

УДК 656.2 : 656.21 + 06

И. В. РУЧКИН

*Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)
raynard.blackmore@yandex.ru*

ВАРИАНТ ОБОСНОВАНИЯ НИТОК ГРАФИКА ПЕРЕДАТОЧНОГО ДВИЖЕНИЯ НА СТАНЦИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Изучается динамика количественных и качественных показателей предприятий промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ) на полигоне Северо-Кавказской железной дороги. Представляется статистический анализ вагонопотоков, по рассчитанным частотам поступления вагонов и ниткам графика передаточного движения построены гистограммы подач-уборок. Определены значения интегральной функции оценки транспортной работы ППЖТ.

Промышленный железнодорожный транспорт является важнейшей составной частью единой транспортной системы страны. Его задача заключается в обслуживании крупных промышленных узлов и производств. Объем грузоперевозок на промышленном железнодорожном транспорте в несколько раз превышает аналогичный показатель для железных дорог общего пользования, а развернутая длина путей (около 55 тыс. км) сопоставима с развернутой длиной путей общего пользования (82 тыс. км) [3]. На территории РФ находится свыше 10 тысяч предприятий промышленного железнодорожного транспорта, из которых большая часть имеет собственные железнодорожные пути, однако больше половины предприятий имеют протяженность путей менее 3 км, что приводит к тому, что грузооборот ППЖТ более чем в 20 раз ниже соответствующего показателя для транспорта общего пользования.

Проблема передачи вагонопотока с общей сети дорог на пути ППЖТ является сложной и многовариантной задачей, оказывающей существенное влияние на все виды форм их взаимодействия. Несоответствие интервалов подвода поездов и ритма производства, колебания интервалов и объема их прибытия вызывает необходимость создания сети буферных емкостей и разработки мер транспортно-технологического согласования.

В настоящий момент многие ППЖТ имеют ряд общих проблем в эксплуатации (рисунок 1):

- неравномерность подвода поездов к предприятиям промышленного железнодорожного транспорта. Единые технологические процессы работы ППЖТ со станциями примыкания общего пользования часто не учитывают

транспортных процессов, происходящих на предприятиях промышленного железнодорожного транспорта;

- значительные простои вагонов, что при росте плат за пользование вагонами и штрафов за перепростой подвижного состава повышает себестоимость выпускаемой продукции.



Рисунок 1 – Проблемы эксплуатационной деятельности ПЗЖТ

Для успешного функционирования ПЗЖТ необходимо определять обоснованные нитки графика передаточного движения обеспечивая равномерный подвод и вывод грузов. Рассмотрим показатели годового вагонооборота основных ПЗЖТ Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», которые представлены на рисунке 2.

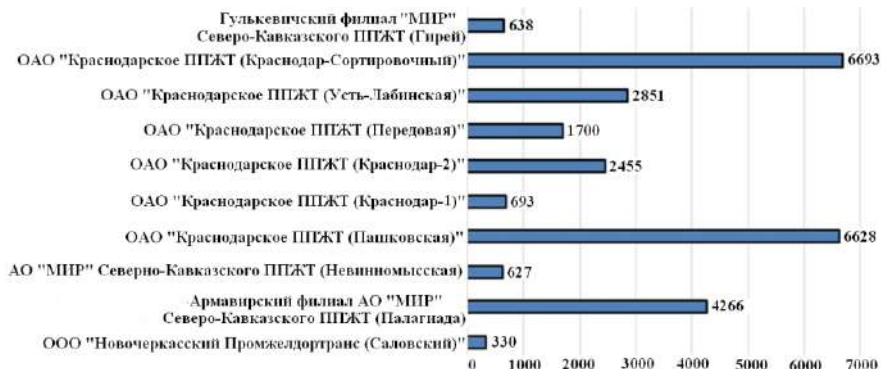


Рисунок 2 – Годовой вагонооборот ПЗЖТ на полигоне СКЖД

Оценить уровень транспортного производства ПЗЖТ предлагается по критериям протяженности железнодорожных путей l ; количества собственных маневровых локомотивов $n_{\text{лок}}$; количества обслуживаемых предприя-

тий, $N_{\text{пред}}$; общего времени простоя местного вагона на балансе ППЖТ $t_{\text{мест}}$; объему погрузки $Q_{\text{погр}}$; объему выгрузки $Q_{\text{выгр}}$.

