

**Библиографический список**

1. **Численное** моделирование методом частиц в задачах механики деформируемых сред / Б. Н. Васильев // Проблемы прочности матери-

алов и конструкций на транспорте : сб. трудов ЛИИЖТа. – М. : Транспорт, 1990. – С. 178–187.

2. **Стандарт** ISO 2631–1.1997. Вибрация и удар механические.

УДК 656.2

**В. А. Кудрявцев, А. А. Светашев**

Петербургский государственный университет путей сообщения

**ВЛИЯНИЕ ОСТАТКА ВАГОНОВ ПОСЛЕ НАКОПЛЕНИЯ СОСТАВОВ НА ВЕЛИЧИНУ ЗАТРАТ ВАГОНО-ЧАСОВ**

Приведен детальный анализ процесса накопления вагонов на состав поезда в сортировочном парке станции на основе усредненного графика накопления. Показано влияние остатка вагонов после накопления состава на затрату вагоно-часов на накопление. Предложены новые формулы для определения среднесуточных затрат на накопление и параметра накопления в зависимости от среднего остатка вагонов. Перечислены оперативные меры, способствующие сокращению затрат вагоно-часов на накопление вагонов.

вагоно-часы накопления, план формирования поездов, средняя величина остатка, группа вагонов, замыкающая группа, параметр накопления, среднее число вагонов.

**Введение**

Зависимость среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление составов от средней величины остатка вагонов от накопления одного состава была впервые показана в статье [1]. Однако упрощённое распространение схемы накопления составов на сортировочной станции позволило получить весьма приближённое определение этой зависимости. Между тем величина среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление составов является важным параметром при расчете плана формирования поездов на технических станциях, поэтому требует максимально точного определения. При этом надо четко определить факторы, влияющие на величину этих затрат, и найти соответствующие функциональные зависимости.

Вследствие неравномерности поступления вагонов в переработку и по ряду других причин время прибытия поездов, число и величина групп вагонов, поступающих для

накопления каждого поезда, колеблются относительно их средних значений. Исследование этих параметров в их взаимосвязи позволяет более точно охарактеризовать процесс составообразования на сортировочных станциях.

**1 Определение суточных затрат вагоно-часов на накопление составов отдельного назначения**

Рассмотрим детально усредненный график накопления составов одного назначения на пути сортировочного парка (рис. 1).

В процессе расформирования прибывших на станцию поездов на путь накопления поступают группы вагонов соответствующего назначения:

$i$  – средний интервал поступления групп  
( $i = \frac{24}{N_{\text{п}}}$ , где  $N_{\text{п}}$  – среднесуточное число



Группа вагонов, завершающая процесс накопления состава, называется замыкающей:  $m_3$  – средняя величина замыкающей группы. Поскольку чем больше группа, тем больше вероятность того, что она окажется замыкающей, то есть её средняя величина превосходит среднюю величину поступающей группы ( $m_3 > m_{гр}$ ). Вагоны из этой группы образуют возможный излишек, который в виде остатка  $m_0$  переходит в накопление следующего состава. Поэтому среднюю величину замыкающей группы можно разбить на две части: среднюю величину поступающей группы и среднюю величину остатка ( $m_3 = m_{гр} + m_0$ ). Часть замыкающей группы  $m_{гр}$  не имеет простоя под накоплением, поскольку в момент её поступления на путь назначения накопление заканчивается и можно приступить к формированию состава. Другая часть замыкающей группы  $m_0$  простаивает под накоплением следующего состава.

Период накопления состава  $T_n$  включает  $n$  интервалов между поступлением групп вагонов. В течение первого интервала простаивает только остаток от замыкающей группы предыдущего накопления  $m_0$ . В каждый из последующих интервалов добавляется группа вагонов  $m_{гр}$ . Число таких групп будет равно  $n$ , но простой под накоплением будет иметь только  $(n-1)$  групп, поскольку часть вагонов замыкающей группы  $m_{гр} = m_3 - m_0$ , идущая на завершение накопления, не имеет простоя под накоплением.

