

УДК 656.21:658.53

А. А. АКСЁНЧИКОВ, старший научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОРМАТИВОВ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА СТАНЦИИ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ

Даны экономические выкладки по определению режима работы с минимальными затратами при обслуживании транспортного потока (поездов) на станции передачи вагонов. Для определения наиболее выгодного режима работы предлагается в качестве критерия экономической оценки принимать минимальные затраты. Показаны взаимозависимые элементы по обслуживанию транспортного потока (поездов) в парке приема и отправления, которые совместно влияют на функционирование подсистем станции передачи вагонов.

Наиболее выгодный режим работы по обслуживанию транспортного потока (поездов) на станции передачи вагонов (СПВ) может определяться из возможных вариантов организации эксплуатационной работы, при этом критерием экономической оценки варианта по обслуживанию грузовых поездов могут быть наименьшие затраты ( $E_{\min}$ ).

Варианты технологии СПВ могут отличаться разным количеством бригад в технологических каналах по обслуживанию транспортного потока (поездов), т.е. различной длительностью обслуживания транспортного потока в парке приема (отправления).

Задержка обработки поезда (состава) в парке прибытия (отправления) технологическими каналами (бригадой ПТО, ПКО, работником СТЦ, сотрудниками органов пограничной службы и должностными лицами таможен) вызывает увеличение времени простоя поездов (составов) в ожидании обработки и потребного числа путей в парке прибытия (отправления).

При увеличении времени простоя поездов (составов) в ожидании обработки происходит следующее:

- если поезд поступает в расформирование, то увеличиваются непроизводительные простои маневровых локомотивов, работающих на сортировочной горке, и простой вагонов;

- если поезд готов к отправлению, то увеличивается простой поезда по отправлению, поездного локомотива и потребное число путей в парке отправления.

Все элементы обслуживания транспортного потока составов, поездов являются взаимозависимыми, совместно влияющими на функционирование подсистем СПВ [1, 2].

На СПВ необходимо определить соответствие количества бригад в технологических каналах и времени обработки поезда межоперационных простоев составов (вагонов) в ожидании обработки. Таким образом, задача сводится к установлению экономически целесообразного норматива времени обслуживания транспортного потока и количества бригад в технологических каналах.

Суммарные годовые затраты в каждом из вариантов технологии работы СПВ [3, 4]

$$E_j = E_{вр} + E_{обр} + E_{г} + E_{п}^{пп} + E_{оф}^{ож} + E_{ман} + E_{п}^{сп}. \quad (1)$$

Затраты, связанные со временем нахождения вагонов в парке приема,

$$E_{вр} = 365 N_p \bar{m} \left( \sum_{i=1}^n t_{обр} \bar{m} / x + \sum_{i=1}^n t_{обр}^{ож} + t_p^{ож} \right) e_{в.ч}, \quad (2)$$

где  $N_p$  – количество поездов, прибываемых в парк приема для расформирования;  $\bar{m}$  – среднее количество вагонов в составе, вагонов;  $n$  – количество технологических каналов;  $t_{обр}$  – среднее время, затрачиваемое технологическим каналом на обработку одного вагона, ч;  $x$  – количество бригад в технологическом канале;  $t_{обр}^{ож}$  – среднее время ожидания обработки технологическим каналом поезда (состава);  $t_p^{ож}$  – среднее время ожидания расформирования состава, ч;  $e_{в.ч}$  – стоимость вагоно-часа простоя, руб.

Затраты, связанные с оплатой работников технологических каналов,

$$E_{обр} = 12 \sum_{i=1}^n x e_{мес}^{тк}, \quad (3)$$

где  $e_{мес}^{тк}$  – месячная заработная плата всех работников, входящих в технологический канал, руб.;  $n$  – количество технологических каналов.

Затраты, зависящие от мощности сортировочной горки в варианте

$$E_{г} = 365 \cdot 24 M_{г} e_{г} + \frac{K_{г}}{t_{ок}} + \mathcal{E}_{г}, \quad (4)$$

где  $M_{г}$  – количество горочных локомотивов в варианте;  $e_{г}$  – стоимость локомотиво-часа маневровой работы маневрового локомотива, руб.;  $K_{г}$  – капитальные затраты на усиление мощности сортировочной горки в варианте, руб.;  $t_{ок}$  – срок окупаемости капитальных затрат, лет;  $\mathcal{E}_{г}$  – годовые эксплуатационные затраты, связанные с содержанием дополнительных устройств по усилению сортировочной горки, руб.

