

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ С УЧЕТОМ ОПЕРАТИВНЫХ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ

Розроблено уточнену модель вибору черговості розформування составів на сортувальних станціях з врахуванням оперативних даних автоматизованих систем управління ватажними перевезеннями.

Разработана уточненная модель выбора очередности расформирования составов на сортировочных станциях с учетом оперативных данных автоматизированных систем управления грузовыми перевозками.

The specified model of definition of the order of trains processing on the switching stations considering operative data of automatic management systems of freight transportation is developed.

Внедрение современных информационных технологий на железнодорожном транспорте создает благоприятные условия для решения некоторых технологических задач работы сортировочных станций на качественно новом уровне. В первую очередь это касается оптимизации работы оперативного персонала и создания автоматизированных рабочих мест.

Одной из оптимизационных задач, решаемых на сортировочных станциях, является задача выбора очередности роспуска составов на сортировочных горках.

Задача выбора очередности роспуска (ВОР) реализуется по трем критериям [1]:

- минимизация простоя поездов у входных сигналов по неприему;
- достижение минимального отклонения фактических количественных и качественных показателей по отправлению поездов своего формирования от запланированных;
- достижение наиболее раннего момента окончания роспуска.

Критерии имеют лексикографическую связь между собой, которая определяется выражением:

$$K_1 \overset{Lex}{>} \{K_2; K_3\}. \quad (1)$$

При решении задачи необходимо стремиться к устранению задержек поездов у входных сигналов по неприему. Сначала определяется множество решений, обеспечивающих первый критерий, а затем среди этих решений требуется определить оптимальное по второму или третьему критерию. Выбор второго или третьего критерия зависит от сложившейся оперативной обстановки на сети железных дорог и от

задач, которые ставит перед станцией высшее руководство.

Второй критерий подразумевает уменьшение продолжительности простоя вагонов на станции. При решении задачи по указанному критерию необходимо учитывать следующее:

- наличие локомотивов под поезда своего формирования;
- наличие ниток графика под поезда своего формирования;
- наличие в составах поездов групп вагонов, которые нельзя разрывать (так называемые маршрутные группы).

Далее будем рассматривать решение задачи по второму критерию.

В этом случае исходной информацией будет разложение вагонов в составах прибывающих поездов по назначениям плана формирования, текущее состояние путей сортировочного парка и парка приема. Эти данные обеспечиваются автоматизированными системами управления грузовыми перевозками. Кроме этого, необходимо располагать информацией о предполагаемых моментах прибытия поездов. Следовательно, необходимо создание модели прибытия поездов. Однако, машинный прогноз, основанный на нормативных временах хода по перегонам, не может гарантировать достаточной надежности прогнозирования. В этой связи необходимо участие поездного диспетчера в составлении прогноза прибытия поездов.

Каждый вариант обработки составов будем характеризовать выбранной очередностью расформирования  $X^{(i)}$ .

В общем виде модель задачи ВОР имеет вид:

$$C = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^z N_{ij}(X^{(t)}) \cdot T_j(X^{(t)}) \longrightarrow \min_{X^{(t)}}, \quad (2)$$

где  $N_{ij}(X^{(t)})$  – количество вагонов на  $i$ -е назначение во время расформирования  $j$ -го состава;

$T_j(X^{(t)})$  – продолжительность расформирования  $j$ -го состава;

$z, k$  – соответственно, количество назначений и составов.

Значения  $N_{ij}$  и  $T_j$  по каждому варианту будут изменяться в зависимости от выбранной очередности расформирования  $X^{(t)}$ . Минимум целевой функции достигается за счет перестановки составов в очереди на обслуживание.

В качестве примера, демонстрирующего решение задачи по выражению (2), была рассмотрена очередь из трех составов. Исходные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные задачи				
Назначения	Составы			Остаток в СП
	1	2	3	
1	4	3	4	44
2	6	18	0	42
3	1	4	2	26
4	7	3	7	15
5	1	1	2	24
6	11	1	0	45
7	16	4	3	47
8	1	2	7	44
9	0	6	5	8
10	2	3	1	33
11	1	5	19	25
Всего	50	50	50	353
Тр, ч	0,29	0,31	0,3	
Тприб, ч	0	0,12	0,2	

Решив задачу простым перебором вариантов, получим следующие оценки каждого из вариантов очередности роспуска (приведено в табл. 2).

Как видно, оптимальной будет последовательность расформирования 1-3-2, что не соответствует порядку поступления составов.

Момент прибытия поезда является величиной, зависящей от множества случайных факторов. Насколько точным бы ни был прогноз, все равно он будет иметь отклонения от действительности.