Имеет смысл с помощью коэффициента  $\alpha$  выразить величину остатка через значения  $m_{гр}$ , то есть  $m_0 = \alpha m_{гр}$ , где  $\alpha = \frac{m_0}{m_{гр}}$ . Учитывая, что в сутки накапливается  $N_\phi$  составов, суточную затрату вагоно-часов на накопление можно рассчитать по выражению:

$$B = N_\phi [\alpha m_{гр} i n + m_{гр} i (n-1) + m_{гр} i (n-2) + \dots + m_{гр} i] = N_\phi m_{гр} i \left( \alpha n + \sum_1^{n-1} j \right),$$

где  $\sum_1^{n-1} j$  – сумма натуральных чисел от 1 до  $n-1$ .

Подставляя в эту формулу значения  $i = \frac{24}{N_\phi}$  и  $n = \frac{N_\phi}{N_\pi}$ , получим:

$$B = N_\phi m_{гр} \frac{24}{N_\pi} \left( \alpha n + \sum_1^{n-1} j \right) = \frac{24 m_{гр}}{n} \left( \alpha n + \sum_1^{n-1} j \right). \quad (1)$$

Теперь необходимо определить величину  $m_{гр}$  с учетом повышенного значения замыкающей группы  $m_3$ . Среднее число поступающих на путь накопления вагонов за период накопления  $T$  за исключением переходящего остатка от предыдущего накопления равно средней величине формируемого состава  $m$ , то есть  $m = (n-1) m_{гр} + m_3 = (n-1) m_{гр} + (m_{гр} + \alpha m_{гр}) = (n-1) m_{гр} + (1 + \alpha) m_{гр} = (n + \alpha) m_{гр}$ , тогда  $m_{гр} = \frac{m}{n + \alpha}$ .

Подставляя это значение в формулу (1), получим:

$$B = \frac{24 m}{n(n + \alpha)} \left( \alpha n + \sum_1^{n-1} j \right). \quad (2)$$

Таким образом, величину среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление для каждого назначения плана формирования можно определить по данной формуле в зависимости от значений  $m$ ,  $n$  и  $\alpha$ .

## 2 Определение параметра накопления

Поскольку величину суточных затрат вагоно-часов накопления принято выражать через параметр накопления  $c$  и среднюю величину составов  $m$  ( $B = cm$ ), имеет смысл с учетом установленной формулы (2) определить значение параметра накопления как  $c = \frac{B}{m}$ :

$$c = \frac{24}{n(n + \alpha)} \left( \alpha n + \sum_1^{n-1} j \right) = 24 \left( \frac{\alpha}{n + \alpha} + \frac{\sum_1^{n-1} j}{n(n + \alpha)} \right). \quad (3)$$

Из этой формулы следует, что параметр накопления для отдельного назначения зависит только от двух факторов: среднего числа групп вагонов, участвующих в накоплении одного состава данного назначения  $n = \frac{N_n}{N_\phi}$ , и отношения средней величины остатка к средней величине группы вагонов:  $\alpha = \frac{m_0}{m_{гр}}$ , то есть  $c = f(n, \alpha)$ . На рисунке 2 приведен график этой функции при различных значениях  $\alpha$ , который может служить номограммой для определения параметра накопления. Промежуточные значения параметра  $c$ , попадающие между кривыми, определяются по интерполяции.

В конечном итоге параметр накопления зависит от соотношения среднесуточного числа прибывающих поездов, имеющих в своём составе группу вагонов данного назначения  $N_n$ , и среднесуточного числа формируемых поездов этого назначения  $N_\phi$ , среднего числа вагонов в составе  $m$  и средней величины остатка вагонов  $m_0$ , то есть от характеристик входящего ( $N_n, m_0$ ) и исходящего ( $N_\phi, m$ ) вагонопотока данного назначения. Он не зависит ни от величины суточного вагонопотока данного назначения, ни от числа назначений формируемых на станции поездов и в зависимости от средней величины остатка может быть как меньше, так и больше 12.

