

УДК 656.2

**В. А. Кудрявцев, А. А. Светашев**

Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## **СНИЖЕНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ ЗАТРАТ ВАГОНО-ЧАСОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ВАГОНОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОЕЗДОВ ПО ГИБКОЙ НОРМЕ СОСТАВА**

На сортировочных станциях существенным элементом простоя вагонов является их простой в ожидании прибытия других вагонов данного назначения и накопление до установленной нормы состава. Предлагается допущение некоторого отклонения формируемого состава от установленной нормы в меньшую сторону, что ведет к снижению средней величины остатка вагонов и как следствие – к уменьшению затрат на накопление вагонов. Приведены результаты обработки большого массива статистических данных, обоснованы зависимости, позволяющие определить среднюю величину остатка вагонов и затраты вагоно-часов на накопление при разных значениях возможного отклонения величины состава от нормы.

средняя величина формируемого состава, средняя величина остатка, максимальная величина состава, параметр накопления, затраты вагоно-часов.

### **Введение**

На сортировочных станциях практически неуправляемым элементом простоя вагонов является их простой в сортировочном парке в ожидании прибытия других вагонов данного назначения до момента их накопления на норму состава, после чего формируется поезд. Обычно норма состава устанавливается по вместимости приемо-отправочных путей и строго контролируется, так как при уменьшении величины состава снижается производительность локомотивов и увеличивается потребность в них вследствие роста размеров поездов. Сейчас стандартная норма состава составляет 71 условный вагон, но на отдельных направлениях могут быть отклонения от нее в зависимости от конкретных условий.

Работники сортировочных станций ведут постоянную борьбу за снижение простоя вагонов, в том числе простоя под накоплением, однако на этот элемент повлиять трудно вследствие случайного подхода групп вагонов

и их случайной величины. При этом при накоплении составов одного назначения строго до нормы между ними, как правило, образуется остаток вагонов, который увеличивает суточные затраты вагоно-часов на накопление. Влияние остатка на эти затраты рассмотрено в предыдущих исследованиях, установлено, что допущение некоторого отклонения от максимальной нормы в меньшую сторону, т. е. задание некоторого диапазона в пределах минимальной и максимальной допустимой величины состава, ведет к существенному снижению остатка, а значит, к уменьшению затрат на накопление вагонов [1]. Это может оказаться экономически целесообразным даже с учетом упомянутых нежелательных последствий, поэтому представляет интерес получение зависимостей, позволяющих определить затраты вагоно-часов на накопление составов для разных значений отклонения состава формируемых поездов от максимально допустимой величины состава.

## 1 Анализ среднесуточных затрат на накопление состава

В предыдущих исследованиях обосновано выражение для определения затрат вагоно-часов на накопление составов отдельного назначения [2]:

$$B = 12(m - m_{гр} + m_o), \text{ ваг-ч,} \quad (1)$$

где  $m$  – средняя величина состава формируемых поездов, ваг.;  $m_{гр}$  – среднее число вагонов в промежуточной группе (имеющей простой под накоплением), ваг.;  $m_o$  – средняя величина остатка, ваг.

При формировании поездов по гибкой норме составов образуется диапазон возможных значений величины составов, который зависит от допустимого отклонения  $\Delta m$  от максимально допустимой величины состава  $m_{max}$  в меньшую сторону. Это приводит к снижению средней величины состава до значения

$$m = m_{max} - \Delta m, \text{ ваг.,} \quad (2)$$

что определяет диапазон значений формируемых составов в границах  $m \pm \Delta m$ , в котором верхней границей является максимально допустимая величина состава  $m_{max}$ , а минимально допустимой  $m_{min} = m_{max} - 2\Delta m$ .

Формировать поезда разрешается в тех случаях, когда число накопленных вагонов находится в пределах данного диапазона. Понятно, что чем больше  $\Delta m$ , тем меньше величина среднего остатка вагонов  $m_o$ , но поскольку при этом средняя величина состава  $m$  снижается, возрастает влияние отмеченных отрицательных факторов, поэтому назначение величины  $\Delta m$  требует технико-экономического обоснования.

