

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.223.3

В. Я. НЕГРЕЙ, доктор технических наук; С. В. ДОРОШКО, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ НА ВНУТРИДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ

Приведены рекомендации по эффективности формирования групповых поездов. Предложена технология формирования групповых поездов, которая предусматривает создание на направлении (полигоне) станций обмена групп, систематизирование размещения групп в поезде и ограничение их количества до трех. Указанная технология предполагает установление ниток графика на направлениях, по которым организуется отправление групповых поездов с возможным согласованным подводом групп вагонов; обеспечение формирования (в пределах допустимых норм) тяжеловесных групп и включения в групповой поезд максимального количества вагонов соответствующего назначения, поступивших до его прибытия на станцию; непрерывное планирование поездообразования на направлении с целью снижения простоя подвижного состава; минимизацию маневровой работы и безопасное размещение порожних вагонов в составе поезда; выделение специальных путей на станциях направления для формирования групповых поездов. Рассмотрено влияние количества перецепок и времени на перецепку группы при продвижении группового поезда. Приведен расчет суммарных затрат вагоно-часов при изменении времени перецепки и увеличении простоя вагона под накоплением для отдельных направлений Белорусской железной дороги. Исследования показывают, что с увеличением времени на перецепку экономия вагоно-часов уменьшается.

Дальнейшее совершенствование системы организации вагонопотоков неразрывно связано с поиском новых технологий работы железнодорожных направлений Белорусской железной дороги. Исследования показывают, что в результате резкого падения объемов работы сильно изменились режимы работы железнодорожных станций [2, 6, 8, 10, 12]. Поэтому с целью экономии энергетических и других видов ресурсов важное значение приобретает поиск новых способов сокращения расходов [3].

Необходимость внедрения новых технологий диктуется и необходимостью сокращения простоев вагонов на участковых и сортировочных станциях.

Работа станций Белорусской железной дороги в зонах мощности назначений меньше 60–70 вагонов в сутки [1] требует значительного усиления внимания к оперативной организации вагонопотоков в групповые поезда. В настоящее время в теории и практике организации вагонопотоков лежит принцип выделения дальних струй, который находит свое выражение в неравенстве [4, 7]

$$N \left[\sum_{i=1}^k (t_{\text{эк}} e_{\text{пн}} + e_{\text{пер}}^{\text{зав}} - e_{\text{тр}}^{\text{зав}})_i \right] + \frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^k (t_{\text{эк}}^{\text{лок}} e_{\text{лок}} + t_{\text{эк}}^{\text{бр}} e_{\text{бр}})_i \right] \geq C m e_{\text{пн}}, \quad (1)$$

где N – среднесуточный размер струи вагонопотока; k – число попутных технических станций, по которым рассчитывается экономия; $t_{\text{эк}}$ – эконо-

номия от проследования вагонов i -й станции транзитом; $e_{\text{пн}}$ – стоимость вагоно-часа; $e_{\text{пер}}^{\text{зав}}$, $e_{\text{тр}}^{\text{зав}}$ – соответственно себестоимости переработки вагона на i -й станции и для транзитного вагона без переработки; m – число вагонов в составе поезда; $e_{\text{лок}}$, $e_{\text{бр}}$ – стоимость локомотиво- и бригадо-часа.

Представленное неравенство (1) можно преобразовать к виду

$$N \sum_{i=1}^k T_{\text{эк}} \geq C m, \quad (2)$$

где $T_{\text{эк}}$ – общая экономия времени в приведенных часах от пропуска одного вагона струи N через i -ю станцию без переработки.

Применяемый в настоящее время в системе организации принцип выделения дальних струй [4, 7] не учитывает внутреннюю организацию струи. То есть его недостатками являются, во-первых, большое допустимое количество вагонов в составе поезда. В результате на каждой станции, где осуществляется переработка, приходится выполнять дробную сортировку, затрачивая на это неоправданные материальные, трудовые и энергетические ресурсы [5, 9, 11].

Формирование групповых поездов приводит к значительному сокращению простоя вагонов под накоплением. Групповые поезда формируют из двух и более назначений, причем вагоны каждого назначения подбирают в отдельную группу. К сожалению, большинство железнодорожных станций и направлений работают в условиях высокой неравномерности вагонопотоков, и сфера реаль-

ной эффективности групповых поездов оказывается значительно ниже теоретической, поэтому на практике используется такая система весьма осторожно. В связи с этим предлагается новая технология формирования групповых поездов, которая предусматривает создание на направлении (полигоне) станций обмена групп, систематизирование размещения групп в поезде и ограничение их количества до трех. Принципиальным отличием новой технологии является постоянное повышение уровня организованности поезда по мере его продвижения от начальной до конечной станции. Вагоны в составе должны подбираться в соответствии с географическим расположением станций переработки, а количество групп в составе не должно превышать трех.