В связи с этим задача ВОР также должна носить вероятностный характер.

Таблица 2

Результаты решения задачи согласно выражению (2)	
Последовательность расформирования	Вагоно-часы простоя
1-2-3	272,20
1-3-2	<b>271,70</b>
2-1-3	315,56
2-3-1	316,06
3-1-2	342,80
3-2-1	343,80

При выборе последовательности обработки составов необходимо учитывать возможные отклонения фактических моментов прибытия поездов от прогнозируемых, а также экономические, технологические и другие оценки этих отклонений и вероятности этих отклонений. В исследованиях будем исходить из того, что величина отклонений по прибытию является случайной, закон распределения которой можно установить по статистическим данным автоматизированных систем управления перевозками. Таким образом, приходим к 2-х этапной задаче стохастического программирования [2].

Каждый план очередности расформирования оценивается определенными затратами вагоно-часов простоя в сортировочном парке. При реализации плана, основанного на прогнозе прибытия поездов, оценки плана корректируются. Установив стохастические параметры модели задачи ВОР (моменты прибытия поездов и продолжительности обработки составов), перейдем к 2-х этапной задаче ВОР с учетом требований корректировки  $Y = (X^{(t)}, \theta)$  плана  $X^{(t)}$ . Здесь  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)$  – множество случайных состояний, характеризующих условия реализации плана  $X^{(t)}$ , для которых известны вероятности  $\{p(\theta_i)\}_s$ . Определим состояния  $\theta$  как диапазоны отклонения фактического момента прибытия поезда от момента прибытия согласно прогнозу. Вероятности этих отклонений известны (см. рис. 1) и могут быть получены из статистических данных автоматизированных систем управления грузовыми перевозками.

Тогда с учетом возможных задержек модель 2-х этапной задачи имеет вид:

$$C^* = C + M[Y(X^{(t)}, \theta)] \longrightarrow \min, \quad (3)$$

где  $M[*]$  – знак математического ожидания;

$Y = (X^{(t)}, \theta)$  – корректировка оценки плана  $X^{(t)}$  согласно множеству  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)$ .

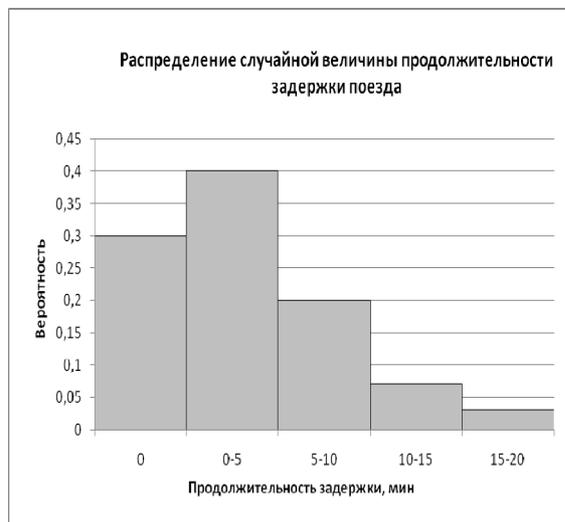


Рис. 1. Гистограмма распределения случайной величины отклонения фактических моментов прибытия поездов от моментов прибытия согласно прогнозу

Получив решение согласно выражению (3), и сравнив его с решением по выражению (2), получим следующие результаты (см. табл. 3):

Таблица 3

**Сравнение вариантов расчетов согласно выражениям (2) и (3)**

Последовательность расформирования	Вагоно-часы простоя	Вагоно-часы простоя с учетом задержек
1-2-3	272,20	<b>296,01</b>
1-3-2	<b>271,70</b>	297,96
2-1-3	315,56	338,51
2-3-1	316,06	339,25
3-1-2	342,80	365,75
3-2-1	343,80	366,75

Как видно из таблицы, оптимальные планы по двум расчетам отличаются. Из этого следует, что учет стохастических характеристик исходных данных задачи дает возможность принимать более точные управленческие решения.

План составообразования и план пропуска поездов является исходной информацией для планирования работы локомотивного парка и локомотивных бригад, поэтому задачу ВОР необходимо решать с учетом подвязки к работе локомотивного парка и локомотивных бригад.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гершвальд, А. С. Оптимальное управление процессами работы базовой станции опорного центра [Текст] / А. С. Гершвальд // Железные дороги мира. – 2002. – № 6.
2. Математические методы исследования операций [Текст] / Ю. М. Ермолев и др. – К., 1979.

Поступила в редколлегию 04.07.2008.