

УДК 656.22

**Н. В. Климова, Г. М. Groшев, А. Г. Котенко, И. Р. Романова****СТАБИЛИЗАЦИЯ ОТПРАВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ БЛОК-ПОЕЗДОВ  
ПО РАСПИСАНИЮ НА СТАНЦИЯХ ПРИМЫКАНИЯ ТЫЛОВЫХ  
ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕРМИНАЛОВ В ТРАНСПОРТНОМ УЗЛЕ**

Дата поступления: 09.08.2016

Решение о публикации: 27.09.2016

**Цель:** Стабилизировать отправление поездов по расписанию в морские торговые порты, для этого обосновать размер учитываемого фактора неравномерности при нормировании продолжительности основных технологических операций с составами контейнерных блок-поездов на тыловых логистических терминалах и станциях их примыкания в транспортных узлах. **Методы:** Из действующих автоматизированных систем собраны и обработаны с использованием программного обеспечения MS Excel 2010 статистические данные за четыре месяца (123 дня), определены математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение и дисперсия продолжительности операций с составом блок-поезда на железнодорожных путях тылового контейнерного терминала и станции его примыкания. Гипотеза о нормальном законе распределения случайной величины продолжительности каждой из основных операций на терминале и станции проверена по критерию согласия «хи-квадрат». **Результаты:** Описано распределение случайной величины продолжительности операций на терминале и станции с использованием нормального закона распределения; определены показатели неравномерности для каждой операции; построены технологические графики обработки состава контейнерного блок-поезда на путях тылового контейнерного терминала и железнодорожной станции его примыкания. **Практическая значимость:** Практические рекомендации позволят увеличить технологические нормы времени обработки блок-поездов на путях тылового контейнерного терминала и железнодорожной станции его примыкания на 1,5 величины среднеквадратичных отклонений для учета неравномерности и межоперационных перерывов. В результате суммарное время обработки блок-поездов по отправлению на путях терминала и станции не превысит увеличенную технологическую норму в 95 % случаев. Такая надежность уровня выполнения технологических операций приемлема для стабилизации отправления поездов по расписанию. Повысятся конкурентоспособность и доходность железнодорожных контейнерных перевозок в транспортных узлах.

Состав, контейнерный блок-поезд, тыловой логистический терминал, железнодорожная станция примыкания, отправление по расписанию, продолжительность технологических операций, статистические данные, нормальный закон распределения, технологический график.

\***Nadezhda V. Klimova**, postgraduate student, [nadya.climowa2012@yandex.ru](mailto:nadya.climowa2012@yandex.ru); **Gennadiy M. Groshev**, D. Sci. (Eng.), professor, [spb groshev@gmail.com](mailto:spb groshev@gmail.com); **Aleksey G. Kotenko**, D. Sci. (Eng.), associate professor; **Irina Yu. Romanova**, Cand. Sci. (Eng.), associate professor (Petersburg State Transport University) STABILISATION OF DISPATCHING OF CONTAINER BLOC-TRAINS ACCORDING TO SCHEDULE AT CONNECTING STATIONS OF REAR LOGISTICAL TERMINAL IN TRANSPORTATION HUB

**Objective:** To stabilise dispatching of trains according to schedule to maritime trading ports. In order to do that, justify the value of irregularity factor counted into rate setting for the duration of main processing operations of container bloc-train formation at rear logistical terminals and their connecting stations at transportation hubs. **Methods:** Statistical data covering four months (123 days) were collected from