Указанная технология предполагает:

- установление ниток графика на направлениях, по которым организуется отправление групповых поездов с возможным согласованным подводом групп вагонов;

- обеспечение формирования (в пределах допустимых норм) тяжеловесных групп и включения в групповой поезд максимального количества вагонов соответствующего назначения, поступивших до его прибытия на станцию;

- непрерывное планирование поездообразования на направлении с целью снижения простоя подвижного состава;

- минимизацию маневровой работы и безопасное размещение порожних вагонов в составе поезда;

- выделение специальных путей на станциях направления для формирования групповых поездов.

Новая технология носит адаптивный характер и предполагает набор допустимых вариантов объединения групп по станциям направления.

Наиболее целесообразные варианты организации вагонопотоков в групповые поезда необходимо устанавливать на основе технико-экономических расчетов.

Для иллюстрации рассмотрим линейное железнодорожное направление с четырьмя станциями (рисунок 1).

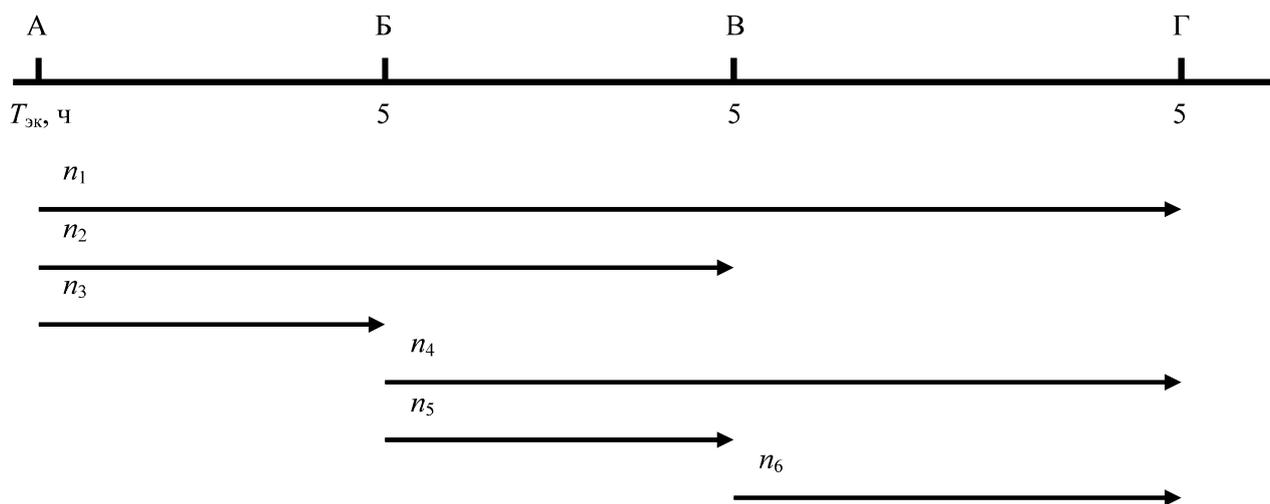


Рисунок 1 – Исходные данные для определения оптимального плана формирования поездов на участке из четырех технических станций

Если использовать адаптивную технологию переработки вагонопотока, когда на каждой станции направления струи накапливаются отдельно, а затем формируются одно-, двух- или

трехгрупповые поезда, то затраты вагоно-часов изменяются. Очевидно, что в самом благоприятном случае струя 1 будет иметь 0 перецепок, а в неблагоприятном – 2. Для подсчета среднего количества перецепок составлена таблица 1.

Таблица 1 – Расчет количества перецепок

Номер струи	Количество перецепок		Среднее количество перецепок
	благоприятный исход	неблагоприятный исход	
1	0	2	1
2	0	1	0,5
4	0	1	0,5
Общее количество перецепок	0	4	2

Обобщая результаты таблицы 1, можно отметить, что общее количество перецепок (наиболее вероятное) для первой струи $n_{переч,1} = (n_{ст}^1 - 2)/2$, второй – $n_{переч,2} = (n_{ст}^2 - 2)/2$, четвертой – $n_{переч,4} = (n_{ст}^4 - 2)/2$. Общее количество перецепок

$$\sum n_{переч} = \frac{n_{ст}^1 - 2}{2} + \frac{n_{ст}^2 - 2}{2} + \frac{n_{ст}^4 - 2}{2} = \frac{1}{2}(n_{ст}^1 + n_{ст}^2 + n_{ст}^3 - 2Z). \quad (3)$$

где $n_{ст}^1, n_{ст}^2, n_{ст}^4$ – количество станций, которые проследует струя (с учетом станций зарождения и погашения); Z – количество сквозных назначений.