Общую эффективность основных показателей ППЖТ можно оценить модифицированной интегральной функцией вида [5]:

$$W_{\text{ППЖТ-}i} = \alpha_1 R_{1i}^* + \alpha_2 R_{2i}^* + \alpha_3 R_{3i}^* + \alpha_4 R_{4i}^* + \alpha_5 R_{5i}^* + \alpha_6 R_{6i}^*$$

при условии

$$\sum_1^N \alpha_i = 1; R_i^* = R_i^{\text{пр}} / R_i^{\text{сущ}},$$

где i – номер варианта показателя работы; $i = 1, 2, \dots, N$ – количество параметров; α_i – коэффициент относительной важности i -го параметра (в зависимости от параметра может быть положительный или отрицательный); $R_i^{\text{пр}}, R_i^{\text{сущ}}$ – значения безразмерных i показателей для проектного и существующего (начального) вариантов работы ППЖТ.

Для оценки уровней транспортного производства ППЖТ разработаны диаграммы показателей некоторых ППЖТ (рисунок 3).

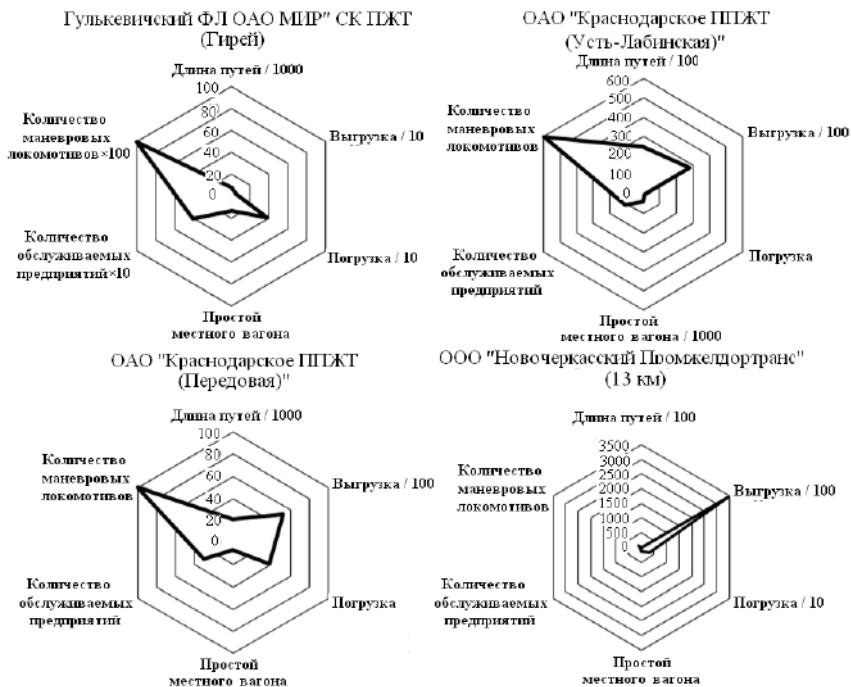


Рисунок 3 – Диаграммы показателей работы ППЖТ

В таблице 1 представлена сводная ведомость показателей, характеризующих работу ППЖТ, где T – время простоя вагонов на ответственности предприятия, ваг.ч/10, Π – погрузка, ваг.; B – выгрузка, ваг.

Т а б л и ц а 1 – **Ведомость показателей работы ППЖТ**

Предприятие	Π , ваг	B , ваг	T , ваг.ч/10	$n_{\text{лок}}$	$N_{\text{прел}}$	L , м
ООО «Новочеркасский Промжелдортранс»	320	3400	1320	1	4	819
ОАО «Краснодарское ППЖТ (ст. Передовая)»	52	38	69,37	1	3	21000
ОАО «Краснодарское ППЖТ(ст. Усть-Лабинская)»	98	205	610	1	5	10109
Гулькевичский филиал «МИР» СК ППЖТ (ст. Гирей)	30	4	130	1	4	8190

Так как показатели, сводимые к комплексному оценочному критерию, имеют разные единицы измерения, то их необходимо привести к безразмерному виду (таблица 2).