Установлено также, что по характеру влияния на процесс составления поступающие на путь накопления группы вагонов  $m'_{гр}$  можно разделить на два вида: накопительные  $m_{гр}$ , которые имеют простой под накоплением (или промежуточные, поскольку поступают в промежуток времени между моментами посту-

пления остатка от накопления предыдущего состава), и замыкающей группы  $m_3$ , которая не имеет простоя под накоплением данного состава. В данных учета эти группы не подразделяются. Их среднюю величину как величину среднепоточной группы обозначим  $m'_{гр}$ .

Поскольку замыкающие группы в общем случае содержат вагоны, дополняющие накапливаемый состав до нормы, и вагоны остатка, то их средняя величина больше, чем величина накопительных групп ( $m_3 = m_{гр} + m_o$ ), поэтому средняя величина накопительной (промежуточной) группы будет

$$m_{гр} = (1 - \frac{m_o}{m})m'_{гр}. \quad (3)$$

Таким образом, величина  $m_{гр}$  зависит от значений  $m'_{гр}$ ,  $m$  и  $m_o$ .

## 2 Результаты обработки статистических данных

Обработка большого массива статистических данных и моделирование составообразования с целью определения остатка вагонов при разных значениях  $\Delta m$  позволили устано-

вить зависимость соотношения  $\frac{m_o}{m_{гр}}$  от соотношения  $\frac{\Delta m}{m_{гр}}$ . Обозначим  $\frac{\Delta m}{m_{гр}} = x$  и  $\frac{m_o}{m_{гр}} = y$ ,

получим зависимость  $y = f(x)$ . Ее статистически определенные значения приведены в табл. 1.

По этим данным подобрана эмпирическая формула, отражающая плавную кривую, аппроксимирующую статистические значения функции  $y = f(x)$ , – математическое выражение установленной зависимости:

$$y = \frac{1}{(0,75 + 0,5x)^{3x}}. \quad (4)$$

Данные, рассчитанные по формуле (4) и полученные статистическим путем, практи-

ТАБЛИЦА 1. Значение функции  $y = f(x)$ 

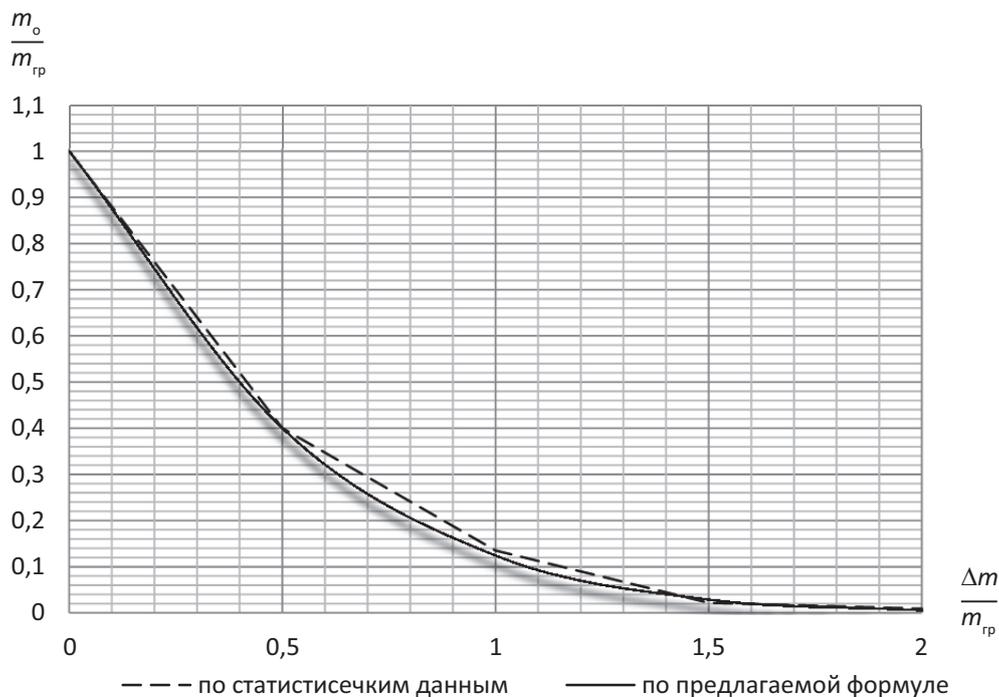
$x = \frac{\Delta m}{m_{гр}}$	0,00	0,50	1,000	1,500	2,000
$y = \frac{m_o}{m_{гр}}$	1,00	0,40	0,135	0,022	0,009
По формуле (4)	1,00	0,40	0,125	0,030	0,007

