

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 631.173.2/075.8

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.27461

**ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ТРИВАЛОСТІ  
ОБОРОТНОГО РЕЙСУ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

© С. І. Бондарєв

*У статті обґрунтовані основні елементи математичної моделі з визначення тривалості оборотного рейсу при виконанні міжнародних автоперевезень головною метою якої досягти узгодженої роботи автомобільного транспорту і навантажувально-розвантажувальних засобів при перевезенні вантажів на регулярних міжнародних маршрутах, а також узгодження і оптимізація «плаваючих» графіків роботи транспорту та вантажної техніки у заданому часовому інтервалі.*

*Ключові слова: оборотний рейс, тривалість роботи і відпочинку водіїв, логістика автоперевезень, міжнародні автомобільні перевезення, час в наряді, автоперевезення.*

*The Basic elements of a mathematical model to determine the turnaround run duration for international road transportation performing are grounded in the article. The main aim of this model is achieving the coordinated operation of road transport and handling equipment for freight transportation at regular international lines and harmonization and optimization of "floating" schedules of transport and handling equipment at a predetermined time interval.*

*Keywords: turnaround run, work and rest duration of driver, road transportation logistics, international road transportation, tour time, road transportation.*

**1. Вступ**

В сучасному світі наслідком реалізації транспортних стратегій як правило являється збільшення прибутку транспортних організацій. Цей результат досягають за рахунок координації транспортного обслуговування споживачів по їх замовленнях, в яких знаходяться умови постачань. Усе це дозволяє скоротити витрати і отримати конкурентні переваги на ринку. Для отримання високих прибутків необхідні постійний моніторинг та професійні підходи до формування транспортних систем, використання вантажної техніки, робочого персоналу, тари, а також організаційні засади доставки і переміщення будь-яких матеріальних предметів, речовин або інших логістичних об'єктів з однієї точки в іншу по оптимальному маршруту.

Отже, вирішення вказаних задач дозволить узгодити логістику взаємопов'язаних виконавчих ланок, які задіяні у переміщенні вантажів від виробника (або дистриб'ютора) до споживача за принципом «точно в строк».

**2. Постановка проблеми**

Робота автотранспорту при міжнародних перевезеннях пов'язана з рядом простих і складних технологічних процесів таких як: вантажні роботи, оформлення супровідної документації на вантаж і рухомий склад, страховки, міжнародних гарантійних документів Carnet TIR тощо, технологія перевезення груп вантажів та ін.

В рамках регулярного замкнутого руху матеріального потоку між виробничими (дистриб'юторськими) накопичувальними

потужностями (складські комплекси, термінали, склади виробників, перевалочні бази тощо) та споживачами для якісного технологічного транспортного процесу надважливою задачею вважається складання оптимальних, узгоджених між суб'єктами господарювання, графіків подачі рухомого складу автомобільного транспорту в стислі терміни. Таким чином, маємо складну багатокритеріальну задачу, вирішення якої є не лише актуальним в транспортному процесі, але і економічно доцільно в усьому логістичному ланцюгом.

В роботі *метою досліджень* прийнято обґрунтування адекватної математичної моделі для узгодження ефективної роботи автотранспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів у заданих годинних рамках.

**3. Аналіз основних досліджень і публікацій**

Загальні питання управління транспортом та організації автомобільних перевезень представлені у роботах таких дослідників як: Воркут А. М., Костюченко Л. М., Коваленко В. М., Вельможина Л. В., Гудков В. А., Міротін Л. Б., Кунди Н. Т., Коцкока О. Я., Лебеда І. Г., та інших відомих вчених. Варто також виділити роботи відомих дослідників таких як Дмитриченко М. Ф., Левковця П. Р., Ткаченко А. М., Ігнатенко О. С., Зайончика Л. Г., Статника І. М., що досліджували управлінські засади регулювання транспортом та технологічні аспекти створення алгоритмів і моделей побудови логістичних ланцюгів на автомобільному транспорті. Також у роботах Скорика Є. Е., Кондратюка В. М., та

інших науковців широко розкриті питання щодо застосування супутникових технологій навігації та зв'язку в автотранспортній галузі.