Годовые затраты, связанные с изменением количества путей в парке приема в варианте,

$$E_{п}^{пп} = \left( \Pi_{потр} - \Pi_{нал} \right) \left( \frac{K_{п}^{пп}}{t_{ок}} + \mathcal{E}_{п}^{пп} \right), \quad (5)$$

где  $\Pi_{потр}$  – потребное число путей в парке приема, зависящее в каждом из вариантов от числа технологических

каналов, величины горочного технологического интервала, коэффициентов вариации входящих потоков и длительности обработки состава;  $\Pi_{\text{нал}}$  – количество путей в парке приема;  $K_{\text{п}}^{\text{пп}}$  – капитальные затраты на укладку одного пути со всеми сопутствующими устройствами, руб.;  $t_{\text{ок}}$  – срок окупаемости капитальных затрат, лет;  $\Xi_{\text{п}}^{\text{пп}}$  – годовые эксплуатационные затраты, связанные с содержанием одного пути и устройств, руб.

Если в каждом из вариантов  $\Pi_{\text{потр}} < \Pi_{\text{нал}}$ , то затраты принимаются равными нулю.

Затраты, связанные со временем ожидания составами, обеспеченными поездными локомотивами, начала операций по окончанию их формирования на вытяжных путях,

$$E_{\text{оф}}^{\text{ож}} = 365zN_{\text{ф}}\bar{m}t_{\text{оф}}^{\text{ож л}}e_{\text{в-ч}}, \quad (6)$$

где  $z$  – доля составов, обеспеченных поездными локомотивами, от общего количества формируемых поездов на СПВ;  $N_{\text{ф}}$  – количество формируемых поездов на СПВ;  $\bar{m}$  – среднее количество вагонов в составе, вагонов;  $t_{\text{оф}}^{\text{ож л}}$  – среднее время ожидания формирования составов, обеспеченных поездными локомотивами, ч.

Затраты, связанные с содержанием маневровых локомотивов, работающих на вытяжных путях,

$$E_{\text{ман}} = 365 \cdot 24M_{\text{в}}e_{\text{ман}}, \quad (7)$$

где  $M_{\text{в}}$  – количество маневровых локомотивов, работающих на вытяжных путях сортировочного парка;  $e_{\text{ман}}$  – стоимость локомотиво-часа маневровой работы маневрового локомотива, руб.

Затраты, связанные с изменением количества сортировочных путей в варианте,

$$E_{\text{п}}^{\text{сп}} = \Pi_{\text{доп}}^{\text{сп}} \left( \frac{K_{\text{п}}^{\text{сп}}}{t_{\text{ок}}} + \Xi_{\text{п}}^{\text{сп}} \right), \quad (8)$$

где  $\Pi_{\text{доп}}^{\text{сп}}$  – дополнительное число сортировочных путей;  $K_{\text{п}}^{\text{сп}}$  – капитальные затраты на укладку одного сортировочного пути со всеми сопутствующими устройствами, руб.;  $t_{\text{ок}}$  – срок окупаемости капитальных затрат, лет;  $\Xi_{\text{п}}^{\text{сп}}$  – годовые эксплуатационные затраты, связанные с содержанием одного сортировочного пути и устройств, руб.

Анализ составляющих затрат показывает, что в каждом из вариантов технологии и мощности технических устройств суммарные годовые затраты зависят от следующих переменных:

- количества бригад в технологическом канале;
- среднего значения горочного технологического интервала;
- суммарного, за сутки, времени занятия сортировочной горки окончанием формирования составов;
- количества маневровых локомотивов, работающих на вытяжных путях сортировочного парка.