По новой технологии суммарные затраты вагоно-часов

$$B_n = \beta Cm(k-1) + n_{переч} t_{переч} (m - N_n), \quad (4)$$

где β – коэффициент, учитывающий увеличение простоя вагонов под накоплением; $n_{переч}$ – среднее количество перецепок; $t_{переч}$ – приведенные дополнительные затраты времени на перецепку по сравнению с простым транзитного вагона с переработкой; N_n – среднее количество вагонов в перецепляемой группе; m – среднее количество вагонов в составе поезда.

Исследования показали [8, 10, 12, 13], что коэффициент β изменяется от 1,2 до 1,3, а $t_{переч}$ учиты-

вает дополнительные затраты на маневровую работу и составляет 0,3–0,7 ч.

Для оценки границ эффективности новой технологии рассмотрим пример, где мощности струй одинаковы и составляют 30 вагонов в сутки, а $T_{эк} = 5$ ч, количество станций на направлении равно 4.

По традиционной технологии [4, 7] приведенные вагоно-часы по оптимальному плану формирования поездов составят (участковая система продвижения вагонопотока)

$$B = 3Cm + T_{эк} \sum_{j=1}^n N_{пер}, \quad (5)$$

т. е. $B = 3 \cdot 10 \cdot 57 + 5 \cdot [(30 + 30) + (30 + 30)] = 2310$ ч.

Все остальные варианты значительно уступают оптимальному. При выделении одной сквозной струи расходы составят 2580 ваг.ч, а трех – 3420 ваг.ч.

Используя формулу (4) и данные таблицы 1, получим $B_n = 1,3 \cdot 10 \cdot 57 \cdot (4 - 1) + 2 \cdot 0,4 \cdot (57 - 30) = 2245$ ваг.ч.

Эффект от внедрения новой технологии

$$B_{год} = 365(B - B_n)C_{в-ч}, \quad (6)$$

или $B_{год} = 365 \cdot (2310 - 2245) \cdot 800 = 18,98$ млн р.

Результаты расчета суммарных затрат вагоно-часов для участка из 4–7 технических станций и различных значений затрат на перецепку сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения суммарных затрат вагоно-часов

$n_{ст}$	$n = 4; B = 2310$ ч		$n = 5; B = 3710$ ч		$n = 6; B = 5850$ ч		$n = 7; B = 8670$ ч	
	B_n	ΔB						
0,3	2239	71	3005	705	3786	2064	4588	4082
0,4	2245	65	3018	692	3813	2037	4635	4035
0,5	2250	60	3032	678	3840	2010	4682	3988
0,6	2255	55	3045	665	3867	1983	4730	3940
0,7	2261	49	3059	651	3894	1956	4777	3893

Графическая интерпретация зависимости затрат вагоно-часов от количества технических станций на участке представлена на рисунке 2.

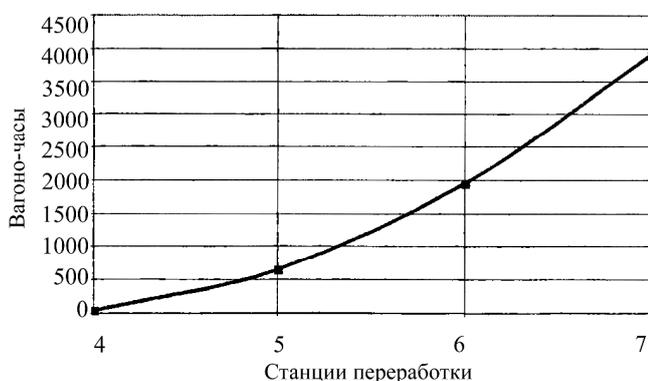


Рисунок 2 – Зависимость затрат вагоно-часов от количества технических станций на участке, $t_{переч} = 0,7$

Применение предлагаемой технологии, а именно, что вагоны должны подбираться в соответствии с географическим положением станций переработки, а количество групп в составе не должно превышать трех, позволит получить целый комплекс косвенных эффектов, т. е. уменьшить загрузку станций, повысить транзитность маломощных вагонопотоков, загрузку маневровых локомотивов на технических станциях, снизить срок доставки грузов и т. п. Кроме того, с увеличением количества станций на расчетном полигоне эффект от применения новой технологии увеличивается. Аналогичное влияние на величину эффекта оказывает и сокращение продолжительности перецепки вагонов.