#### 4. Дослідження впливу основних технологічних етапів роботи і відпочинку водіїв на тривалість виконання оборотного рейсу

Останніми роками сучасний світ переживає глобальні зміни, які в першу чергу пов'язані з розчиненням географії виробництва і споживання товарів та послуг. Рух товарів та послуг в міжнародному сполученні на автомобільному транспорті в майбутньому отримуватиме тенденцію лише до зростання. Тому логістика руху матеріальних потоків матиме певні труднощі щодо узгодження роботи автотранспорту з іншими обслуговуючими ланками при забезпеченні вчасної та якісної доставки вантажів в місце призначення.

На нашу думку, при узгодженні роботи рухомого складу та навантажувально-розвантажувальних засобів варто скласти «плаваючі» графіки руху транспортних засобів, які дозволятимуть змінювати час подачі рухомого складу в певному діапазоні (наприклад, 2–5 %) внаслідок затримок транспорту або невчасного упорядкування роботи вантажної техніки.

«Плаваючі» графіки руху рухомого складу можна забезпечувати за рахунок змінної тривалості роботи і відпочинку водіїв протягом певного періоду, які регулюються Правилами Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів (ЄУТР) та Положенням про робочий час і час відпочинку водіїв колісних транспортних засобів, що виконують міжнародні перевезення вантажів. Простой автотранспортних засобів, пов'язані з певними перервами у рейсі, щоденними обов'язковими відпочинками та простоями у пунктах митного контролю поєднуються у загальний час простоїв транспортних засобів (рис. 1).

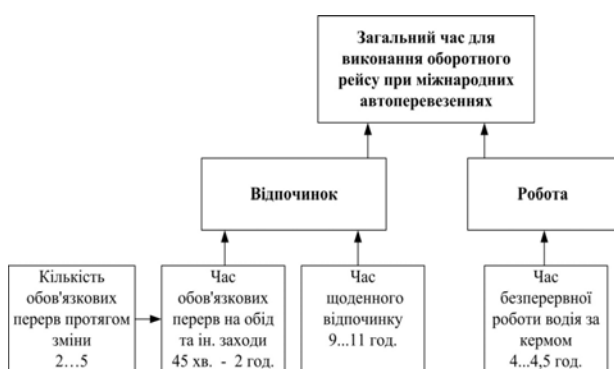


Рис. 1. Складові тривалості роботи і відпочинку екіпажів транспортних засобів згідно вимог ЄУТР

Варто зазначити, що тривалість роботи і відпочинку екіпажів має не чітко визначений час на проведення відповідних заходів, однак має інтервал тривалості (рис. 1). Розрахунок часу оборотного рейсу рухомого складу передбачає визначення та розрахунок тривалості основних технологічних етапів під час виконання автоперевезень. З огляду на

останнє, тривалість одного оборотного рейсу автомобіля запишемо як:

$$t_{об} = t_n + t_{розв} + t_{рух} + t_{пр}, \quad (1)$$

де  $t_n$  – час навантаження автотранспортного засобу (АТЗ), год.;  $t_{розв}$  – час на розвантаження АТЗ, год.;  $t_{рух}$  – час, витрачений на рух АТЗ за оборот, год.;  $t_{пр}$  – час простоїв АТЗ, які пов'язані з перервами на відпочинок, щоденним тривалим відпочинком та простоями у пунктах пропуску митного контролю, год.

Час на рух автотранспортного засобу будемо визначати через середню швидкість на маршруті (технічну) за наступною формулою:

$$t_{рух} = \frac{L_{об}}{V_m}, \quad (2)$$

де  $L_{об}$  – відстань, яка пройдена АТЗ за один оборот, км;  $V_m$  – технічна швидкість АТЗ на маршруті, км/год.; Також середню швидкість можна брати з середньостатистичних показників тахографів АТЗ.

Загальний час простоїв автотранспортних засобів будемо визначати з наступною формулою:

$$t_{пр} = t_{з.мит.} + t_{пер.щод.}, \quad (3)$$

де  $t_{з.мит.}$  – загальний час для проходження АТЗ пункту митного контролю, год.;  $t_{пер.щод.}$  – загальний час простоїв, що витрачається для проведення перерв і обов'язкових щоденних відпочинків водіїв, год.

