

Заключение

С помощью программного обеспечения была построена конечно-элементная модель рамы кузова тепловоза, которая позволяет определять и анализировать перемещения, напряжения и деформации, рассчитываемые в данной конструкции. Рассмотренная расчетная модель рама кузова тепловоза типа UzTE16M позволяет исследовать их напряженно-деформированное состояние, дать оценку возможным изменениям при их модернизации, определить эффективные способы усиления при ремонте. При сравнении данных статического расчета с требованиями [5] можно сделать вывод, что расчетная схема была выбрана правильно. На следующем этапе производится динамический расчет, по результатам которого можно судить о долговечности конструкции.

УДК 656.2

В. А. Кудрявцев, А. А. Светашев

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ВАГОНОВ НА СОСТАВЫ ПОЕЗДОВ

Для расчета плана формирования поездов по направлениям необходим параметр «среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление». В статье приведен детальный анализ процесса накопления вагонов на состав поезда в сортировочном парке станции на основе усредненного графика накопления вагонов. Предложены новые формулы для определения среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление. Приведен расчет и определены среднестатистические значения исследуемых величин. Показано, что нормирование параметра накопления должно быть основано на результатах обработки статистических данных.

параметр накопления вагонов, средняя величина остатка, замыкающая группа, поступающая группа, группа вагонов, период накопления, затраты вагоно-часов.

Введение

На сортировочных станциях выполняется массовое расформирование и формирование

Библиографический список

1. **Оценка** остаточного ресурса рам тележек тепловозов : дис. ... канд. техн. наук / Н. С. Зайнидинов. – Санкт-Петербург, 2010. – 169 с.
2. **Повышение** надежности экипажной части тепловозов / А. И. Беляев, Б. Б. Бунин, С. М. Голубятников и др. ; под ред. Л. К. Добрынина. – Москва : Транспорт, 1984. – 248 с.
3. **Теория** и конструкция локомотивов / В. А. Симонов ; под ред. Г. С. Михальченко. – Москва : Маршрут, 2006. – 584 с.
4. **Тепловоз 2 ТЭ116** / С. П. Филонов, А. И. Гибалов. – Москва, 1985. – 328 с.
5. **Нормы** для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – Москва : ВНИИЖТ, 1998. – 145 с.

поездов. Простой вагонов под накоплением составов является существенной частью основного качественного показателя работы сортировочной станции – простоя транзит-

ного вагона с переработкой. Помимо этого, среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление по каждому поезвному назначению являются важным параметром при расчете плана формирования поездов, поэтому их точное определение играет важную роль в эксплуатационной работе железных дорог.

1 Анализ процесса накопления

В эксплуатационной науке сложился упрощенный подход к рассмотрению структуры процесса накопления, при котором этот процесс рассматривался в двух вариантах: непрерывном, когда после накопления каждого поезда до нормы состава m вагонов возникал переходящий в следующее накопление остаток вагонов (рис. 1а), и прерывном, когда такого остатка не возникало (рис. 1б). Для непрерывного процесса суточные затраты вагоно-часов на накопление одного назначения было легко подсчитать по выражению $B = 12m$, где m –

среднее число вагонов в формируемых составах (независимо от числа формируемых поездов). Для прерывного процесса эти затраты должны быть меньше за счет перерывов в накоплении в зависимости от их продолжительности. Поэтому для реального процесса накопления (рис. 1в), при котором имеют место случаи как непрерывного, так и прерывного накопления, считалось, что величина $12m$ снижается в зависимости от числа и продолжительности перерывов. При этом среднесуточные затраты вагоно-часов накопления на одно назначение получают выражение $B = cm$, где величина c (параметр накопления) является важной характеристикой процесса и определяет затраты на накопление в зависимости от средней величины формируемых составов m . Рекомендуемое значение параметра c для проведения эксплуатационных расчетов находится в диапазоне 8–1,15 в зависимости от конкретных условий работы станции.