Обращает на себя внимание график зависимости при  $\alpha = 1$ . В этом случае параметр накопления равен постоянной величине  $c = 12$  независимо от значения  $n$ . Исследованиями статистических данных установлено, что в большинстве случаев средняя величина остатка в той или иной степени тяготеет к средней величине группы вагонов, то есть значение  $\alpha$  приближается к 1. Поэтому при расчете плана формирования в качестве общего параметра накопления для всех назначений станции целесообразно использовать  $c = 12$ . График показывает, что с увеличением числа групп в составе  $n$  параметр накопления  $c$  при  $\alpha < 1$  ( $m_0 < m_{гр}$ ) увеличивается, а при  $\alpha > 1$  ( $m_0 > m_{гр}$ ) – уменьшается.

Строгое равенство  $\alpha = 0$  ( $m_0 = 0$ ) практически невозможно, так как невозможно обе-

спечить стопроцентное безостаточное накопление в течение какого-либо периода в несколько суток и более. Линия  $\alpha = 0$  на графике показывает теоритическую границу зоны значения  $\alpha$ . Задача оперативного управления поездообразованием сводится к минимизации среднего остатка за счет увеличения случаев безостаточного накопления, увеличению продолжительности перерывов в накоплении и уменьшению конкретных значений остатка вагонов.

Средний простой вагона под накоплением для данного назначения составит  $t_n = \frac{B}{u_n}$ , ч. В целом для станции простой вагона под накоплением будет  $t_n^{ст} = \frac{\sum cm}{\sum u_n}$  ( $\sum cm$  – общие среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление составов по всем назначениям плана формирования;  $\sum u_n$  – суммарный среднесуточный вагонопоток по всем назначениям плана формирования). Если принять, что в целом для станции параметр накопления является величиной постоянной (параметр  $c = 12$ ), а средний состав всех поездов равен  $m$ , то при числе назначений  $k$  средний простой вагона под накоплением будет, ч,

$$t_n^{ст} = \frac{kcm}{\sum u_n}.$$

Как правило, процесс накопления является трудноуправляемым, то есть на него в целом невозможно повлиять с целью ускорения накопления и сокращения простоя вагонов на станции. Это обусловлено тем, что сортировочные станции работают по принципу конвейера, когда всякая задержка может привести к сбою в работе. Поэтому маневровый диспетчер должен заблаговременно знать о подходе замыкающих групп и рационально планировать работу маневровых локомотивов по расформированию и формированию поездов.

Тем не менее непрерывно меняющаяся эксплуатационная обстановка может в отдельных случаях складываться благоприятно для сокращения простоя вагонов под накоплением. На практике сложились опе-