чески совпадают (табл. 1, рис. 1). Полученная зависимость позволяет построить график (номограмму), по которой легко определить среднюю величину остатка вагонов  $m_o$  в зависимости от значений  $\Delta m$  и  $m_{гр}$ , в необходимых случаях используя интерполяцию значений  $m_{гр}$  (рис. 2).

Графическое определение и интерполяция позволяют быстро получить результат с приближением, вполне пригодным для практических расчетов. Зная значения  $m$ ,  $m_{гр}$  и  $m_o$  для конкретного поездного назначения, можно определить суточные затраты вагоно-часов на накопление составов данного назначения (1)

и параметр накопления  $c = \frac{B}{m}$ .

Массовые расчеты позволили установить средние значения суточных затрат вагоно-часов на накопление ( $B$ ) и параметра накопления вагонов ( $c$ ) при формировании поездов с максимальной величиной состава ( $m_{max}$ ), равной 57, 71 и 100 вагонам (табл. 2). В элементах таблицы с нереальным результатом поставлены прочерки. Нереальный результат возникает, когда минимальная граница величины составов  $m_{min} = m_{max} - 2\Delta m$  выходит за пределы положительных значений, т. е. при условии  $m_{max} \leq 2\Delta m$ . С точностью, приемлемой для практических расчетов, можно принять, что при условии  $\frac{\Delta m}{m_{гр}} \geq 1$  происходит