Т а б л и ц а 2 – **Ведомость расчетных безразмерных показателей ППЖТ**

Предприятие	Π	B	T	n	N	L
ООО «Новочеркасский Промжелдортранс» (Саловский)	1,01	1,06	1,03	0,21	0,26	0,13
ОАО «Краснодарское ППЖТ (ст. Передовая)»	0,88	0,10	0,38	0,76	0,62	1,07
ОАО «Краснодарское ППЖТ (ст. Усть-Лабинская)»	0,25	0,11	0,15	0,21	0,20	0,93
Гулькевичский филиал «МИР» Северо-Кавказкого ППЖТ (ст. Гирей)	0,38	0,16	0,53	0,21	0,31	0,50

Для этого предлагается использовать вариативный показатель $k(\theta)$ с диапазоном значений от 0,1 до 1,0.

$$k(\theta) = 0,1 + 0,99 \cdot \frac{\theta_i - \theta_{\min}}{\theta_{\max} - \theta_{\min}}, \quad (1)$$

где 0,1 – нижний предел вариативного показателя рейтинга; 0,99 – принятый размах вариации; θ_i – значение i -го показателя в выборке; θ_{\max} , θ_{\min} – максимальное и минимальное значения выборки.

$$W_{\text{ППЖТ}}^{\text{Мир СК}} = 0,166 \cdot 0,38 + 0,166 \cdot 0,16 - 0,166 \cdot 0,53 + 0,166 \cdot 0,21 + 0,166 \times 0,31 + 0,166 \cdot 0,50 = 0,12;$$

$$W_{\text{ППЖТ(У-Л)}}^{\text{Краснод}} = 0,166 \cdot 0,25 + 0,166 \cdot 0,11 - 0,166 \cdot 0,15 + 0,166 \cdot 0,21 + 0,166 \times 0,20 + 0,166 \cdot 0,93 = 0,17;$$

$$W_{\text{ППЖТ(П)}}^{\text{Краснод}} = 0,166 \cdot 0,88 + 0,166 \cdot 0,10 - 0,166 \cdot 0,38 + 0,166 \cdot 0,76 + 0,166 \times \\ \times 0,62 + 0,166 \cdot 1,07 = 0,58;$$

$$W_{\text{ППЖТ}}^{\text{Новочерк}} = 0,166 \cdot 1,01 + 0,166 \cdot 1,06 - 0,166 \cdot 1,03 + 0,166 \cdot 0,21 + 0,166 \times \\ \times 0,26 + 0,166 \cdot 0,13 = 0,27.$$

Из расчета следует, что для ППЖТ, имеющих сбалансированные показатели работы, значения интегральной функции выше, чем у предприятий с высокими значениями по одному или двум показателям.

Определим нитки графика передаточного движения на примере ОАО «Новочеркасский Промжелдортранс». Выполненный анализ показывает, что вагонооборот составляет $B = 52345$ ваг., параметры подач $X_{\max} = 12$ ваг, $X_{\min} = 0$, $I_{\text{гр}} = 1$; объем выборки равен $N_0 = 10^4 = 10000$ ваг., период наблюдения определяется отношением $T = B / N_0$ и равен 5,2 мес. На втором этапе осуществляется сбор статистических данных по месяцам с максимальным, минимальным и средним грузопотоками прибытия за расчетный период T . На третьем этапе выявляется характер поступающего вагонопотока с общей сети, который можно отнести к простейшему входящему потоку и применить методику распределения Пуассона [2]. При простейшем входящем потоке прибытия грузов характер изменения частоты поступления групп вагонов в зависимости от времени определяется формулой

$$p_k = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}.$$

Расчет p_k сведен в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3 – Анализ вагонопотоков предприятия

Количество вагонов в группе k_i	Частота n_i	Частость $n_i / \sum n_i$	Накопленная частость r	Вероятность P_k	Накопленная вероятность p	$D = r - p$
0	—	—	—	—	—	—
1	2	0,08	0,08	0,055	0,055713	0,02
2	3	0,12	0,20	0,121	0,177169	0,08
3	4	0,16	0,36	0,176	0,353685	0,18
4	3	0,12	0,48	0,192	0,546088	0,29
5	5	0,20	0,68	0,167	0,713863	0,51
6	2	0,08	0,76	0,121	0,835779	0,64
7	2	0,08	0,84	0,075	0,911716	0,76
8	2	0,08	0,92	0,041	0,953101	0,88
9	1	0,04	0,96	—	0,953101	—
10	1	0,04	1,00	0,008	0,961843	0,99
11	—	—	—	—	0,961843	—
12	—	—	—	—	0,961843	—

Среднее значение поступлений вагонов в сутки определяется отношением

$$\lambda = \frac{\sum_{i=0}^s \zeta_i k_i}{\sum_{i=0}^s \zeta_i}$$

и равно 7,4.