Для доказательства эффективности групповых поездов на одном из конкретных направлений было рассмотрено несколько направлений Белорусской железной дороги. Результаты расчета суммарных затрат

вагоно-часов при изменении времени перецепки и увеличении простоя вагона под накоплением для отдельных направлений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Суммарные затраты вагоно-часов на направлениях

β	$T_{пер}, ч$	$V_{п.т}, ваг \cdot ч$	$V_{ст.т}, ваг \cdot ч$		$\Sigma, ваг \cdot ч$	
			$T_{эк}=5ч$	$T_{эк}=10ч$	$T_{эк}=5ч$	$T_{эк}=10ч$
<i>Брест – Смоленск</i>						
1,3	0,5	3252,47	3780,60	4701,00	528,13	1448,53
	1,0	3384,95			395,65	1316,05
	1,5	3517,42			263,18	1183,58
	2,0	3649,90			130,70	1051,10
1,5	0,5	3732,47			48,13	968,525
	1,0	3864,95			-84,35	836,05
	1,5	3997,42			-216,82	703,575
	2,0	4129,90			-349,30	571,10
1,7	0,5	4212,47			-431,87	488,525
	1,0	4344,95			-564,35	356,05
	1,5	4477,42			-696,82	223,575
	2,0	4609,90			-829,30	91,10
<i>Брест – Гомель</i>						
1,3	0,3	2346,45	2058,0	2230,00	-288,45	-116,45
	0,5	2350,75			-292,75	-120,75
	1,0	2361,50			-303,50	-131,50
	1,5	2372,25			-314,25	-142,25
	2,0	2383,00			-325,00	-153,00
1,5	0,3	2706,45	2058,0	2230,00	-648,45	-476,45
	0,5	2710,75			-652,75	-480,75
	1,0	2721,50			-663,50	-491,50
	1,5	2732,25			-674,25	-502,25
	2,0	2743,00			-685,00	-513,00
1,7	0,3	3066,45	2058,0	2230,00	-1008,50	-836,45
	0,5	3070,75			-1012,80	-840,75
	1,0	3081,50			-1023,50	-851,50
	1,5	3092,25			-1034,30	-862,25
	2,0	3103,00			-1045,00	-873,00

Анализируя результаты исследований и данные таблицы 3, можно сделать следующие выводы:

1 На участке Брест – Смоленск предлагаемая технология дает ожидаемый эффект при $T_{эк} = 5$ ч и увеличении времени простоя под накоплением на 30, 50 и 70 %. При $T_{эк} = 5$ ч эффект наблюдается при увеличении времени на перецепку на 30 %, а также при увеличении времени простоя под накоплением на 50 % образуется эффект при времени на перецепку 0,5 ч.

На направлении Гомель – Брест экономия наблюдается при увеличении времени под простоем на 30 %. На направлении Брест – Гомель технология эффекта не дает.

2 Исследования [13] показывают, что с увеличением времени на перецепку экономия вагоно-часов уменьшается.

3 Внедрение данной технологии позволит получить целый комплекс косвенных эффектов: снизить загрузку станций, повысить транзитность потоков, уменьшить потребность в штате, капитальных вложениях, энергетических ресурсах.

Список литературы

- 1 Анализ эксплуатационной работы Белорусской железной дороги за 1991–2000 гг. – Мн.: Бел. ж. д., 2001. – 81 с.
- 2 Негрей, В. Я. Задачи совершенствования методики расчета плана формирования поездов / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Межвуз. сб. науч. тр. по материалам Междунар. конф., посвященной 190-летию ун-та, 70-летию ф-та «Управление процессами перевозок» и 75-летию каф. «Управление эксплуатационной работой». – СПб. : ПГУПС, 1999. – С. 22–24.
- 3 Котельников, А. В. Железнодорожный транспорт России в 2000–2030 гг. / А. В. Котельников, А. С. Нестрахов // Вестник ВНИИЖТа. – 2000. – № 5. – С. 3–15.
- 4 Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах СССР. – М. : Транспорт, 1984. – 256 с.
- 5 Дорошко, С. В. К вопросу оптимального распределения сортировочной работы между станциями полигона сети / С. В. Дорошко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : межвуз. сб. науч. тр. – Гомель : БелИИЖТ, 1992. – С. 93–97.
- 6 Негрей, В. Я. Новые подходы к распределению сортировочной работы между железнодорожными станциями / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Тез. докл. по материалам Второй междунар. межвуз. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта». – М. : МГУПС, 1996. – С. 25–26.