Рис. 1. График функции  $y = f(x)$

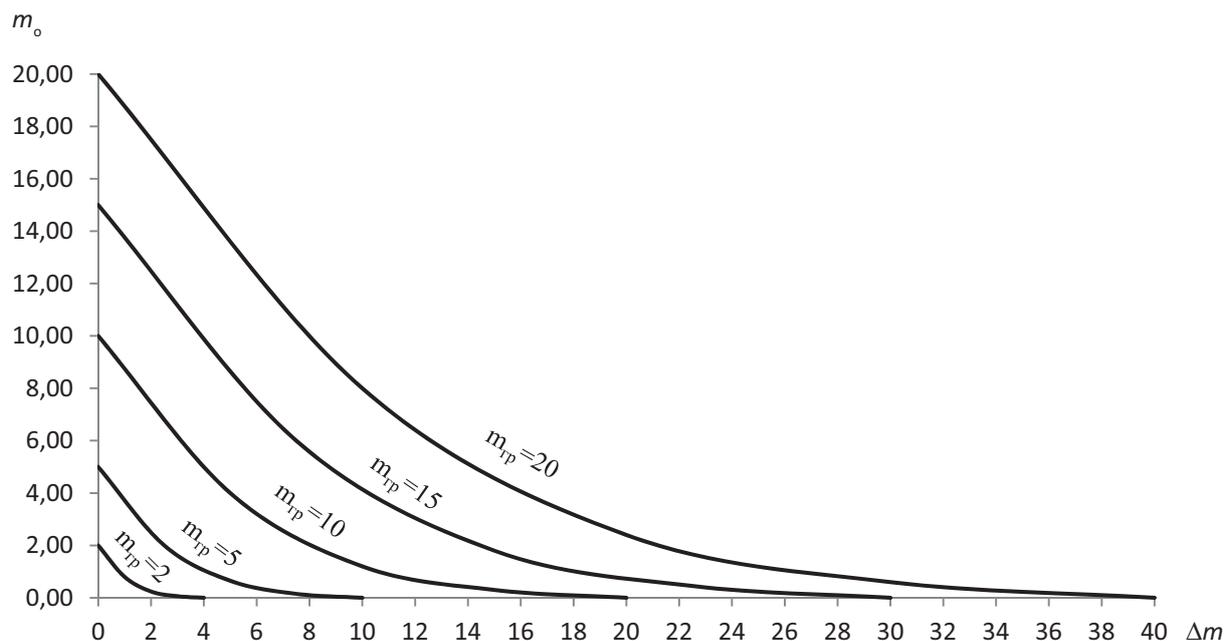


Рис. 2. Номограмма определения среднего остатка вагонов

ТАБЛИЦА 2. Затраты вагоно-часов на накопление состава для принятых норм

$\frac{\Delta m}{m_{гр}}$	$m_{гр}$ , ваг.	$\Delta m$	$m_0$ , ваг.	$m$ , ваг.	$B$ , ваг-ч.	% снижения затрат	$C$	% снижения параметра накопления
$m_{\max} = 57$ ваг.								
0	2	0	2,00	57,00	684,00	0	12,0	0
	5	0	5,00	57,00	684,00	0	12,0	0
	10	0	10,0	57,00	684,00	0	12,0	0
	15	0	15,0	57,00	684,00	0	12,0	0
	20	0	20,0	57,00	684,00	0	12,0	0
0,5	2	1,0	0,80	56,00	655,20	4	11,70	2
	5	2,5	2,00	54,50	611,49	10	11,22	6
	10	5,0	4,00	52,00	540,80	20	10,40	13
	15	7,5	6,00	49,50	466,78	31	9,43	17
	20	10,0	8,00	47,00	420,00	39	8,94	22
1,0	2	2,0	0,24	55,00	638,88	7	11,62	3
	5	5,0	0,60	52,00	571,20	16	10,98	8
	10	10,0	1,20	47,00	458,40	33	9,75	19
	15	15,0	1,80	42,00	341,46	50	8,13	30
	20	20,0	2,40	37,00	222,00	67	6,00	41
1,5	2	3,0	0,07	54,00	624,84	9	11,57	4
	5	7,5	0,18	49,50	534,11	22	10,79	10

Продолжение табл. 2

$\frac{\Delta m}{m_{гр}}$	$m_{гр}$ , ваг.	$\Delta m$	$m_o$ , ваг.	$m$ , ваг.	$B$ , ваг-ч.	% снижения затрат	$C$	% снижения параметра накопления
1,5	10	15,0	0,36	42,00	384,30	44	9,15	24
	15	22,5	0,54	34,50	–	–	–	–
	20	30,0	0,72	27,00	–	–	–	–
2,0	2	4,0	0	53,00	612,00	11	11,55	4
	5	10,0	0	47,00	502,90	26	10,70	8
	10	20,0	0	–	–	–	–	–
	15	30,0	0	–	–	–	–	–
	20	40,0	0	–	–	–	–	–
$m_{max} = 71$ ваг.								
0	2	0	2,00	71,00	852,00	0	12,0	0
	5	0	5,00	71,00	852,00	0	12,0	0
	10	0	10,0	71,00	852,00	0	12,0	0
	15	0	15,0	71,00	852,00	0	12,0	0
	20	0	20,0	71,00	852,00	0	12,0	0
0,5	2	1,0	0,80	70,00	820,40	3	11,72	2
	5	2,5	2,00	68,50	780,90	8	11,40	5
	10	5,0	4,00	66,00	709,50	17	10,75	10
	15	7,5	6,00	63,50	638,18	25	10,05	16
	20	10,0	8,00	61,00	588,00	31	9,64	19
1,0	2	2,0	0,24	69,00	806,88	6	11,69	3
	5	5,0	0,60	66,00	739,20	13	11,20	7
	10	10,0	1,20	61,00	626,40	26	10,27	14
	15	15,0	1,80	56,00	513,60	40	9,17	24
	20	20,0	2,40	51,00	393,21	54	7,71	31
1,5	2	3,0	0,07	68,00	792,84	7	11,66	3
	5	7,5	0,18	63,50	704,16	17	11,09	8
	10	15,0	0,36	56,00	553,84	35	9,89	18
	15	22,5	0,54	48,50	403,52	53	8,32	28
	20	30,0	0,72	41,00	–	–	–	–
2,0	2	4,0	0	67,00	780,00	8	11,64	3
	5	10,0	0	61,00	672,00	21	11,02	8
	10	20,0	0	51,00	492,00	42	9,65	20
	15	30,0	0	41,00	–	–	–	–
	20	40,0	0	31,00	–	–	–	–