Характер распределения случайной величины может характеризоваться графиком зависимости частоты появления самого события. Сходимость считается удовлетворительной при $p(\lambda_1) \geq 0,05$. Величина λ_1 определяется по формуле

$$\lambda_1 = D_{\max} \sqrt{\sum_{i=0}^s \zeta_i},$$

где D_{\max} – максимальное расхождение по модулю между накопленными частотами и вероятностями; ζ_i – частоты поступления подачи,

$$\sum_{i=0}^s \zeta_i = 25, \lambda_1 = 0,99\sqrt{25} = 4,96.$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^s (k_i - m)^2}{s}} = 3,37.$$

Коэффициент вариации равен

$$v = \frac{\sigma}{m} = 0,45.$$

Математическое ожидание простоя вагона под грузовыми операциями определяется по формуле

$$t = \frac{\sum_{p=0}^s p n_p t_p}{\sum_{p=0}^s p n_p}$$

и равно 4,4т.

Полученные результаты имеют достаточный уровень сходимости с эмпирическими данными.

Для расчета графика передаточного движения или маневровых подач также может применяться методика статистического анализа данных о времени прибытия передач на станцию Саловский, грузовых фронтах предприятий, количестве вагонов и числе назначений в них [1]. Данные статистических выборок группируются по интервалам времени, обработка информации ведется по форме таблицы 4.

Таблица 4 – Статистические данные входящих вагонопотоков ППЖТ

Часы суток	Количество			Частость			
	передач	вагонов	назначений	передач	вагонов	назначений	$K_i / N_{\text{набл}}$
0–1	–	–	–	–	–	–	–
1–2	–	–	–	–	–	–	–
2–3	1	1	1	0,04	0,0085	0,0152	0,125
3–4	–	–	–	–	–	–	–
4–5	1	10	7	0,04	0,0847	0,1061	0,125
5–6	2	3	3	0,08	0,0254	0,0455	0,25
6–7	1	2	2	0,04	0,0169	0,0303	0,125
7–8	1	4	2	0,04	0,0339	0,0303	0,125
8–9	3	8	4	0,12	0,0678	0,0606	0,375
9–10	1	5	3	0,04	0,0424	0,0455	0,125
10–11	–	–	–	–	–	–	–
11–12	–	–	–	–	–	–	–
12–13	–	–	–	–	–	–	–
13–14	2	10	10	0,08	0,0847	0,1515	0,25
14–15	1	9	2	0,04	0,0763	0,0303	0,125
15–16	2	12	6	0,08	0,1017	0,0909	0,25
16–17	–	–	–	–	–	–	–
17–18	3	20	7	0,12	0,1695	0,1061	0,375
18–19	2	16	9	0,08	0,1356	0,1364	0,25
19–20	3	8	3	0,12	0,0678	0,0455	0,375
20–21	1	5	5	0,04	0,0424	0,0758	0,125
21–22	–	–	–	–	–	–	–
22–23	1	5	2	0,04	0,0424	0,0303	0,125
23–24	–	–	–	–	–	–	–
<i>Итого</i>	25	118	66	1	1	1	3,125

С учетом полученных данных обосновываются нитки графика передаточного движения. Определяется относительная частота поступления передач по интервалам группировки по отношению к заданному периоду наблюдений. По каждой ступенчатой фигуре рассчитывается координата ее центра тяжести по оси абсцисс по формуле

$$X_i = \frac{\sum_{i=1}^n F_i X_i}{\sum_{i=1}^n F_i},$$

где X_i – координаты i -го прямоугольника, входящего в состав ступенчатой фигуры с суммарной площадью 1,0; n – число прямоугольников в составе ступенчатой фигуры; F_i – площадь i -го прямоугольника данной фигуры.

Значение координаты, переведенное в часы, будет соответствовать нитке графика передаточного движения. Наибольшее значение частоты назначений приходится на 3 ч 05 мин, 8 ч 07 мин, 14 ч 53 мин и 18 ч 08 мин.