Загальний час простоїв лише на митному пункті пропуску за один оборот АТЗ розрахуємо за наступною залежністю:

$$t_{з.мит.} = 2 \cdot n_{мит.} + t_{мит.}, \quad (4)$$

де  $n_{мит.}$  – кількість митниць пропуску в рейсі, од.;  $t_{мит.}$  – час для проходження АТЗ пропускового митного пункту контролю, год.

Сумарний час простою з причини проведення перерв і обов'язкового щоденного відпочинку водіїв [3], визначимо як:

$$t_{пер.щод.} = t_{з.пер.} + t_{з.щод.}, \quad (5)$$

де  $t_{з.пер.}$  – загальний час на проведення перерв водіїв за рейс, год.;  $t_{з.щод.}$  – загальний час на проведення щоденного відпочинку водіїв за один оборотний рейс, год.

Таким чином, для розрахунку сумарного часу на проведення перерв за рейс представимо наступну залежність, отриману після візповідних перетворень:

$$t_{з.пер.} = \left[ \left( \frac{L_{об}}{V_m \cdot T_{зм}} \cdot N_{пер.} \right) \right] \cdot t_{пер.}, \quad (6)$$

де  $L_{об}$  – довжини одного оборотного рейсу, км;  $T_{зм}$  – час на виконання зміни, год.;  $N_{пер.}$  – кількість перерв протягом однієї зміни;  $t_{пер.}$  – час на проведення однієї перерви водія.

Для визначення загального часу на проведення

щоденних відпочинків за час виконання обороту АТЗ скористаємося залежністю:

$$t_{з.ц.о.} = \left[ \left( \frac{L_{об.}}{V_m \cdot T_{зм}} \right) \right] \cdot t_{ц.о.} \quad (7)$$

де  $t_{ц.о.}$  – час проведення одного щоденного (добового) відпочинку водія, год.

Таким чином, нами отримані основні дані тривалості простоїв з технологічних причин для отримання математичної моделі для визначення часу для виконання одного оборотного рейсу рухомого складу АТЗ і останню запишемо як:

$$t_{об} = t_n + t_{розв.} + 2 \cdot n_{мит} \cdot t_{мит} + \frac{L_{об} \cdot (T_{зм} + (N_{пер} t_{пер} + t_{ц.о.}))}{V_m T_{зм}} \quad (8)$$

### 5. Апробація результатів досліджень

З метою визначення впливу змінної тривалості перерв і відпочинків водіїв, що обмежено Положеннями ЄУТР [3], на загальний час виконання оборотного рейсу виконаємо наступні дослідження.

Для цього ми задамося основними технічними і експлуатаційними показниками, а їх значення отримаємо з даних роботи АТЗ (тахограм, шляхових листів тощо), які працюють на дійсних міжнародних маршрутах. Обмежимося маршрутами відстань яких не перевищує або дорівнює  $\approx 1000$  км. Таким чином, для графічного зображення зазначеної залежності приймемо показники роботи АТЗ наступні, а саме: середня (технічна) швидкість АТЗ = 70 км/год., час зміни водія = 9 год., час навантаження автотранспортного засобу = 2 год., час на розвантаження автотранспортного засобу = 3 год., кількість митних пунктів пропуску = 4, довжина маршруту в один бік = 1060 км, кількість перерв водіїв = 4, час проведеної перерви = 1 год., час щоденного відпочинку водіїв = 10 год.

Отже, змінюючи почергово тривалість відпочинків і перерв (згідно вимог Положення [3]) визначимо тенденцію зміни тривалості одного оборотного рейсу АТЗ та побудуємо суміжний графік для порівняння експериментально отриманих (в межах попередньо задекларованих) та аналітично розрахованих результатів проведених досліджень.

На графіку (рис. 2) представлено ряд залежностей часу оборотного рейсу  $t_{рейс}$  від зміни кількості перерв протягом робочої зміни  $N_{пер}$ , часу щоденного відпочинку  $t_{ц.о.}$ , часу перерв на обід та ін. заходи  $t_{пер}$  і часу зміни  $T_{зм}$ .