При формировании набора вариантов должны соблюдаться некоторые ограничения:

$$x > N_{\text{р}}t_{\text{обр}}m/24;$$

$$t_{\text{г}} < 24/N_{\text{р}};$$

$$M_{\text{в}} > (N_{\text{ф}}t_{\text{ф}} - T_{\text{оф}}) / 24.$$

Для каждого варианта необходимо выполнить непосредственный расчет затрат и выбрать вариант с минимальными затратами. В результате устанавливается наиболее выгодное количество бригад в технологических каналах, время обслуживания транспортного потока (поездов) и других управляемых переменных комплекса (количество горочных и маневровых локомотивов, способа маневровой работы, мощности сортировочных устройств и др.). В процессе расчетов устанавливаются зависящие от этих переменных: значения числа путей в парке приема и дополнительных путей в сортировочном парке; времена нахождения транзитного вагона с переработкой с момента прибытия их на СПВ до момента окончания перестановки сформированного состава в парк отправления; загрузка бригад технологических каналов в парке приема, сортировочной горки и маневровых локомотивов, работающих на вытяжных путях.

При определении норматива времени по обслуживанию транспортного потока (поездов) и количества бригад в технологических каналах в парке отправления необходимо учитывать комплексно три последовательно действующих элемента в подсистеме: обслуживания транспортного потока (поездов) технологическими каналами; обеспечения составов поездными локомотивами и отправления поездов на железнодорожные участки [1, 2].

При изменении, например, количества бригад в технологическом канале и технологии обслуживания составов в парке отправления изменяется коэффициент вариации выходящего потока, что повлияет на простой состава в ожидании подачи поездного локомотива. Необходимо учитывать в расчетах технологическую связь в подсистеме между элементами обслуживания составов технологическими каналами и обеспечения составов поездов поездными локомотивами. Если увеличивается количество бригад в технологических каналах парка отправления, следует учитывать получаемый эффект от уменьшения простоя не всех составов, а лишь тех, которые обеспечены поездными локомотивами и должны обрабатываться в первую очередь.

Наилучший режим работы парка отправления и прилегающих железнодорожных участков будет определяться тем из вариантов организации работы и мощности устройств отдельных элементов обслуживания в подсистеме, при котором суммарные затраты будут минимальными ( $E_{\text{min}}$ ).

Варианты технологии могут отличаться количеством бригад в технологических каналах, работающих в парке отправления, а также различным оперативным резервом поездных локомотивов. В каждом варианте будет различным простой составов в парке отправления и потребное количество путей в нем.

Суммарные годовые затраты в каждом из вариантов (при последовательном расположении сортировочного парка и парка отправления)

$$E_{\text{min}} = E_{\text{вп}} + E_{\text{бр}} + E_{\text{л}} + E_{\text{п}}^{\text{по}}. \quad (9)$$

Затраты, связанные со временем нахождения вагонов в парке отправления,

$$E_{\text{вр}} = 365z(N_{\text{тр}} + N_{\text{ф}})\bar{m} \times \left( \sum_{i=1}^n t_{\text{обр}} \bar{m}/x + \sum_{i=1}^n t_{\text{обр}}^{\text{ож л}} + t_{\text{ож}}^{\text{л}} + t_{\text{ож}}^{\text{о}} \right) e_{\text{в-ч}}, \quad (10)$$

где  $N_{\text{тр}}$ ,  $N_{\text{ф}}$  – общее количество транзитных и формируемых поездов на СПВ;  $z$  – доля составов от общего их числа, обеспеченных поездными локомотивами;  $\bar{m}$  – среднее количество вагонов в составе, вагонов;  $t_{\text{обр}}$  – среднее время, затрачиваемое технологическим каналом на обработку одного вагона, ч;  $n$  – количество технологических каналов;  $x$  – количество бригад в технологическом канале;  $t_{\text{обр}}^{\text{ож л}}$  – среднее время ожидания обработки технологическим каналом состава, обеспеченного поездным локомотивом, ч;  $t_{\text{ож}}^{\text{л}}$  – среднее время ожидания состава поездного локомотива, ч;  $t_{\text{ож}}^{\text{о}}$  – среднее время ожидания поезда по отправлению, ч.

Затраты, связанные с оплатой работников технологических каналов  $E_{\text{бр}}$ , определяются по формуле (3).

