УДК 656.212.5 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.164.2016.92531

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ У РОБОТІ ПІДСИСТЕМ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ МІЖ СОБОЮ ТА З ПРИЛЕГЛИМИ ДІЛЬНИЦЯМИ ЗА УМОВ НЕОБХІДНОСТІ ЗВАЖУВАННЯ ВАГОНІВ

Канд. техн. наук Т. Ю. Калашнікова, Д. О. Кравченко, Я. С. Звягінцев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАБОТЕ ПОДСИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ МЕЖДУ СОБОЙ И С ПРИЛЕГАЮЩИМИ УЧАСТКАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОБХОДИМОСТИ ВЗВЕШИВАНИЯ ВАГОНОВ

Канд. техн. наук Т. Ю. Калашникова, Д. О. Кравченко, Я. С. Звягинцев

MODELING OF PROCESSES OF INTERACTION IN THE WORK OF THE SUBSYSTEMS OF TECHNICAL STATION BETWEEN THEMSELVES AND WITH THE ADJACENT AREAS IN CONDITIONS OF THE NEED OF WEIGHING WAGONS

Cand. of techn. sciences T. Y. Kalashnikova, Y. S. Zviahintsev, D. O. Kravchenko

У статті проаналізовано особливості технології роботи технічної станції за умов необхідності зважування вагонів.

Проведено дослідження технології обробки поїздів і вагонів на станції та статистичних даних про поїздопотоки. Наведено методику визначення стаціонарності роботи підсистем станції між собою та з прилеглими дільницями. Надано пропозиції щодо удосконалення існуючої методики. За умов додаткової операції зважування вагонів проведено моделювання роботи станції як багатофазної системи масового обслуговування з трьома підсистемами.

Визначено відповідність технічного оснащення станції обсягам роботи.

***Ключові слова**: залізничний транспорт, технічна станція, технологія обробки поїздів, інтенсивність, система масового обслуговування.*

В статье проанализированы особенности технологии работы технической станции в условиях необходимости взвешивания вагонов.

Проведено исследование технологии обработки поездов и вагонов на станции и статистических данных о поездопотоках. Приведена методика определения стационарности работы подсистем станции между собой и с прилегающими участками. Даны предложения по совершенствованию существующей методики. В условиях дополнительной операции взвешивания вагонов проведено моделирование работы станции как многофазной системы массового обслуживания с тремя подсистемами.

Определено соответствие технического оснащения станции объемам работы.

***Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, техническая станция, технология обработки поездов, интенсивность, система массового обслуживания.*

The features of technology work of the technical station in conditions of the need of weighing wagons are analysed in the article.

The investigation of processing technology of trains and cars at the station and statistics about the flow of trains was held. Method of determining of the stationarity work of station subsystems between themselves and with the surrounding areas is given. Suggestions on

improvement of existing method are given. In condition of additional operation of weighing wagons it was held the modeling work station as a multiphase system of the queuing system with three subsystems.

It was defined the conformity of the station technical equipment with the volumes of work.

Keywords: *railway transport, technical station, technology of processing trains, the intensity, the queuing system.*

Вступ та актуальність теми. Для досягнення стаціонарної роботи та для прискорення обробки вагонопотоків на станції повинна бути встановлена раціональна взаємодія в роботі парків та сортувальних пристроїв між собою та з прилеглими дільницями. З цією метою технічну станцію, як багатофазну систему масового обслуговування (СМО), доцільно поділити на підсистеми. Ефективність регулювальних заходів залежить від раціонального використання технічного обладнання станції і в першу чергу колійного розвитку і сортувальних пристроїв.

Як найбільш дієві застосовуються такі заходи:

- прискорення обробки составів;
- визначення раціональної черговості розформування составів;
- максимальне скорочення міжопераційних перерв;
- як найшвидше звільнення колій для приймання поїздів;
- звільнення гірки або витяжної колії.

Для скорочення часу перебування на станції вагонів, що потребують прискореної доставки в пункт призначення, застосовується пріоритетний режим їх переробки, який передбачає першочерговість обслуговування, розформування, формування і відправлення составів, що містять такі вагони.

Аналіз літературних джерел. Взаємодія підсистем у роботі сортувальної станції розглядається з точки зору уявлення сортувальної станції як системи масового обслуговування, яку поділено на три підсистеми [1, 2]. Такий поділ не завжди враховує наявність додаткових технологічних задач, що постають у процесі обробки вагонопотоків. Наприклад, на перевантажувальних станціях існує необхідність пропуску поїздів через ваги з метою зважування [3].