Окончание табл. 2

$\frac{\Delta m}{m_{гр}}$	$m_{гр}$ , ваг.	$\Delta m$	$m_o$ , ваг.	$m$ , ваг.	$B$ , ваг-ч.	% снижения затрат	$C$	% снижения параметра накопления
$m_{max} = 100$ ваг.								
0	2	0	2,00	100,00	1200,00	0	12,0	0
	5	0	5,00	100,00	1200,00	0	12,0	0
	10	0	10,0	100,00	1200,00	0	12,0	0
	15	0	15,0	100,00	1200,00	0	12,0	0
	20	0	20,0	100,00	1200,00	0	12,0	0
0,5	2	1,0	0,80	99,00	1168,20	3	11,80	2
	5	2,5	2,00	97,50	1126,13	6	11,55	4
	10	5,0	4,00	95,00	1057,35	12	11,13	7
	15	7,5	6,00	92,50	986,97	18	10,67	11
	20	10,0	8,00	90,00	936,00	22	10,40	13
1,0	2	2,0	0,24	98,00	1154,88	4	11,78	2
	5	5,0	0,60	95,00	1087,20	9	11,44	5
	10	10,0	1,20	90,00	974,40	19	10,83	10
	15	15,0	1,80	85,00	861,60	29	10,14	15
	20	20,0	2,40	80,00	748,80	39	9,36	20
1,5	2	3,0	0,07	97,00	1140,08	5	11,76	2
	5	7,5	0,18	92,50	1048,02	13	11,33	6
	10	15,0	0,36	85,00	904,32	25	10,64	11
	15	22,5	0,54	77,50	756,48	37	9,76	19
	20	30,0	0,72	70,00	600,60	50	8,58	72
2,0	2	4,0	0	96,00	1128,00	6	11,75	28
	5	10,0	0	90,00	1020,00	15	11,23	6
	10	20,0	0	80,00	840,00	30	10,50	12
	15	30,0	0	70,00	660,00	45	9,43	21
	20	40,0	0	60,00	–	–	–	–

безостаточное накопление составов (в таблице – разделы для  $\frac{\Delta m}{m_{гр}} = 1,5$  и  $\frac{\Delta m}{m_{гр}} = 2,0$ ).

С увеличением значений  $m_{гр}$  и  $\Delta m$  увеличивается и процент снижения суточных затрат вагоно-часов накопления  $B$ , а значит, и простоя вагонов под накоплением. Так, при максимальной величине состава  $m_{max} = 57$  ваг.;

$\frac{\Delta m}{m_{гр}} = 0,5$ ;  $m_{гр} = 2$  ваг.;  $\Delta m = 1$  ваг. снижение затрат вагоно-часов составляет всего 4%, а при  $m_{гр} = 5$  ваг. и  $\Delta m = 2$  ваг. – уже 10%. При  $\frac{\Delta m}{m_{гр}} = 1$ ;  $m_{гр} = 15$  ваг. снижение затрат вагоно-часов достигает 50%, но при этом минимальная граница величины состава формируемых

поездов при средней величине состава  $m = 42$  снижается до величины  $m_{\min} = m - \Delta m = 42 - 15 = 27$  ваг. Такой режим формирования поездов возможен лишь при больших резервах пропускной способности и локомотивного парка и только если это будет экономически оправдано.