control systems being operated and processed on MS Excel 2010 software. Mathematical expectation, mean-square deviation and variability of duration of operations with bloc-train formation on railway tracks of a rear container terminal and its connecting station were determined. A hypothesis on normal distribution law of random values of duration of each of the main operations at the terminal and the station was checked by chi-square test for goodness of fit. **Results:** Distribution of random value of duration of operations at a terminal and at a station was described with the use of normal distribution law. Irregularity values for each operation were determined. Operation schedules for processing container bloc-train formation on the tracks of a container terminal and its connecting station were built. **Practical importance:** Practical recommendations would permit to increase technology-based standards of processing duration of bloc-trains at rear container terminal tracks and its connecting station by 1.5 values of mean-square deviation to account for irregularities and inter-operation pauses. As a result, the combined duration of processing bloc-trains for departure at terminal and station tracks would not exceed the increased technology-based standard in 95 per cent of the cases. Such reliability of the level of conducting processing operations is acceptable for stabilisation of dispatching trains on schedule. Competitiveness and profitability of container transportation by rail at transportation hubs would increase.

Formation, container bloc-train, rear logistical terminal, connecting railway station, dispatching on schedule, duration of processing operations, statistical data, normal distribution law, operation schedule.

Технологическая схема использования контейнерных блок-поездов в транспортных узлах регулирует транспортировку контейнеров в морские торговые порты по железной дороге с припортовых тыловых логистических терминалов (ТЛТ). Такие ТЛТ обеспечивают формирование поездов, время отправления которых со станции примыкания ТЛТ и прибытия на припортовую станцию жестко фиксируется и увязывается с подходом судов в морском торговом порту (МТП) [1, 14, 15].

Сбои в пропуске поездов по расписанию на железнодорожных станциях, в том числе на станциях примыкания ТЛТ, приводят к значительным экономическим потерям [3, 8].

Установление теоретических законов распределения, адекватно отражающих характер статистических распределений продолжительности основных технологических операций с составами поездов, позволяет совершенствовать нормирование эксплуатационной работы станций и участков.

Нормирование продолжительности основных технологических операций с составами контейнерных блок-поездов на ТЛТ и станциях их примыкания на основе многофакторного анализа дает возможность стабилизировать

отправление этих поездов в узлах по расписанию [4, 11].

В статье изложен метод статистических исследований и математической обработки данных [5], позволяющий стандартизировать определение реальной продолжительности основных операций – элементов технологической модели обработки составов контейнерных блок-поездов на ТЛТ и станции его примыкания; сформулированы и обоснованы предложения по их нормированию с учетом обеспечения высокой надежности отправления поездов по графиковым расписаниям.

### **Постановка задачи нормирования продолжительности операций с контейнерными блок-поездами**

Будем считать, что продолжительность выполнения той или иной операции с поездом  $X$  является случайной величиной, тогда для ее нормирования необходимо [9]:

- оценить ее среднее значение, среднеквадратическое отклонение и дисперсию;
- проверить гипотезу о нормальном законе распределения случайной величины  $X$ ;

- дать обоснованные рекомендации по нормированию продолжительности элемента с учетом неравномерности и оценить возможные отклонения от установленной нормы.

Выборка определенного объема из генеральной совокупности  $X$  должна быть задана в формате таблицы. Оценим математическое ожидание  $MX = a$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ , дисперсию  $DX = \sigma^2$  генеральной совокупности  $X$ ; проверим гипотезу о нормальном законе распределения генеральной совокупности  $X$  по критерию Пирсона («хи-квадрат») с уровнем значимости  $\alpha = 0,05$ .

### Решение задачи нормирования продолжительности технологических операций с контейнерными блок-поездами

Данные о продолжительности элементов технологических операций на путях ТЛТ и станции его примыкания получены из информационно-справочной системы автоматизированной системы управления грузовой станцией (ИСС АСУГС) и автоматизированной системы оперативного управления перевозками второго поколения (АСОУП-2) [2,7]. Статистические данные собирали за четыре месяца (июнь, июль, декабрь, январь) – 123 дня – по каждому элементу технологических операций на путях ТЛТ ОАО «Модуль» и станции примыкания Предпортовая. Данные о продолжительности операций по завершению таможенного оформления взяты по МТП «Большой порт Санкт-Петербург», поскольку на ТЛТ на данном этапе нет таможенного до-

смотра контейнеров при отправлении на экспорт. Использовано программное обеспечение MS Excel 2010 [6, 13].