Затраты, связанные с созданием оперативного резерва поездных локомотивов,

$$E_{\text{л}} = 365 \cdot 24 \sum_{j=1}^k \left[ \frac{\sum_{i=1}^{l_j} (N_{\text{тр}} + N_{\text{ф}})_i t_{\text{л}}}{24} \left( \frac{1}{\Psi_{\text{л}j}} - 1 \right) e_{\text{л}} \right]_j, \quad (11)$$

где  $k$  – количество серий поездных локомотивов;  $l_j$  – количество участков, обслуживаемых  $j$ -й серией поездных локомотивов;  $t_{\text{л}}$  – среднее время простоя одного поездного локомотива данной серии в ожидании готовности состава, ч;  $\Psi_{\text{л}j}$  – коэффициент загрузки поездных локомотивов, являющейся управляемой переменной;  $e_{\text{л}}$  – стоимость локомотиво-часа простоя поездного локомотива данной серии в ожидании состава.

Годовые затраты, связанные с изменением количества путей в парке отправления в разных вариантах,

$$E_{\text{п}}^{\text{по}} = \left( \Pi_{\text{потр}} - \Pi_{\text{нал}} \right) \left( \frac{K_{\text{п}}^{\text{по}}}{t_{\text{ок}}} + \Xi_{\text{п}}^{\text{по}} \right), \quad (12)$$

где  $\Pi_{\text{потр}}$  – потребное число путей в парке отправления, зависящее в каждом из вариантов от числа технологи-

ческих каналов, коэффициента загрузки поездных локомотивов и длительности обработки состава;  $\Pi_{\text{нал}}$  – количество путей в парке отправления;  $K_{\text{п}}^{\text{по}}$  – капитальные затраты на укладку одного пути в парке отправления со всеми сопутствующими устройствами, руб.;  $t_{\text{ок}}$  – срок окупаемости капитальных затрат, лет;  $\Xi_{\text{п}}^{\text{по}}$  – годовые эксплуатационные затраты, связанные с содержанием одного пути в парке отправления и устройств, руб.

Если в каждом из вариантов  $\Pi_{\text{потр}} < \Pi_{\text{нал}}$ , то затраты принимаются равными нулю.

При формировании вариантов должны соблюдаться ограничения по загрузке технологических каналов, которая не должна быть больше 0,75.

Для каждого варианта необходимо выполнить непосредственный расчет затрат и выбрать вариант с минимальными затратами. В результате устанавливается наиболее выгодное количество бригад в технологических каналах и время обслуживания транспортного потока (поездов). Кроме того, в процессе расчетов устанавливаются зависящие от этих управляемых переменных оптимальные значения числа путей в парке отправления.

#### Список литературы

1 **Аксёничков, А. А.** Модель технологического процесса работы железнодорожной станции с учетом выполнения функций международной передаточной железнодорожной станции / А. А. Аксёничков // Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении : сб. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Т. I. – СПб. : Национальный минерально-сырьевой ун-т «Горный», 2014. – С. 11–15.

2 **Аксёничков, А. А.** Разработка модели взаимодействия элементов в подсистеме на станции передачи вагонов при выполнении технологических операций / А. А. Аксёничков // Инновации на транспорте и в машиностроении : сб. тр. III Междунар. науч.-практ. конф. Т. I. – СПб. : Национальный минерально-сырьевой ун-т «Горный», 2015. – С. 5–8.

3 **Гизатулина, В. Г.** Себестоимость железнодорожных перевозок : учеб. пособие / В. Г. Гизатулина. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 302 с.

4 **Кочнев, Ф. П.** Управление эксплуатационной работой железных дорог : учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – М. : Транспорт, 1990. – 424 с.

Получено 28.05.2015

**A. A. Aksionchykau.** Economic evaluation standards of service time traffic flow on the transmission station wagon.

Given the economic calculations to determine the mode of operation with minimal maintenance in the transport stream (train) station wagon transmission. In order to determine the most advantageous mode of economic evaluation of the proposed criteria take minimal costs. Showing interdependent elements of service traffic (trains) park admission and the administration, which together affect the functioning of sub transmission station wagons.