Мета і задачі дослідження. Доцільним у системі надходження, переробки вагонів та формування поїздів на технічній станції за умов необхідності зважування вагонів передбачити дану додаткову технологічну операцію та провести моделювання, що дає змогу визначити рамки ефективної взаємодії всіх підсистем і фаз.

Виклад основного матеріалу. Як система виступає технічна станція, що включає парк приймання, гірку, сортувальний парк, витяжки формування та парк відправлення. Підсистеми станції розподілено таким чином [1, 2]:

перша підсистема «Вхідні дільниці – Парк приймання – Гірка» (ВД-ПП-Г);

друга підсистема «Парк формування – Витяжки формування» (СП - ВФ);

третя підсистема «Парк відправлення – Вихідні дільниці» (ПВ-ВД).

Аналіз існуючої методики та технології роботи станції, а саме наявність ваг у вхідній горловині станції, виявив можливість її удосконалення, а саме:

1) доповнення першої підсистеми додатковою фазою – проходження поїзда по вагах з позначенням самої підсистеми як «Вхідні дільниці – Ваги – Парк приймання – Гірка» (ВД-Ваги-ПП-Г). При цьому покращення технології роботи залізничної станції можливе за рахунок модернізації технічних пристроїв, а саме переобладнання існуючої вагової колії сучасними типами вагів «ДВ-200000» [3];

2) доцільно всі параметри системи подати у вигляді інтенсивності вхідного потоку та інтенсивності потоку обслуговування (табл. 1).

Таблиця 1

Результати моделювання стаціонарності системи

Фаза	Перша підсистема ВД-Ваги-ПП-Г		Друга підсистема СП-ВФ	Третя підсистема ПВ-ВД	
	І фаза	2 фаза		1 фаза	2 фаза
Вихідні дані	$t_{пр}^{ТО}$ = 30 хв, звідки $\lambda_{пр}^{ТО}$ =2 год $^{-1}$; $Б_{пр}^{ТО}$ =1.	$t_{г}$ =39 хв, звідки $\lambda_{г}$ =1,54 год $^{-1}$; $\rho_{г}$ =0,10.	$T_{ф}$ =13,6 хв, звідки $\lambda_{ф}$ =4,6 год $^{-1}$; $\lambda_{н} = \lambda_{вх}$; $\rho_{ф}$ =0,10.	$t_{від}^{ТО}$ = 30 хв, звідки $\lambda_{від}^{ТО}$ =2 год $^{-1}$; $Б_{від}^{ТО}$ =1.	$I_{від}$=0,6 год; $\rho_{від}$ =0,10; $\lambda_{вих} = \lambda_{вх}$.
Умова	$\lambda_{вх} < \lambda_{В} < \lambda_{пр}^{ТО} \cdot Б_{пр}^{ТО}$ та $\lambda_{вх} < \lambda_{г}$		$\lambda_{н} < \lambda_{ф} \cdot M_{ф}$	$\lambda_{вих} < \lambda_{від}^{ТО} \cdot Б_{від}^{ТО}$ та $\lambda_{вих} < \lambda_{від}$	
	або з урахуванням резерву				
$\lambda_{вх}$, год $^{-1}$	$\frac{\lambda_{вх}}{\lambda_{пр}^{ТО} \cdot Б_{пр}^{ТО}} < 1$ та	$\frac{\lambda_{вх}}{\lambda_{г}} \le 1 - \rho_{г}$	$\frac{\lambda_{н}}{\lambda_{ф} \cdot M_{ф}} \le 1 - \rho_{ф}$	$\frac{\lambda_{вих}}{\lambda_{від}^{ТО} \cdot Б_{від}^{ТО}} < 1$ та	$I_{від} \le \frac{1 - \rho_{від}}{\lambda_{вих}}$
0,2	0,1 < 1,00	0,13 < 0,90	0,88 < 0,9	0,1 < 1	0,60 < 4,50
0,3	0,15 < 1,00	0,20 < 0,90	0,88 < 0,9	0,15 < 1	0,60 < 3,00
0,4	0,2 < 1,00	0,26 < 0,90	0,88 < 0,9	0,2 < 1	0,60 < 2,25
0,5	0,25 < 1,00	0,33 < 0,90	0,88 < 0,9	0,25 < 1	0,60 < 1,80
0,6	0,3 < 1,00	0,39 < 0,90	0,88 < 0,9	0,3 < 1	0,60 < 1,50
0,7	0,35 < 1,00	0,46 < 0,90	0,88 < 0,9	0,35 < 1	0,60 < 1,29
0,8	0,4 < 1,00	0,52 < 0,90	0,88 < 0,9	0,4 < 1	0,60 < 1,13
0,9	0,45 < 1,00	0,59 < 0,90	0,88 < 0,9	0,45 < 1	0,60 < 1,00
1	0,5 < 1,00	0,65 < 0,90	0,88 < 0,9	0,5 < 1	0,60 < 0,90
1,1	0,55 < 1,00	0,72 < 0,90	0,88 < 0,9	0,55 < 1	0,60 < 0,82
1,2	0,6 < 1,00	0,78 < 0,90	0,88 < 0,9	0,6 < 1	0,60 < 0,75
1,3	0,65 < 1,00	0,85 < 0,90	0,88 < 0,9	0,65 < 1	0,60 < 0,69
1,4	0,7 < 1,00	0,91 > 0,90	0,88 < 0,9	0,7 < 1	0,60 < 0,64
1,5	0,75 < 1,00	0,98 > 0,90	0,88 < 0,9	0,75 < 1	0,60 > 0,60