Пусть даны выборки  $x_1, x_2, \dots, x_n$  из генеральной совокупности  $X$ , в которой предоставлена продолжительность основных технологических операций с составом блок-поезда на путях ТЛТ.

Для графического представления выборки ее элементы группируются. Обозначим через  $A$  и  $B$ , соответственно, наименьший и наибольший элементы выборки, объем которой составляет  $n$  элементов. Разобьем отрезок  $[A, B]$  на  $k$  равных частей точками  $t_0 = A, t_1, \dots, t_k = B$ . Шаг разбиения  $h = (B - A) / k$ . Обозначим через  $x_i = (t_{i-1} + t_i) / 2$  середину  $i$ -го отрезка, а через  $n_i$  – эмпирическую частоту, т.е. число точек выборки, попавших в промежуток  $[t_{i-1}, t_i]$ .

В программе MS Excel 2010 данные действия выполняются автоматически. В результате получаем гистограмму распределения случайной величины (рис. 1).

Состоятельной и практически несмещенной оценкой математического ожидания  $MX = a$  генеральной совокупности  $X$  будет выборочное среднее

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_i \cdot x_i,$$

т.е. верны следующие равенства:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x} = a;$$

$$M\bar{x} \approx a.$$

Состоятельной и практически несмещенной оценкой дисперсии  $DX = \sigma^2$  генеральной

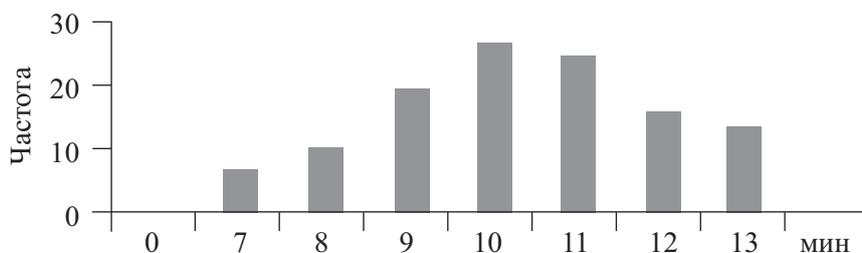


Рис. 1. Пример гистограммы распределения случайной величины для операции «Следование состава блок-поезда на пути ТЛТ» (продолжительность в минутах)

совокупности  $X$  будет выборочная дисперсия

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k n_i \cdot (\bar{x}_i - \bar{x})^2,$$

т. е. верны следующие равенства:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} s^2 = \sigma^2;$$

$$Ms^2 \approx \sigma^2.$$

Квадратный корень из выборочной дисперсии, т. е.  $s$ , называют выборочным среднеквадратичным отклонением.

Для каждой технологической операции с составом блок-поезда эти основные числовые характеристики также определены автоматически с помощью статистических функций в программе MS Excel 2010 (см. рис. 2).

С учетом полученных значений продолжительности операций – элементов технологической модели – строят технологические графики (диаграммы Ганта) обработки состава (рис. 3).

Гипотезу о нормальном законе распределения случайной величины проверим по критерию согласия «хи-квадрат».

Вычисляем вероятность попадания случайной величины  $X$  в промежуток  $[z_{r-1}, z_j]$ :

$$p_j = P(z_{j-1} \leq X < z_j) = \Phi_0\left(\frac{z_j - \bar{x}}{s}\right) - \Phi_0\left(\frac{z_{j-1} - \bar{x}}{s}\right).$$

Сравним вычисленную вероятность  $p_j$  с относительной выборочной частотой  $n_j/n$ , где  $n_j$  – число точек выборки, попавших в про-

межутки  $[z_{j-1}, z_j]$ . Если наша гипотеза верна, то величина  $(n_j/n - p_j)^2$  должна быть небольшой. Следовательно, небольшой должна быть и сумма  $r$  таких величин, взятых с коэффициентами  $n/p_j$ :

$$Z = \sum_{j=1}^r \frac{n}{p_j} (p_j - \frac{n_j}{n})^2 = \sum_{j=1}^r \frac{(n_j - n \cdot p_j)^2}{n \cdot p_j}.$$