Однако в реальных процессах накопления всегда имеются остатки вагонов (частично

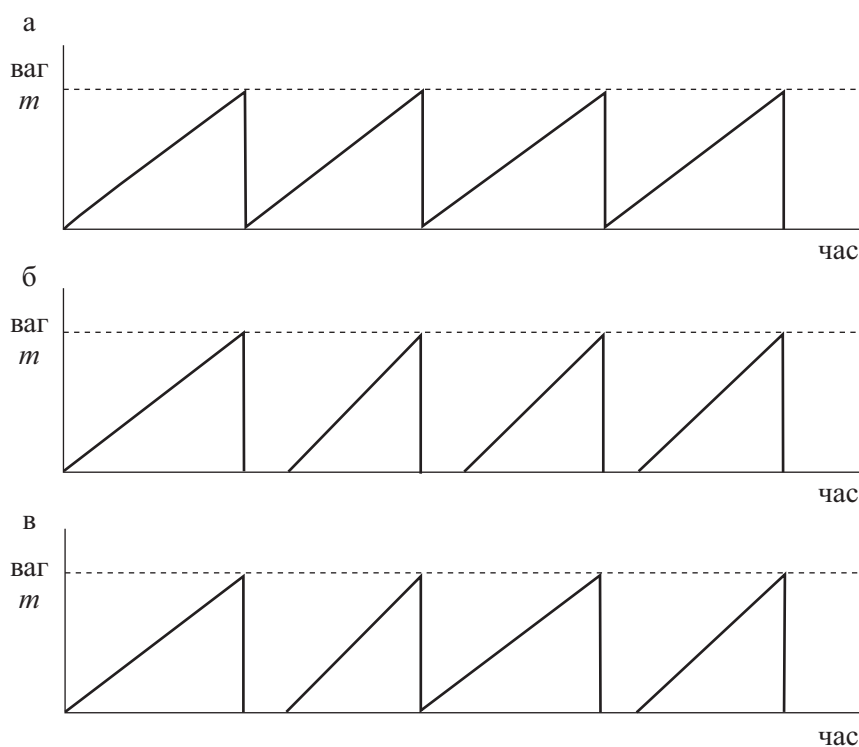


Рис. 1. Схемы накопления вагонов на составы поездов: а) непрерывное; б) прерывное; в) частично прерывное; m – средняя величина накапливаемых составов, ваг.

прерывный процесс). При использовании понятия «средний остаток» (суммарный остаток, распределенный по всей продолжительности суток) можно считать процесс накопления чисто непрерывным, при этом конкретная величина параметра накопления зависит от величины среднего остатка вагонов: чем меньше средний остаток, тем меньше параметр накопления. При величине среднего остатка, равной нулю (что практически нереально), процесс накопления будет полностью прерывным, а параметр накопления будет иметь значение теоретического минимума. Среднесуточную величину остатка нетрудно подсчитать по статистическим данным:

$$m_o = \frac{\sum nt_o}{24K_{\text{сут}}},$$

где $\sum nt_o$ – затраты вагоно-часов накопления остатков, в-ч; $K_{\text{сут}}$ – число суток периода наблюдений.

Обращает на себя внимание тот факт, что до последнего времени в исследованиях про-

цесса накопления игнорировался остаток вагонов после накопления состава как фактор, влияющий на затраты вагоно-часов под накоплением. Впервые этот вопрос был поставлен в [1], где на основе анализа процесса накопления с учетом этого фактора предложена формула для определения среднесуточных затрат вагоно-часов накопления вагонов отдельного назначения. Однако дальнейшие исследования показали, что требуется более детализированный анализ этого процесса и уточнение предложенной формулы.

Рассмотрим подробный усредненный график накопления состава на пути сортировочного парка (рис. 2).

В процессе расформирования прибывающих на станцию поездов на путь накопления поступают группы вагонов соответствующего назначения со средним интервалом i , ч. По характеру воздействия на процесс накопления эти группы можно разделить на два вида: промежуточные ($m_{\text{гр}}$, ваг.), которые имеют простой под накоплением, и замыкающие (m_3 ,