Як видно з рис. 2, збільшення часу рейсу відбувається прямопропорційно за рахунок збільшення таких показників - кількості перерв протягом однієї робочої зміни  $N_{пер}$ , часу щоденного відпочинку  $t_{ц.о.}$  та часу перерв на обід та ін. заходи  $t_{пер}$ , а зменшення часу оборотного рейсу отримаємо за рахунок збільшенню часу зміни  $T_{зм}$  і матимемо криволінійну залежність. Отримані незначні відхилення експериментально отриманих результатів з аналітично розрахованими (8) у межах до 4,7 %.

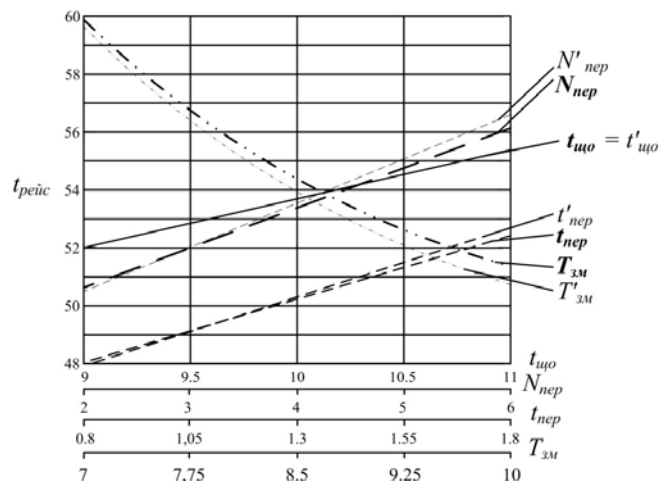


Рис. 2. Графік залежності часу оборотного рейсу  $t_{рейс}$  від зміни: кількості перерв на відпочинок протягом робочої зміни  $N_{пер}$ , часу щоденного відпочинку водіїв  $t_{ц.о.}$ , часу перерв на обід та ін. заходи  $t_{пер}$  і часу зміни  $T_{зм}$  (примітка «'» - експериментально отримані)

Необхідно також відмітити те, що при заданих мінімальних показниках часу відпочинку і перерв на обід та ін. заходи, час на виконання оборотного рейсу становить 48,5 год., а при максимальних – майже 62 год., і то з урахуванням максимального відхилення. Звідси випливає, що можна змінювати інтервал значень тривалості перерв і відпочинків в діапазоні 3,5 год. Для багатьох замовників автотранспортних послуг, а також перевізників може бути вкрай важливим той факт, що можна працювати за «плаваючим» графіком подачі АТЗ без вірогідних фінансових ризиків на виплату неустойки за невчасно виконану роботу.

### 6. Висновки

В ході проведеної роботи нами обґрунтована суть існуючої проблеми щодо узгодження роботи автотранспорту та навантажувально-розвантажувальних засобів складських комплексів при виконанні міжнародних автомобільних перевезень.

Проаналізовані ряд організаційних засад щодо режимів роботи та відпочинку екіпажів транспортних засобів у відповідності з вимогами ЄУТР.

Проведені аналітичні дослідження з обґрунтування впливу основних технологічних етапів роботи і відпочинку водіїв на час виконання оборотного рейсу. Останнє виконано з метою узгодження та оптимізації «плаваючих» графіків роботи транспорту та навантажувально-розвантажувальної техніки у заданому часовому інтервалі. Отримана математична модель для визначення тривалості оборотного рейсу та експериментально підтверджено її адекватність.

### Література

1. Костюченко, Л. М. Автомобільні перевезення у міжнародному сполученні [Текст] / Л. М. Костюченко, М. Р. Наапетян. – К.: ВД «Слово», 2007. – 656 с.
2. Кунда, Н. Т. Організація міжнародних

автомобільних перевезень [Текст] : навч. посібник / Н. Т. Кунда. - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. - 464 с.

3. Про затвердження Положення про робочий час і час відпочинку водіїв колісних транспортних засобів від 29.12.2011 [Електронний ресурс] / Міністерство транспорту та зв'язку України наказ 07.06.2010 № 340.— Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0811-10#top/> — 6.02.2012. — Загол. з екрану.