Если гипотеза верна, то вероятность, с которой статистика  $Z$  будет меньше  $z$ , можно найти по формуле

$$P(Z < z) = P(\chi^2(l) < z) = \frac{1}{\Gamma(l/2)2^{l/2}} \cdot \int_0^z x^{l/2-1} \cdot e^{-x/2} dx = \gamma.$$

Если последнее уравнение решить относительно  $z$ , то его решение  $z(\gamma) = \chi^2_{\text{крит}}$  будут называть квантилью распределения  $\chi^2(l)$  с  $l$  степенями свободы и считать критическим значением выборочной статистики  $Z$ , соответствующим уровню значимости  $\alpha = 1 - \gamma$ . Если значение выборочной статистики  $Z$  будет не больше  $\chi^2_{\text{крит}}$ , то у нас нет основания отвергнуть гипотезу о нормальном законе распределения колебаний исследуемой величины, и она, как правило, будет принята.

В табл. 1 в качестве примера представлены результаты проверки гипотезы о нормальном законе распределения случайной величины по критерию «хи-квадрат» для операции «Следование состава блок-поезда на пути ТЛТ», выполненной в MS Excel 2010.

В табл. 2 представлены результаты проверки гипотезы о нормальном законе распределения случайной величины по критерию

Следование на пути ТЛТ	Объем	124
	Максимум	13
	Минимум	7
	Среднее $\bar{x} =$	10,33871
	СКО $\sigma =$	1,666929
	Дисперсия $\sigma^2 =$	2,778652

Рис. 2. Значение средней величины, среднеквадратического отклонения и дисперсии выборки для операции «Следование состава блок-поезда на пути ТЛТ» (продолжительность в минутах)