Узагалі обов'язковим вважалося виконання умов у межах підсистеми, що інтенсивність у кожній наступній *i+1*-й фазі повинна перевищувати або дорівнювати інтенсивності попередньої *i*-ї

$$\lambda_i < \lambda_{i+1} \text{ або } \frac{\lambda_i}{\lambda_{i+1}} \le 1 - \rho,$$

де ρ – резерв відповідної фази.

Прийнято, що $\lambda_{вх}, \lambda_{вих}, \lambda_В, \lambda_{пр}^{ТО}, \lambda_{від}^{ТО}, \lambda_г, \lambda_н, \lambda_ф, \lambda_{від}$ – відповідно інтенсивність вхідного потоку поїздів, що надходять у переробку, вихідного потоку поїздів, що формуються, зважування поїздів на вагах, обробки поїздів бригадами ТО по прийманню та відправленню, розформування состава, накопичення, формування та відправлення.

Але при переході з однієї фази до наступної кількість поїздів, тобто інтенсивність вхідного потоку ніяк не змінюється, тому доцільним є все ж таки враховувати саме цю інтенсивність при надходженні на кожну окрему фазу.

Як вихідні дані прийнято обсяги роботи станції у найбільш та найменш завантажені періоди, а також, для можливості моделювання, зміна вказаних показників у зазначених межах. Технологічні норми виконання операцій прийнято згідно зі статистичними спостереженнями.

На підставі наведеної методики з урахуванням пропозицій щодо її удосконалення проведено моделювання роботи станції як багатофазної СМО з трьома підсистемами (табл. 1).

Результати моделювання наведено у таблицях, де у першу чергу визначено необхідну кількість локомотивів як по районах роботи, так і взагалі по станції в залежності від інтенсивності вхідного потоку поїздів за добу (табл. 2). Уже потім проведено визначення умов стаціонарності за виведеними формулами [4,5] у нижній частині табл. 1.

Визначено, що при існуючому вхідному потоці з інтенсивністю $\lambda_{вх}$ від 0,20 до 0,75 год$^{-1}$ (5-17 поїздів на добу) достатньо двох локомотивів для виконання робіт на гірці, формування составів у хвості сортувального парку та місцевої роботи. Більш того, існує резерв використання цих локомотивів, які можуть забезпечити інтенсивність вхідного потоку до 1,3 год$^{-1}$ (до 31 поїзда на добу).

Перевірка умов стаціонарності також свідчить, що при існуючому технічному оснащенні та прийнятій технології обробки поїздів граничним значенням інтенсивності вхідного потоку є 1,3 год$^{-1}$. При значенні $\lambda_{вх}$=1,4 год$^{-1}$ у другій фазі першої підсистеми потрібно було б внести зміни до обслуговування поїздів бригадами ТО: збільшити їх кількість до 2, що також скоротить час обробки поїзда у парку приймання. У другій фазі третьої підсистеми інтервал відправлення потребує незначного зменшення задля забезпечення резерву.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, розроблена модель дає змогу визначити відповідність потужностей станції обсягам роботи. Визначено, що для забезпечення обсягів роботи зазначеної технічної станції задля її стаціонарного функціонування цілком достатньою є наявність двох маневрових локомотивів (а при $\lambda_{вх} \le 0{,}6$ год$^{-1}$ і одного), кількість бригад ТО у парках приймання та відправлення – по одній при часі обробки состава 30 хв та інтервалі відправлення 0,6 год.