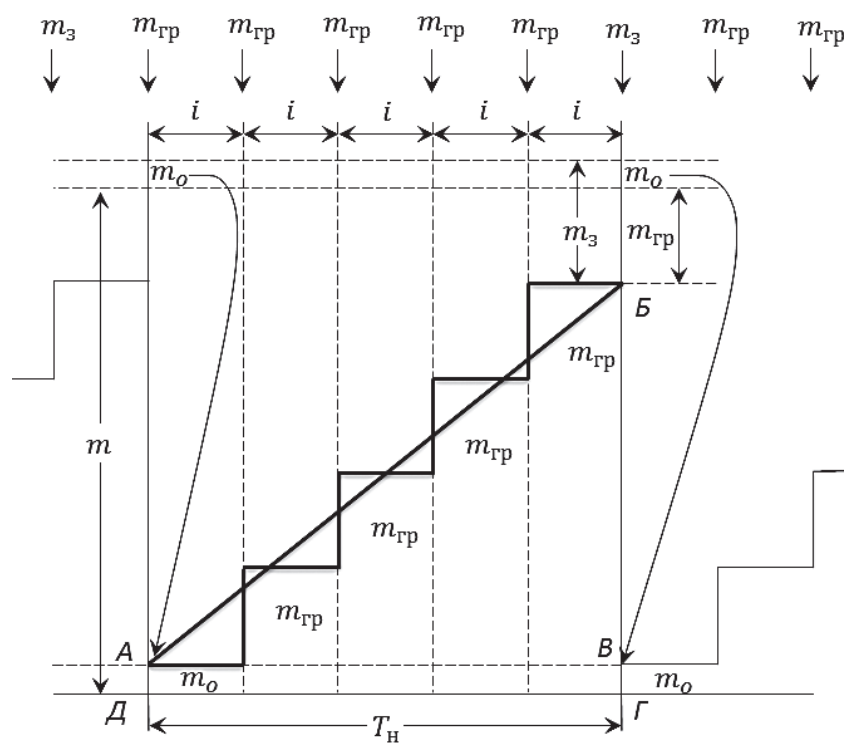


Рис. 2. График накопления вагонов на состав поезда

ваг.), которые завершают процесс накопления состава, пополняя его до средней величины (по усредненной схеме) или до нормы, и являются источником среднего остатка вагонов, который участвует в накоплении следующего состава, поэтому средняя величина замыкающей группы больше, чем средняя величина промежуточной группы на среднюю величину остатка:

$$m_3 = m_{гр} + m_0, \text{ ваг.}$$

Это соответствует здравому смыслу, поскольку чем больше величина поступающей группы, тем больше вероятность, что она станет замыкающей.

Таким образом, при анализе процесса накопления следует рассматривать два образующих его параметра: $m_{гр}$ и m_0 . При этом в качестве заданных величин выступают параметры:

u_n – среднесуточная величина рассматриваемого поездного назначения, ваг.;

m – норма величина состава формируемых поездов, ваг.;

N_n – среднесуточное число групп вагонов, поступающих на путь накопления.

Используя значения приведенных параметров, можно рассчитать остальные параметры, характеризующие процесс накопления составов данного назначения:

$N_{\phi} = \frac{u_n}{N_n}$ – среднесуточное число формируемых поездов;

$T_n = \frac{24}{N_{\phi}}$ – средняя величина периода накопления, час.;

$i = \frac{24}{N_n}$ – средний интервал между поступлением групп вагонов на путь накопления, час.;

$n = \frac{N_n}{N_{\phi}} = \frac{T_n}{i}$ – среднее число групп вагонов, участвующих в накоплении одного состава;

$$m'_{гр} = \frac{u_n}{N_n} = \frac{m}{n} \text{ – среднее число вагонов в}$$

поступающей группе без учета разделения их на промежуточные и замыкающие, назовем её среднепоточной;

$$m_{гр} = \frac{m - m_0}{n} \text{ – среднее число вагонов в}$$

промежуточной группе. Отсюда

$$m = nm_{гр} + m_0.$$

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 каждое 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 простой под накоплением. С учетом высказанных положений можно определить среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление всех составов отдельного поездного назначения. Из графика на рис. 2 видно, что вагоно-часы накопления одного состава образуются из двух источников: накопления промежуточных групп вагонов $m_{гр}$ и простоя среднего остатка вагонов m_0 . Вагоно-часы накопления промежуточных групп соответствуют площади ступенчатой фигуры, а накопление остатка – площади прямоугольника АВГД.

Площадь ступенчатой фигуры при условии равенства промежуточных групп и равенства интервалов их поступления точно равна площади треугольника АБВ, высота которого равна $(n - 1)m_{гр}$ ваг., а сумма оснований всех треугольников за сутки составляет 24 ч. Высота прямоугольника АВГД составляет m_0 , ваг., а суммарная длина всех оснований за сутки – 24 ч. Тогда среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление всех составов отдельного назначения составят

$$B = \frac{1}{2} \cdot 24(n-1)m_{\text{гр}} + 24m_0 = 12(m - m_{\text{гр}} + m_0).$$

Таким образом, функция среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление составов отдельного назначения зависит только от трех аргументов: средней величины состава m , ваг.; средней величины промежуточной группы вагонов, поступающих на путь накопления, $m_{\text{гр}}$, ваг.; средней величины переходящего остатка вагонов между накоплением отдельных составов m_0 , ваг. Параметр $m_{\text{гр}}$ характеризует входящий поток вагонов в систему составообразования, параметр m – выходящий поток, параметр m_0 – процесс накопления. Так, при $m_0 > m_{\text{гр}}$ $B > 12 m$; при $m_0 < m_{\text{гр}}$ $B < 12 m$; при $m_0 = m_{\text{гр}}$ $B = 12 m$.