С другой стороны, с увеличением максимальной границы величины состава  $m_{\max}$  процент снижения затрат вагоно-часов накопления уменьшается. Так, для условий последнего примера, но при  $m_{\max} = 71$  ваг., процент снижения затрат вагоно-часов уменьшается с 50 до 40%, а при  $m_{\max} = 100$  ваг. – до 29%.

На основе этих данных можно построить графические зависимости для любого значения  $m_{\max}$ , которые позволяют получить значения параметра накопления по соотношению величин  $\Delta m$  и  $m_{\text{гр}}$ . На рис. 3–5 приведены при-

меры таких зависимостей для значений  $m_{\max}$  равных 57, 71 и 100 вагонам, соответственно. Они позволяют быстро определить значения параметра накопления при формировании поездов по гибкой норме состава и выбрать значение  $\Delta m$  с учетом факторов пропускной способности, локомотивного парка и конкретных условий работы станций.

### Заключение

Формирование поездов по гибкой норме состава позволяет существенно сократить затраты вагоно-часов на накопление, что обеспечивает сокращение простоя вагонов на станции.

Величина снижения затрат вагоно-часов на накопление тем больше, чем больше величина

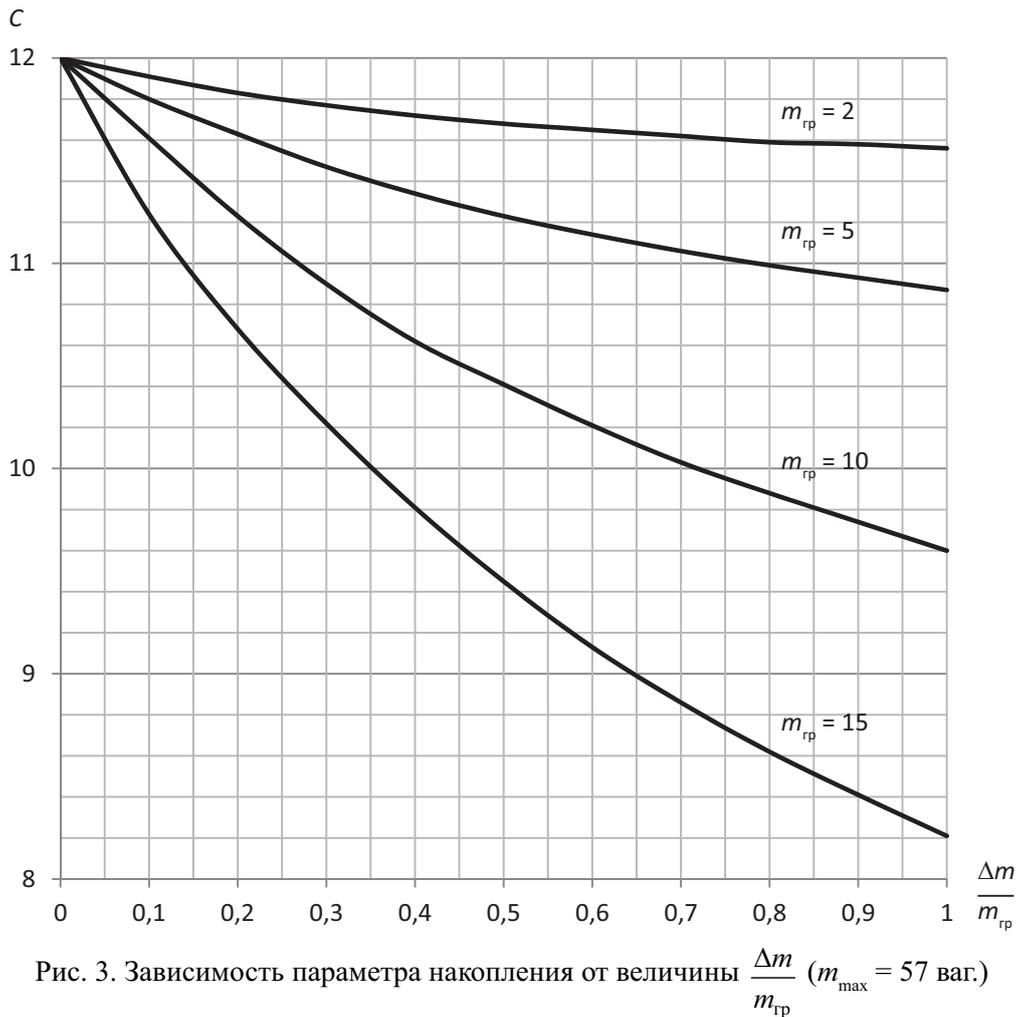


Рис. 3. Зависимость параметра накопления от величины  $\frac{\Delta m}{m_{\text{гр}}}$  ( $m_{\max} = 57$  ваг.)