Таблиця 2

Розрахунок необхідної кількості маневрових локомотивів на вантажній станції за локомотиво- хвилинами

$\lambda_{вх}$, год $^{-1}$	Локомотиво-хвилини				Кількість локомотивів				
	розформу-вання	форму-вання	місцевої роботи	всього	розформу-вання	форму-вання	місцевої роботи	всього	прийнята кількість
0,2	187,2	110,68	47,718	350,1	0,1476	0,0873	0,0376	0,2726	1
0,3	280,8	166,02	71,576	521,4	0,2215	0,1309	0,0564	0,4088	1
0,4	374,4	221,36	95,435	693,45	0,2953	0,1746	0,0753	0,5451	1
0,5	468	276,71	119,29	865,8	0,3691	0,2182	0,0941	0,6814	1
0,6	561,6	332,05	143,15	1038,3	0,4429	0,2619	0,1129	0,8177	1
0,7	655,2	387,39	167,01	1210,9	0,5167	0,3055	0,1317	0,9539	1
0,8	748,8	442,73	190,87	1383,5	0,5905	0,3492	0,1505	1,0902	2
0,9	842,4	498,07	214,73	1556,2	0,6644	0,3928	0,1693	1,2265	2
1	936	553,41	238,59	1728,9	0,7382	0,4364	0,1882	1,3628	2
1,1	1029,6	608,75	262,45	1901,6	0,812	0,4801	0,207	1,4991	2

Список використаних джерел

1. Enrique Martin Alcalde Optimal space for storage yard considering yard inventory forecasts and terminal performance [Text]/ Enrique Martin Alcalde, Kap Hwan Kim, Sergi Saurí Marchán Logistics // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 82, 2015.- P. 101-128.
2. Лаврухін, О. В. Побудова моделі оптимізації пропуску поїздів на підходах до сортувальної станції [Текст] / О. В. Лаврухін, П. В. Долгополов, Ю. В. Доценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2013. – Вип. 64. – С. 15–17.
3. Малахова, О. А. Визначення величини простою составів в очікуванні відправлення на сортувальних станціях [Текст] / О.А. Малахова, О.В. Тищенко // Вестник «ХПИ». – Харків: 2011. – Т.1. – Вип. 58. – С. 99-102.
4. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті [Текст]: навч. посібник / за ред. проф. М.І. Данька. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 183 с.
5. Данько, М. І. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті [Текст]: конспект лекцій / М.І. Данько, В.М. Кулешов, О.А. Малахова, В.Д. Зонов. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Ч. 1,2. – 36 с.
6. Калашнікова, Т. Ю. Перспективи застосування сучасних типів вагів на сортувальній станції [Текст] / Т.Ю. Калашнікова, А.В. Оніщук // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 158. – С. 41-46.
7. Калашніков, Т. Ю. Модель забезпечення взаємодії функціонування системи "депо - станція - перегін" [Текст] / Т.Ю. Калашнікова. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: 2002. – №2. – С. 67-69.

8. Калашнікова, Т. Ю. Посилення умов взаємодії роботи підсистем технічної станції між собою та з прилеглими дільницями [Текст] / Т.Ю. Калашнікова, Л.В. Свиридюк // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип.120. – С. 44-47.

Калашнікова Татьяна Юріївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (066) 441-50-42.
E-mail: bulavina_ty@ukr.net.
Звягінцев Ярослав Сергійович, магістр, Український державний університет залізничного транспорту.
Тел.: (099)7892571. E-mail: yaroslav-1993@ukr.net.
Кравченко Дмитро Олександрович, магістр, Український державний університет залізничного транспорту.
Тел.: (050)7091779. E-mail: kravshenko dima.93@mail.ru.

Kalashnikova Tetyana – candidate of technical sciences, Associate professor, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (066) 441-50-42. E-mail: bulavina_ty@ukr.net.
Zviahintsev Yaroslav, listener, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (099)7892571. E-mail: yaroslav-1993@ukr.net.
Kravchehko Dmitro, listener, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (050)7091779. E-mail: kravshenko dima.93@mail.ru.

Стаття прийнята 20.09.2016 р.