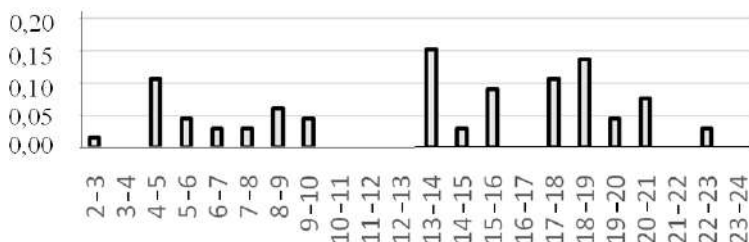


Рисунок 4 – Гистограмма распределения частоты назначений вагонов

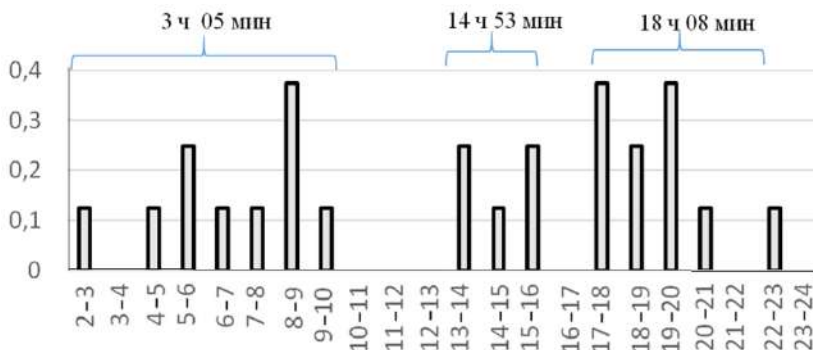


Рисунок 5 – Обоснование положения ниток графика передаточного движения

Таким образом, на примере предприятий ППЖТ полигона СКЖД посредством метода статистического анализа можно рассчитать времена ниток графика передаточного движения. При этом определяются значения оптимальных времен передаточного движения, позволяющие принимать решения, обеспечивающие формирование рационального плана подвода поездов и сокращение простоя местного вагона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Таха, Х. А. Введение в исследование операций : пер. с англ. / Х. А. Таха. – 7-е изд. – М. : Вильямс, 2005. – 912 с.
- 2 Правдин, Н. В. Основы взаимодействия видов транспорта (примеры и расчёты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.
- 3 Сидяков, В. А. О задачах развития промышленного железнодорожного транспорта на период до 2030 года / В. А. Сидяков // Промышленный транспорт XXI век. – 2008. – № 2. – С. 3–6.

4 Алесинская, Т. В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления / Т. В. Алесинская. – Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2009. – 79 с.

5 СНиП 2.05.07-91. Промышленный транспорт / Минстрой России. – М. : ГП ЦПП, 1996. – 112 с. (зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 37.13330.2010).

6 Числов, О. Н. Комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем в железнодорожных узлах : [монография] / О. Н. Числов. – Ростов н/Д ; Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. – 294 с.

7 Мищенко, Н. Г. Теоретические основы повышения эффективности взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта: методология формирования и механизмы управления : [монография] / Н. Г. Мищенко. – Ростов н/Д : РГУПС, 2005. – 202 с.

I. V. RUCHKIN

OPTIONS JUSTIFICATION OF TRAIN PATHS OF TRANSFER TRAFFIC SCHEDULE AT THE STATIONS OF THE ENTERPRISES OF INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT

The dynamics of quantitative and qualitative indicators of enterprises of industrial railway transport (EIRT) in the area of the North Caucasus Railway is studied. A statistical analysis of railcar flows is presented, and histograms of arrivals and departures are plotted using the calculated frequencies of cars arrival and train paths of the transfer schedule. The values of the integral function of the EIRT transport operation assessment are determined.

Получено 06.11.2018.

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2019**

УДК 656.21 + 06

О. Н. ЧИСЛОВ, А. М. ИЛЬИН, О. И. ВЕРЕВКИНА

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

o_chislov@mail.ru, am.ilin.83@mail.ru, uer@rgups.ru

РАСЧЕТ НОРМ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СОСТАВОВ ПОЕЗДОВ НА СТАЦИОННЫХ ПРИЕМООТПРАВОЧНЫХ ПУТЯХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Рассмотрены направления совершенствования методики расчета норм закрепления подвижного состава на станционных железнодорожных путях с переменным продольным профилем для разнородного подвижного состава, выявлены основные проблемы закрепления составов грузовых поездов, установлено наличие существенных различий в условной длине закрепляемых составов поездов с фактическим количеством физических вагонов. Разработана авторская схема алгоритма расчета норм закрепления подвижного состава, позволяющая повысить точность расчетов, наглядность результатов и безопасность станционных технологических процессов.