвізного маршруту

Таким чином, на операцію навантаження припадає половина тривалості роботи автомобіля на маршруті, у той час як на рух автомобіля – приблизно 15 % від неї. У таблиці 1 наведені статистичні характеристики окремих факторів за даними натурних обстежень.

Для оцінки тривалості виконання вантажних операцій пропонується використовувати *кількість найменувань матеріалів*  $n_n$ , що становлять транспортну партію. Оскільки середня величина  $n_n$  є достатньо великою (понад 50), то на підставі закону великих чисел можна стверджувати, що розподіл випадкової величини тривалості виконання вантажних операцій з транспортною партією прагне до нормального, при цьому він має певне математичне

очікування, що дорівнює моді цього розподілу. Проведений кореляційний аналіз факторів показав, що мультиколінеарність між ними відсутня.

Таблиця 1

## Статистичні характеристики факторів

Фактор	Позначення	Математичне очікування	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
1. Кількість відправників вантажу на маршруті	$N_e$	7,0	2,61	37,3
2. Кількість одержувачів вантажу на маршруті	$N_{\infty}$	3,1	1,73	55,8
3. Кількість завантажених найменувань	$n_n$	54,8	27,5	50,2
4. Середня відстань доставки вантажу, км	$\bar{l}_i$	3,69	1,67	45,3
5. Середня відстань між вантажними пунктами на маршруті, км	$\bar{l}_{(i-1)-i}$	1,38	1,35	97,8
6. Тривалість навантаження, год.	$t_n$	148,3	43,1	29,1
7. Тривалість руху, год.	$t_{рух}$	48,0	28,3	59,0
8. Тривалість розвантаження, год.	$t_p$	96,7	38,9	40,2
9. Тривалість обороту автомобіля, год.	$t_0$	302,1	59,7	19,8

**Регресійні моделі елементів транспортного процесу.** Для оцінки тривалості елементів транспортного процесу використовувалися методи багатфакторного лінійного регресійного аналізу. Для оцінки якості отриманих методом найменших квадратів регресійних моделей використовувалися коефіцієнти множинної кореляції та детермінації. Перевірка адекватності рівняння та значущості коефіцієнтів регресії виконувалася відповідно за  $F$ -критерієм Фішера та  $t$ -критерієм Стьюдента при рівні значущості  $\alpha = 0,05$ . Нижче наведені результати аналізу.

**Оцінка тривалості навантаження транспортних партій матеріалів на багатомономенклатурних складах.** Регресійна модель має вигляд:

$$t_n = a_0 + a_1 N_{\infty} + a_2 N_e + a_3 n_n. \quad (2)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

## Результати регресійного аналізу для тривалості навантаження

Коефіцієнт	Значення	Стандартна похибка	Значення $t$ -критерію	Імовірність $p$
$a_0$	48,28	18,96	2,55	0,017
$a_1$	1,967	3,08	0,64	0,528
$a_2$	8,58	2,28	3,77	0,0009
$a_3$	0,619	0,219	2,83	0,0089

Рівняння регресії має коефіцієнт множинної кореляції  $R = 0,783$ , коефіцієнт множинної детермінації  $R^2 = 0,614$ . Розрахункове значення критерію Фішера  $F = 13,77$  при критичному значенні  $F_{кр.}(3,26) = 2,97$ , що свідчить про адекватність отриманої моделі статистичним даним. З останнього стовпця таблиці 2 можна зробити висновок, що при рівні значущості  $\alpha = 0,05$  коефіцієнт  $a_1$  (при змінній  $N_{\infty}$  – кількість одержувачів, на адресу яких навантажуються

транспортні партії) є статистично незначущим. Остаточо регресійне рівняння для оцінки тривалості навантаження транспортних партій матеріалів на багатомономенклатурних складах матиме вигляд

$$t_n = 48,28 + 8,58N_e + 0,619n_n \text{ (хв.)}. \quad (3)$$

**Оцінка тривалості розвантаження транспортних партій в одержувачів.**

Регресійна модель має вигляд

$$t_p = a_0 + a_1 n_n. \quad (4)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

*Результати регресійного аналізу для тривалості розвантаження*

Коефіцієнт	Значення	Стандартна похибка	Значення $t$ -критерію	Імовірність $p$
$a_0$	13,4	4,38	3,06	0,005
$a_1$	1,01	0,124	8,19	0,0001

Рівняння регресії має коефіцієнт множинної кореляції  $R = 0,853$ , коефіцієнт множинної детермінації  $R^2 = 0,728$ . Розрахункове значення критерію Фішера  $F = 62,05$  при критичному значенні,  $F_{кр.}(1,25) = 4,25$ , що свідчить про адекватність отриманої моделі статистичним даним. Вільний член та коефіцієнт при змінній  $n_n$  є статистично значущими. Регресійне рівняння для оцінки тривалості розвантаження багатомономенклатурних транспортних партій матеріалів в одержувачів матиме вигляд

$$t_p = 13,4 + 1,01n_n \text{ (хв.)}. \quad (5)$$

**Оцінка тривалості обороту автомобіля на збірно-розвізному маршруті.**

Регресійна модель має вигляд

$$t_0 = a_0 + a_1 N_{од} + a_2 N_e + a_3 n_n + a_4 \bar{l}_i + a_5 \bar{l}_{(i-1)-i}. \quad (6)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