2 Результаты обработки статистических данных

Поскольку до сих пор роль остатка вагонов m_0 во всех действующих методиках игнорируется, имеет смысл определить характер этой величины. Все три параметра нетрудно установить статистическим путем для каждого конкретного назначения любой сортировочной станции. В предыдущих статистических исследованиях [2] установлено, что средняя величина остатка m_0 приближается к значению среднепоточной группы $m'_{\text{гр}}$, а средняя величина замыкающей группы m_3 – к двойному значению $m'_{\text{гр}}$. Имеет смысл рассмотреть, как значения m_0 и m_3 соотносятся с величиной промежуточной группы $m_{\text{гр}}$.

С этой целью проведены массовые статистические исследования по данным 14 конкретных назначений разных сортировочных станций с величиной среднесуточного вагонотока в диапазоне от 93 до 305 вагонов за период 30 суток. По каждому назначению был составлен статистический ряд реальных значений групп вагонов, поступающих на путь накопления. Каждый такой ряд послужил основой для моделирования составообразо-

вания по шести вариантам разных значений твердой нормы формируемых составов.

По результатам моделирования составлены статистические ряды значений числа вагонов, накопленных за период накопления состава, замыкающих групп и переходящего остатка вагонов. Всего получено 70 статистических рядов, каждый из которых определяется парой значений среднесуточной величины вагонотока назначений (u) и нормы числа вагонов в формируемых составах (m). По каждому статистическому ряду определены среднестатистические значения $m_{\text{гр}}$ и m_0 . По этим данным

получены значения соотношений $\frac{m_0}{m'_{\text{гр}}}$ и $\frac{m_0}{m_{\text{гр}}}$.

Значение $m_{\text{гр}}$ определялось для каждого статистического ряда по его среднестатистическим данным по выражению $m_{\text{гр}} = \frac{m - m_0}{n}$.

Результаты расчетов приведены в таблице.

Итоговые данные таблицы показывают, что среднее значение остатка вагонов действительно приближается к среднему значению

$m'_{\text{гр}}$ ($\frac{m_0}{m'_{\text{гр}}} = 0,9$), что подтверждает результаты предыдущих исследований. В то же время значение остатка вагонов практически точно равно среднему значению $m_{\text{гр}}$ ($\frac{m_0}{m_{\text{гр}}} = 1,0$). Однако нельзя исключать и того, что параметры отдельных назначений могут не соответствовать этим соотношениям. Поэтому при использовании параметра накопления $c = \frac{B}{m}$ как

постоянной величины для всех назначений сортировочных станций (например, при расчете плана формирования поездов) целесообразно использовать значение $c = 12$ ($B = 12 m$). При рассмотрении процесса накопления по отдельному назначению необходимо статистическим путем определять значения параметров m , $m_{\text{гр}}$ и m_0 .

постоянной величины для всех назначений сортировочных станций (например, при расчете плана формирования поездов) целесообразно использовать значение $c = 12$ ($B = 12 m$). При рассмотрении процесса накопления по отдельному назначению необходимо статистическим путем определять значения параметров m , $m_{\text{гр}}$ и m_0 .

постоянной величины для всех назначений сортировочных станций (например, при расчете плана формирования поездов) целесообразно использовать значение $c = 12$ ($B = 12 m$). При рассмотрении процесса накопления по отдельному назначению необходимо статистическим путем определять значения параметров m , $m_{\text{гр}}$ и m_0 .