4. Кальченко, А. Г. Логістика [Текст] : підручник / А. Г. Кальченко. - К.: КНЕУ, 2003. — 284 с.

5. Вельможин, А. В. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] : учеб. пос. / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. - М.: «Горячая линия-Телеком», 2007, - 560 с.

6. Вельможин, А. В. Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов [Текст] / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. - Волгоград.: РПК «Политехник», 2001. - 179 с.

#### References

1. Kostyuchenko, L. Naapetian M. (2007). Avtomobilni perevezennia u mizhnarodnomu spoluchenni [Trucking in

international traffic]. VD «Slovo», 656.

2. Kunda, N. T. (2010). Orhanizatsiia mizhnarodnykh avtomobilnykh perevezhen [Organization of international road transport]. Vydavnychii Dim «Slovo», 464.

3. On approval of the working time and rest periods of drivers of wheeled vehicles on. Available at : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0811-10#top/> (Last access: 29.12.2011). Title from the screen.

4. Kalchenko, A. H. (2003). Lohistyka [Logistics]. KNEU, 284.

5. Velmozhyn, A. V., Hudkov, V. A., Myrotyn, L. B., Kulykov, A. V. (2007). Hruzovye avtomobylnie perevozky [Load transport by road]. Moscow, Russia: «Horiachaia lynyia-Telekom», 560.

6. Velmozhyn, A. V., Hudkov, V. A., Myrotyn, L. B. (2001). Teoriya orhanyzatsyy u upravleniya avtomobylnymy perevozhnykh protsesov [The theory of organization and management road transport: logistics aspect of the establishment of transportation processes]. Volhohrad, Russia: RPK «Polytekhnyk», 179.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Фришев С. Г.  
Дата надходження рукопису 19.09.2014*

**Бондарев Сергій Іванович**, доцент кафедри транспортних технологій та засобів у АПК, кандидат технічних наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, вул. Героїв оборони, 12, Україна  
E-mail: [bondarevgall@meta.ua](mailto:bondarevgall@meta.ua)

УДК 621.384.6: 539.1.07: 539.1.047  
DOI: 10.15587/2313-8416.2014.27342

## ELECTRON ACCELERATOR DOSIMETRY IN RADIATION THERAPY: PHOTON BACKSCATTERING

© O. Ovsienko, M. Budnyk

*На сьогодні 52 % онкологічних пацієнтів отримують радіаційну терапію. Розроблено експериментальну методику визначення фактору оберненого розсіювання для лінійного прискорювача Siemens Oncor Impression Plus. Експерименти були виконані за допомогою водяного фантому. Даний підхід також може бути використано для інших типів прискорювачів.*

*Ключові слова: фактор оберненого розсіювання, багатопелюстковий коліматор, лінійний прискорювач електронів, моніторна камера, радіаційна терапія, рак.*

*Today 52 % of patients with a cancer get radiation therapy. It is developed the experimental procedure for determining the backscatter factor for Siemens Oncor Impression Plus linear accelerator. The experiments were carried out based on water phantom. This technique can be also used for other kinds of accelerators.*

*Keywords: backscatter factor, multi-leaf collimator, linear electron accelerator, monitor chamber, radiation therapy, cancer.*

### 1. Introduction

The appearance of a multi-leaf collimator (MLC) in a linear electron accelerator (LEA) made it indispensable in the radiotherapy. The MLC is an important tool for radiation therapy dose delivery. Originally introduced as a substitute for alloy block field shaping, it is now recognized that this device can also be used for intensity modulated radiotherapy. In either case, it is important to view this equipment as a sophisticated device that requires a number of distinct steps for introduction and continued use in the clinic. Firstly, it is necessary to organized and carried out a series of

acceptance tests for a new accelerator with collimator. Secondly, additional commissioning measurements are needed to model the collimator for treatment planning.

MLC configurations may be categorized as to whether they are total or partial replacements of the upper jaws, the lower jaws, or else are tertiary collimation configurations (Fig. 1). The particular configuration along with other collimator design aspects, such as whether the wedge is internal or external, creates a number of x-ray beam collimation and control configurations. MLC machines may place the tertiary block trays and the gantry housing closer to the patient