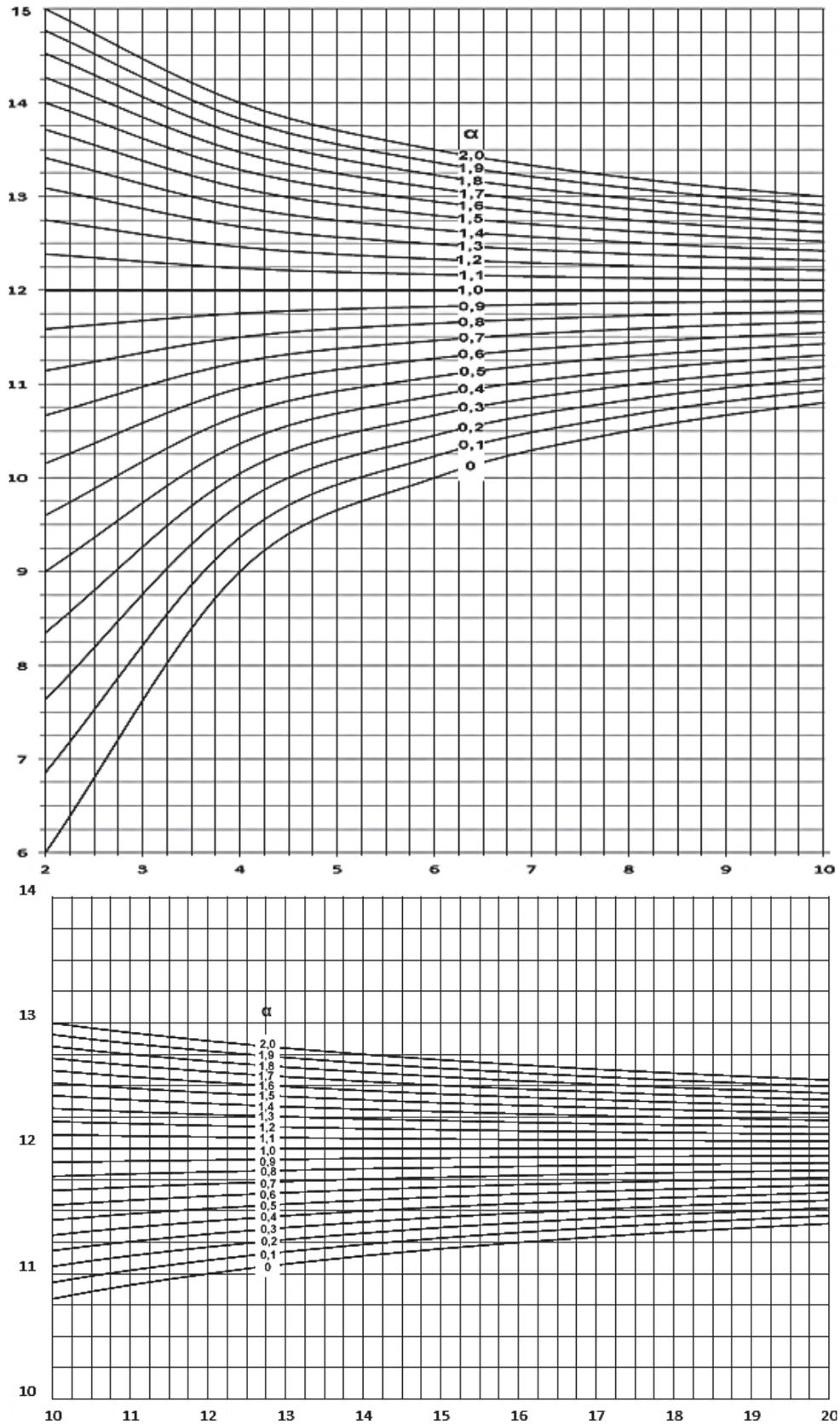


Рис. 2. График зависимости параметра накопления от числа поступающих групп в период накопления состава при разных значениях  $\alpha$ :  $c = f(n, \alpha)$

ративные приемы управления эксплуатационной работой, способствующие этому сокращению. В основном они заключаются в следующем.

1. Ускоренный подвод к техническим станциям поездов, имеющих в своем составе замыкающие группы вагонов.

2. С целью обеспечения безостаточного накопления составов включение в состав формируемого поезда всех накопленных вагонов сверх нормы состава. Для этого маневровый диспетчер должен согласовать с диспетчерским аппаратом возможность пропуска такого поезда по соответствующим участкам.

3. Регулирование поступления групп местных вагонов на техническую станцию таким образом, чтобы крупные группы вагонов подводились на конкретную нитку графика в конце периода накопления. Это достигается взаимодействием в работе маневрового и поездного диспетчеров.

4. При планировании составообразования время отправления формируемых поездов выбирается таким образом, чтобы в процессе накопления простой крупных групп вагонов был как можно меньше за счет увеличения простоя мелких групп. С этой целью время отправления формируемых поездов назначается по возможности сразу после

поступления крупных групп вагонов. При этом следует планировать работу так, чтобы перерывы при безостаточном накоплении были как можно длительнее.

В результате применения подобных мер достигается снижение затрат вагоно-часов на накопление вагонов, а значит и сокращение простоя вагонов на станции. При систематическом их применении уменьшается параметр накопления.

### Заключение

По приведенным статистическим данным установлено, что средняя величина остатка в той или иной степени стремится к средней величине группы вагонов,  $\alpha$  приближается к 1. Поэтому при расчете плана формирования в качестве общего параметра накопления для всех назначений станций целесообразно использовать  $c = 12$ . Результаты отклонения расчетных значений среднесуточных затрат вагоно-часов и параметра накопления приведены в таблице. Они свидетельствуют о возможности практического использования предложенных формул для проверки полученных зависимостей вагонопотока, обработки статистических данных по трем назначениям одной из сортировочных станций.