Результаты обработки статистических данных

u	m_c	$m_o = m_H - m$	m'_{TP}	$\frac{m_o^c}{m'_{TP}}$	$\frac{m_o}{m'_{TP}}$	u	m_c	$m_o = m_H - m$	m'_{TP}	$\frac{m_o^c}{m'_{TP}}$	$\frac{m_o}{m'_{TP}}$
93	50	4,29	6,39	0,68	0,67	165	50	7,83	6,83	1,14	1,15
	60	4,93	6,39	0,76	0,77		60	5,76	6,83	0,84	0,84
	70	5,66	6,39	0,89	0,89		70	6,03	6,83	0,87	0,88
	80	5,33	6,39	0,76	0,83		80	7,02	6,83	0,98	1,03
	90	5,50	6,39	1,00	0,86		90	6,20	6,83	0,98	0,91
	100	5,26	6,39	0,81	0,82		100	8,18	6,83	1,22	1,20
104	50	4,36	4,32	1,00	1,01	175	50	7,18	7,15	1,02	1,00
	60	5,84	4,32	1,31	1,35		60	7,24	7,15	0,98	1,01
	70	5,38	4,32	1,25	1,25		70	7,24	7,15	1,01	1,01
	80	6,03	4,32	1,35	1,40		80	8,43	7,15	1,14	1,18
	90	4,60	4,32	1,19	1,06		90	6,09	7,15	0,85	0,85
	100	5,48	4,32	1,21	1,27		100	6,60	7,15	0,96	0,92
114	50	6,69	6,89	1,00	1,00	185	50	7,01	7,64	0,91	0,92
	60	9,29	6,89	1,02	1,35		60	6,39	7,64	0,82	0,84
	70	7,66	6,89	1,13	1,11		70	6,71	7,64	0,90	0,88
	80	6,24	6,89	0,93	0,91		80	6,20	7,64	0,83	0,81
	90	6,42	6,89	1,05	0,93		90	5,30	7,64	0,66	0,69
	100	7,77	6,89	1,13	1,13		100	6,61	7,64	0,86	0,86
122	50	5,00	5,04	1,10	1,00	195	50	7,47	7,93	0,93	0,94
	60	4,55	5,04	0,89	0,90		60	6,08	7,93	0,75	0,77
	70	3,71	5,04	0,77	0,74		70	6,76	7,93	0,83	0,85
	80	4,54	5,04	0,88	0,90		80	6,38	7,93	0,81	0,80
	90	5,22	5,04	1,20	1,04		90	4,98	7,93	0,64	0,63
	100	4,34	5,04	1,02	0,86		100	7,39	7,93	0,92	0,93
134	50	4,96	6,80	0,74	0,73	205	50	9,45	11,65	0,83	0,81
	60	4,73	6,80	0,70	0,70		60	9,76	11,65	0,83	0,84
	70	5,81	6,80	0,92	0,85		70	9,54	11,65	0,80	0,82
	80	3,93	6,80	0,61	0,58		80	7,90	11,65	0,71	0,68
	90	5,68	6,80	0,82	0,84		90	8,61	11,65	0,74	0,74
	100	4,36	6,80	0,70	0,64		100	10,49	11,65	0,87	0,90

Окончание табл.

145	50	6,50	7,03	0,93	0,92	255	50	9,69	11,85	0,82	0,82
	60	6,19	7,03	0,84	0,88		60	9,82	11,85	0,82	0,83
	70	6,89	7,03	1,03	0,98		70	10,45	11,85	0,88	0,88
	80	5,74	7,03	0,80	0,82		80	9,67	11,85	0,82	0,82
	90	6,43	7,03	0,94	0,91		90	9,09	11,85	0,74	0,77
	100	6,54	7,03	0,90	0,93		100	9,55	11,85	0,83	0,81
155	50	6,18	7,19	0,86	0,86	305	50	8,17	11,33	0,72	0,72
	60	5,58	7,19	0,76	0,78		60	8,78	11,33	0,76	0,77
	70	6,39	7,19	0,86	0,89		70	9,94	11,33	0,86	0,88
	80	6,65	7,19	0,88	0,92		80	8,85	11,33	0,76	0,78
	90	6,26	7,19	0,85	0,87		90	9,10	11,33	0,80	0,80
	100	6,14	7,19	0,90	0,85		100	8,34	11,33	0,74	0,74
Итоговое среднее значение										1,00	0,90

Заключение

В официальных методиках рекомендуется принимать значение параметра накопления в диапазоне от 8,0 до 11,5 в зависимости от типа станции, числа формируемых назначений, категории формируемых поездов и состояния включаемых в них вагонов (груженных, порожних). В действительности снизить значение параметра накопления можно только оперативным воздействием на его параметры m , $m_{гр}$, $m_о$. К этим мерам можно отнести формирование поездов с величиной состава, превосходящей установленную норму с целью снижения среднего остатка вагонов, ускорение продвижения поездов, имеющих замыкающие группы вагонов; ускорение обработки этих групп на станции для сокращения простоя вагонов под накоплением; планирование величины замыкающих групп

(из местных вагонов) для снижения остатка; подвод крупных групп к концу периода накопления и др. Однако применение этих мер на крупных сортировочных станциях, которые работают по принципу конвейера переработки вагонов, существенно затруднено, поэтому нормирование параметра накопления должно быть основано на результатах обработки статистических данных.

Библиографический список

1. **Новый** подход к расчету затрат вагоно-часов на накопление / В. А. Кудрявцев, Я. В. Кукушкина, Ш. М. Суюмбаев // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2010. – Вып. 1 (22). – С. 5–10.
2. **Эксплуатационная** работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) / Е. А. Сотников. – Москва : Транспорт, 1986. – 256 с.