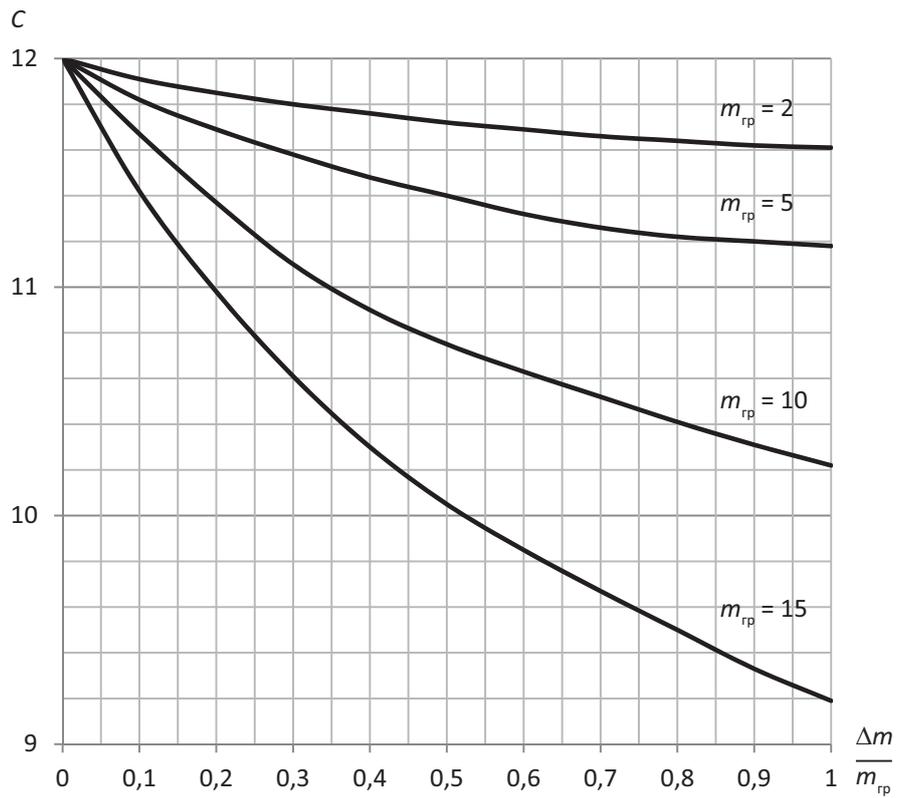


Рис. 4. Зависимость параметра накопления от величины  $\frac{\Delta m}{m_{gp}}$  ( $m_{max} = 71$  ваг.)