*Результати регресійного аналізу для тривалості обороту автомобіля*

Коефіцієнт	Значення	Стандартна похибка	Значення $t$ -критерію	Імовірність $p$
$a_0$	103,7	42,1	2,46	0,022
$a_1$	14,85	4,89	3,04	0,006
$a_2$	11,38	4,22	2,70	0,013
$a_3$	0,95	0,33	2,90	0,008
$a_4$	2,95	4,83	0,61	0,548
$a_5$	2,39	6,65	0,36	0,722

Рівняння регресії має коефіцієнт множинної кореляції  $R = 0,791$ , коефіцієнт множинної детермінації  $R^2 = 0,625$ . Розрахункове значення критерію Фішера  $F = 7,34$  при критичному значенні  $F_{кр.}(5,22) = 2,7$ , що свідчить про адекватність отриманої моделі статистичним даним. З останнього стовпця таблиці 4 можна зробити висновок, що при рівні значущості  $\alpha = 0,05$  середня відстань доставки вантажу  $\bar{l}_i$  та середня відстань між вантажними пунктами на маршруті статистично не впливають на тривалість обороту автомобіля на маршруті. Остаточо регресійне рівняння для оцінки тривалості обороту автомобіля на збірно-розвізному маршруті матиме вигляд

$$t_0 = 103,7 + 14,85N_{од} + 11,38N_e + 0,95n_n \text{ (хв.)}. \quad (7)$$

**Висновки.** В роботі проведено статистичний аналіз факторів, що впливають на тривалість обороту автомобіля на маршрутах в умовах календарного й оперативного планування централізованих перевезень вантажів матеріально-технічного забезпечення на промислових підприємствах. Проведений множинний регресійний аналіз показав, що на тривалість вантажних операцій та обороту автомобіля на збірно-розвізному маршруті впливають кількість відправників, одержувачів, кількість найменувань багатомономенклатурних матеріалів у вантажній партії. Вплив відстані доставки вантажів на тривалість обороту автомобіля в розглянутих умовах перевезень виявився статистично несуттєвим. Побудовані регресійні моделі дозволяють оцінити тривалість елементів транспортного процесу та можуть бути використані при оперативному та календарному плануванні автомобільних перевезень у централізованих системах внутрішньозаводського матеріально-технічного забезпечення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Из опыта комбината «Запорожсталь» / *О.Ф. Кошеленко, В.А. Сирко, Г.Ф. Бабушкин, А.Ф. Кузькин* // Логистика. – 1998. – № 3. – С. 16–19.
2. *Житков В.А.* Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / *В.А. Житков, К.В. Ким.* – М. : Транспорт, 1982. – 184 с.
3. *Воркут А.И.* Грузовые автомобильные перевозки / *А.И. Воркут.* – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.
4. *Житков В.А.* Планирование автомобильных перевозок грузов мелкими партиями / *В.А. Житков.* – М. : Транспорт, 1976. – 108 с.
5. *Кузькин А.Ф.* Статистическое моделирование продолжительности грузовых операций в транспортно-складских системах / *А.Ф. Кузькин* // Збірник наукових праць Східноукраїнського державного університету. – Луганськ : СУДУ, 1999. – С. 129–132.
6. *Бабушкін Г.Ф.* Оперативно-календарне планування доставки дрібнопартійних вантажів в умовах металургійного виробництва / *Г.Ф. Бабушкін, О.Ф. Кузькін* // Вісник центрального наукового центру Транспортної академії України. – 2000. – № 3.– С. 48–50.
7. *Губенко В.К.* Оптимизация оперативно-календарного плана доставки многономенклатурных мелкопартионных грузов на промышленных предприятиях / *В.К. Губенко, Г.Ф. Бабушкин, А.Ф. Кузькин* // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. – 2001. – № 11. – С. 273–276.

ВЕРЕМЕЄНКО Лілія Анатоліївна – аспірант, старший викладач кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– транспортно-складська логістика.

Тел.: (061)769-84-40.

E-mail: [tf301@ukr.net](mailto:tf301@ukr.net).

Подано 11.05.2010

**Вермеско Л.А.** Оцінка тривалості елементів транспортного процесу в системі матеріально-технічного забезпечення промислових підприємств

**Веремеенко Л.А.** Оценка продолжительности элементов транспортного процесса в системе материально-технического обеспечения промышленных предприятий.

**Veremeyenko L.A.** Estimation of duration of elements of transport process in system of material support of the industrial enterprises.

УДК 658.286:656.064

**Оценка продолжительности элементов транспортного процесса в системе материально-технического обеспечения промышленных предприятий / Л.А. Веремеенко**

Рассмотрены вопросы оценки продолжительности основных элементов транспортного процесса автомобильного транспорта в условиях централизованного транспортного обслуживания внутризаводской доставки грузов на промышленных предприятиях. Проведен статистический и корреляционно-регрессионный анализ продолжительности элементов цикла доставки грузов автомобильным транспортом для металлургического предприятия ОАО «Запорожсталь».

УДК 658.286:656.064

**Estimation of duration of elements of transport process in system of material support of the industrial enterprises / L.A. Veremeyenko**

Questions of an estimation of duration of basic elements of transport process of automobile transport in the conditions of the centralized transport service of intrafactory delivery of cargoes at the industrial enterprises are considered. It is spent statistical and correlative-regression analysis of duration of elements of a cycle of delivery of cargoes by automobile transport for the metallurgical enterprise of Open Society «Zaporizhstal».