ТАБЛИЦА. Определение суточных затрат вагоно-часов на накопление и параметра накопления

| Среднесуточные показатели                           | Обозначение     | Назначение<br>1 | Назначение<br>2 | Назначение<br>3 |
|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Вагонопоток, ваг.                                   | $U$             | 1098            | 725             | 2446            |
| Величина формируемых составов, ваг.                 | $m$             | 57              | 57              | 57              |
| Число групп вагонов, поступающих на путь накопления | $N_{\text{п}}$  | 144             | 132             | 161             |
| Число формируемых поездов                           | $N_{\text{ф}}$  | 19,2            | 12,7            | 42,9            |
| Число групп вагонов в составе                       | $n$             | 7,5             | 10,3            | 3,7             |
| Величина остатка, ваг.                              | $m_0$           | 6,54            | 4,62            | 9,89            |
| Величина группы вагонов                             | $m_{\text{гр}}$ | 6,72            | 5,08            | 12,58           |
| Соотношение $\frac{m_0}{m_{\text{гр}}}$             | $\alpha$        | 0,97            | 0,90            | 0,78            |
| Расчетные затраты вагоно-часов                      | $B$             | 661,4           | 659,7           | 677,6           |
| Расчетный параметр накопления                       | $C$             | 12,0            | 11,76           | 11,76           |

Окончание табл.

| Среднесуточные показатели                                            | Обозначение | Назначение<br>1  | Назначение<br>2  | Назначение<br>3    |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------------|--------------------|
| Фактические затраты вагоно-часов                                     | $B_{\phi}$  | 694,4            | 675,7            | 637,5              |
| Фактический параметр                                                 | $c_{\phi}$  | 12,1             | 11,8             | 11,3               |
| Отклонение $\pm$ :<br>затраты вагоно-часов;<br>параметр накопления   |             | 33<br>0,1        | 16<br>0,04       | -40,6<br>-0,46     |
| Отклонение $\pm\%$ :<br>затраты вагоно-часов;<br>параметр накопления |             | 4,75 %<br>0,82 % | 2,36 %<br>0,33 % | -6,36 %<br>-4,07 % |

### Библиографический список

1. **Новый** подход к расчету затрат вагоно-часов на накопление / В. А. Кудрявцев, Я. В. Кукушкина, Ш. М. Суюнбаев // Известия Петер-

бургского университета путей сообщения. – 2010. – Вып. 1 (22). – С. 5–10.

2. **Эксплуатационная** работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) / Е. А. Сотников. – М. : Транспорт, 1986. – 256 с.

УДК 004.896:656.025:006.83

**Л. К. Лим, А. Д. Хомоненко**

Петербургский государственный университет путей сообщения

## ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ ОАО РЖД НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

Предлагается подход к управлению качеством обслуживания пассажиров с позиций комфорта, стоимости и продолжительности поездок по возможным маршрутам на основе алгоритма нечеткого вывода Мамдани с использованием информации из социальных сетей. Построена база правил нечеткого вывода с использованием лингвистических переменных, соответствующих указанным показателям качества обслуживания пассажиров. Приведен пример реализации этапов нечеткого вывода.

нечеткий вывод, алгоритм Мамдани, качество обслуживания пассажиров, правила нечеткого вывода.

### Введение

Одной из стратегических целей ОАО РЖД является получение максимальной прибыли [1]. Рекомендации по повышению качества управления и эффективности деятельности компании, опирающиеся на требования международных стандартов серии ИСО 9000-2000, разработаны в [2]. Достижение этой цели требует обеспечения высокого качества

обслуживания пассажиров при перевозках. В настоящее время одним из важнейших источников информации об уровне качества обслуживания пассажиров являются социальные сети (социальные сети доверия) [3], [4]. Подходы к извлечению информации из социальных сетей рассмотрены в [5], [6].

В статье предлагается подход к управлению качеством обслуживания пассажиров с позиций комфорта, стоимости и продолжи-