7 **Петров, А. П.** План формирования поездов: Опыт, теория, методика расчетов / А. П. Петров. – М. : Трансжелдориздат, 1950. – 483 с.

8 **Кекиш, Н. А.** Повышение экономической эффективности и безопасности продвижения маломощных вагонопотоков / Н. А. Кекиш, С. В. Дорошко // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы безопасности на транспорте». – Гомель : БелГУТ, 2002. – С. 303–304.

9 **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, Н. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.

10 Развитие станций для повышения эффективности и безопасности формирования и пропуска групповых поездов в железнодорожных узлах / М. Н. Луговцов [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2002. – С. 45–46.

Получено 23.11.2007

V. J. Negrey, S. V. Doroshko. The Effectiveness of Group Trains Formation on Internal Approaches.

The recommendations on the effectiveness of group trains formation are given here. There is offered the technology of group trains formation, which supposes the establishment of group exchange on station direction, the systematization of group arrangement and their quantity limitation to 3.

Given technology suggests schedule formation on approaches, at which group trains delivery with possible coordinated car groups movement is organized; providing formation (in suitable terms) of heavy groups and inclusion of in group train (maximum quantity of cars of corresponding destination, arriving at station till its arrival); continuous planning of train formation in order to low down rolling stock demurrage: minimization of maneuver work and safe arrangement of empty cars in train consist; defining special ways on direction stations for group train formation. The influence of quantity of recoupling and time for recoupling at group train movement was considered. The total waste car-hours calculation is given at recoupling time change and car demurrage increase under accumulation for separate directions of Belarusian rail ways. Investigations show, that car-hours economy decreases when recoupling time increases.

11 **Негрей, В. Я.** Распределение сортировочной работы в условиях колебаний вагонопотоков / В. Я. Негрей, Н. П. Негрей, С. В. Дорошко // Совершенствование технологии работы железнодорожных станций и узлов : межвуз. сб. науч. тр. – Гомель : БелИИЖТ, 1989. – С.45–52.

12 **Негрей, В. Я.** Расчет плана формирования поездов с учетом ограничения по сроку доставки грузов / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса». – Гомель : БелГУТ, 2003. – С. 55–57.

13 Совершенствование системы распределения сортировочной работы на полигоне : отчет о НИР (промежут.) Т. I / Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. М. Н. Луговцов; исп. В. Я. Негрей [и др.]. – Гомель, 2003. – 159 с. – № ГР 511/2698.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2008. № 1 (16)

УДК 656.212.5

С. В. ДОРОШКО, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАСЧЕТНЫЕ ВАГОНОПОТОКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ И ВЫБОРА ВАРИАНТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНОЙ РАБОТЫ

Приведен анализ существующих методик выбора плановых вагонопотоков при расчете плана формирования поездов. Рассмотрено влияние расчетных значений вагонопотоков на потерю вагоно-часов накопления, а также числа дней, при которых потребуется корректировка плана формирования поездов. Даны примеры расчета мощности струй вагонопотоков при вероятностном распределении колебания транспортного потока. Представлен расчет количества дней в году, когда мощность струи будет превышать критическое значение. Предложена вероятностная модель расчета плана формирования для назначений с неустойчивыми вагонопотоками. Рекомендовано использовать переменные нормы экономии на один вагон, который пропускается через станцию без переработки. Предложенные рекомендации позволят более четко установить нитки графика грузовых поездов на направлениях, планировать поездообразование на направлении с целью снижения простоя подвижного состава, минимизировать маневровую работу.

Втеории и практике расчета плана формирования поездов (ПФП), который лежит в основе модели распределения сортировочной работы между станциями, подходы к выбору расчетных вагонопотоков неоднократно изменялись [8, 9, 12, 14]. В соответствии с этим большинство предложений по распределению сортировочной работы между станциями, эффектив-

ности маршрутизации вагонопотоков можно свести в следующие группы:

- а) составлять два варианта плана формирования – на минимальные потоки каждого назначения (базовый вариант ПФП) и на средние суточные потоки (предложение И. И. Васильева);
- б) назначать ПФП на минимальные потоки;
- в) в основу расчетов положить минимальные по-