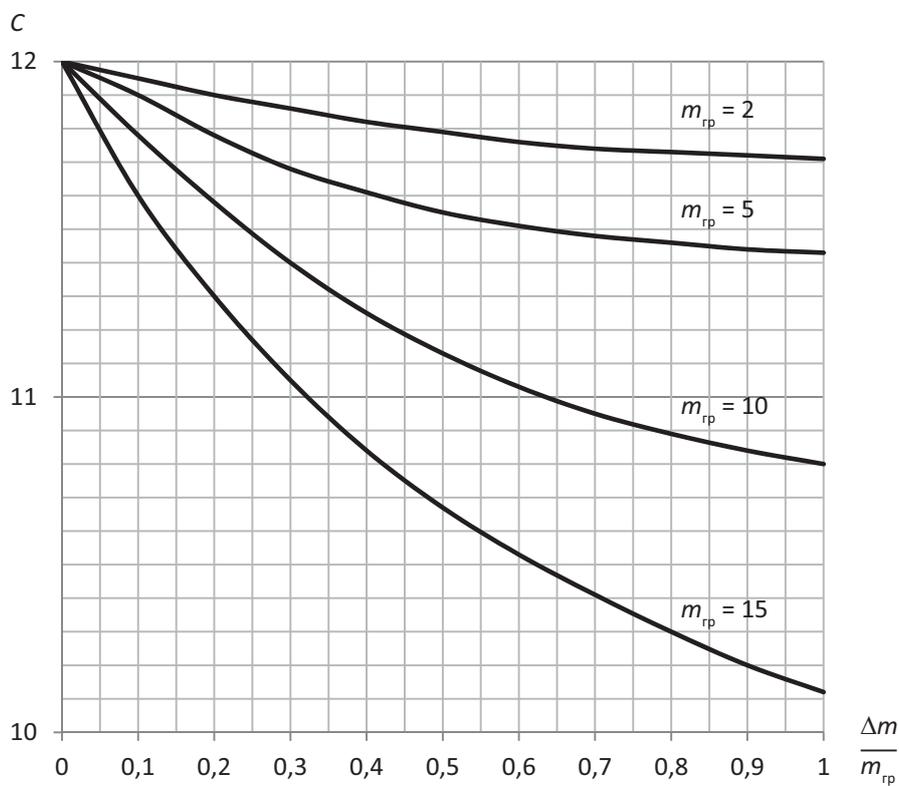


Рис. 5. Зависимость параметра накопления от величины  $\frac{\Delta m}{m_{gp}}$  ( $m_{max} = 100$  ваг.)

допустимого отклонения от максимальной нормы состава  $\Delta m$ . При значении  $\Delta m \geq m_{гр}$  ( $\frac{\Delta m}{m_{гр}} \geq 1$ ) имеет место безостаточное накопление вагонов, что обеспечивает минимальный простой вагонов под накоплением.

Поскольку с увеличением  $\Delta m$  снижается величина среднего состава формируемых поездов ( $m$ ), решение о введении гибкой нормы состава для отдельного поездного назначения и выбор значения  $\Delta m$  должны учитывать возможность пропуска поездов на участках по условиям пропускной способности, доста-

точность локомотивного парка и конкретные условия работы станции.

### Библиографический список

1. **Новый** подход к расчету затрат вагоно-часов на накопление / В. А. Кудрявцев, Я. В. Кукушкина, Ш. М. Суюнбаев // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2010. – Вып. 1 (22). – С. 5–10.
2. **Процесс** накопления вагонов на составы поездов / В. А. Кудрявцев, А. А. Светашев // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2014. – Вып. 3 (40). – С. 98–104.

УДК 613.644

### Д. Е. Курепин

Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## АНАЛИЗ УРОВНЕЙ СВЕРХНОРМАТИВНОГО ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Проанализировано сверхнормативное воздействие шума от железнодорожного транспорта на селитебную территорию, намечены перспективы его снижения. Изучены основные источники образования шума железнодорожного транспорта и нормативные стандарты, регулирующие его воздействие на окружающую среду. Установлены основные причины жалоб граждан на акустический дискомфорт, возникающий от действия железнодорожного транспорта и его инфраструктуры. Проведены натурные замеры и программное моделирование источников шума. Дана оценка эффективности шумозащитных мероприятий, направленных на снижение негативного акустического воздействия, исходящего от железнодорожного транспорта.

шум, железнодорожный транспорт, селитебная зона, акустический экран, АРМ «Акустика», эффективность.

### Введение

Проблема шума в крупных городах с каждым годом только растет. Доля населения, проживающего в зоне акустического дискомфорта, составляет в среднем от 20 до 60%. Неудовлетворительное состояние автомобильных

дорог при продолжающемся росте интенсивности транспортных потоков, нерациональное строительство жилых зданий, увеличение плотности строительства без сооружения дополнительных развязок и разъездов – все это приводит к постоянному увеличению акустического загрязнения в мегаполисах. Наиболь-