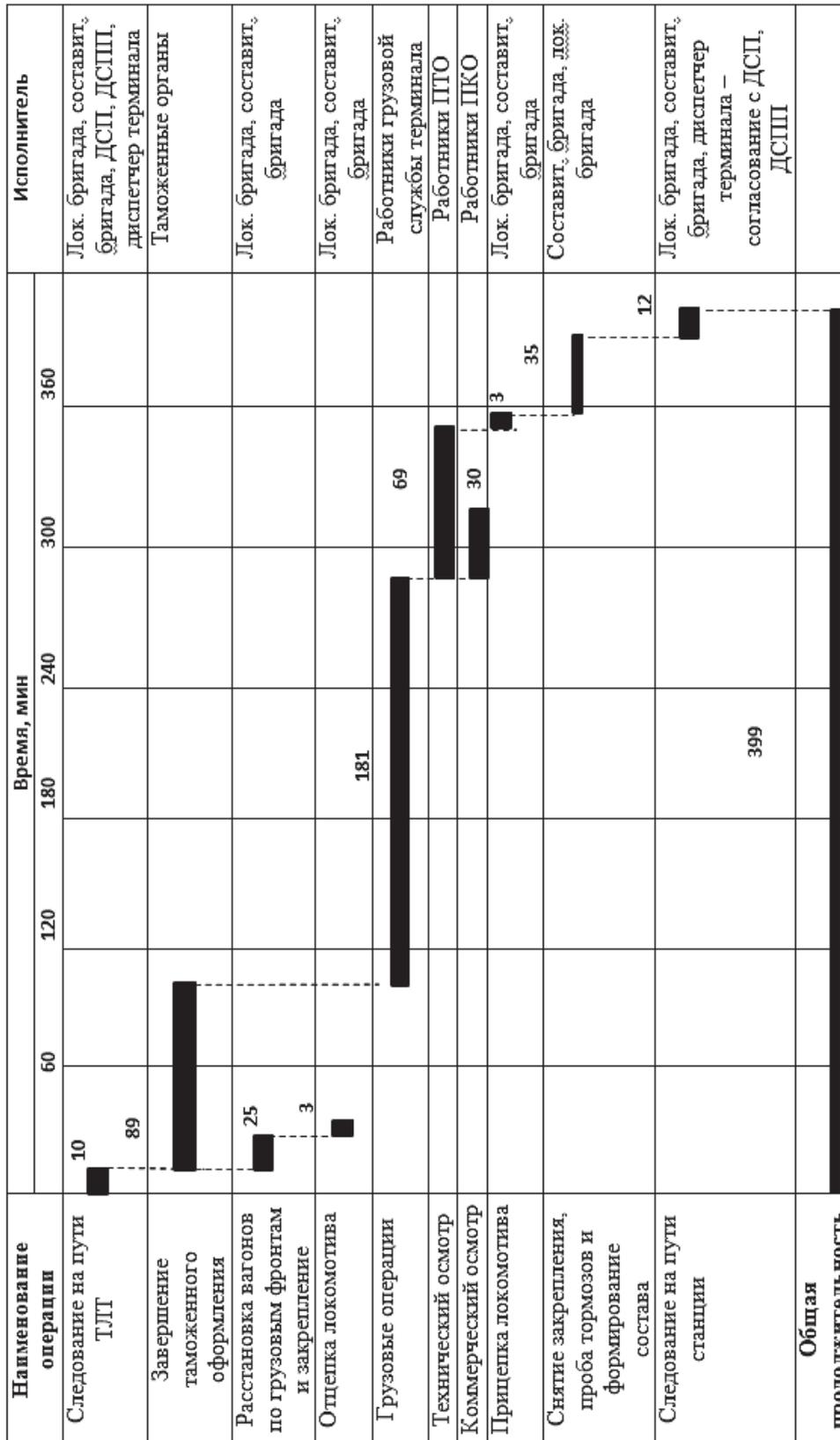


Рис. 3. Технологический график обработки состава блок-поезда на путях ТЛТ

ТАБЛИЦА 1. Пример результатов проверки гипотезы о нормальном законе распределения случайной величины по критерию «хи-квадрат»

Карман	Частота ( $n_j$ )	Теоретическая вероятность	Теоретическая частота	Проверка
0	0	$P_j = F(B_j) - F(A_j)$	$N \cdot p_j$	$(n_j - n \cdot p_j)^2 / n \cdot p_j$
7	7	0,022 593 439	2,801 586 441	6,291 676 797
8	11	0,057 714 227	7,156 564 136	2,064 118 892
9	20	0,130 650 963	16,20 071 947	0,89 098 096
10	28	0,208 533 136	25,85 810 886	0,177 418 144
11	26	0,234 718 226	29,10 506	0,331 261 903
12	17	0,186 314 876	23,1 030 446	1,61 221 839
13	15	0,159 475 133	19,77 491 651	1,152 967 075
			$\chi^2$	12,52 064 216
			$\chi^2$ критич	12,59 158 724

«хи-квадрат» для основных операций с составом блок-поезда на путях ТЛТ. Уровень значимости принят равным 0,05.

Согласно результатам проверки по критерию «хи-квадрат», колебания продолжительности каждой операции с составом блок-поезда на путях ТЛТ подчиняются нормальному закону распределения.

Данный вывод можно подтвердить графически, построив эмпирические и теоретические кривые вероятности распределения продолжительности выполнения каждой операции. Если указанные кривые приблизительно совпадают, можно утверждать, что колебания случайной величины подчиняются нормальному закону распределения (рис. 4).

Аналогичные статистические исследования и проверки гипотезы о законе распределения случайной величины по критерию «хи-квадрат» выполнены для операций по отправлению блок-поезда на путях станции примыкания ТЛТ. Установлено, что колебания их продолжительности также подчиняются нормальному закону распределения.

Технологический график обработки состава блок-поезда на путях станции представлен на рис. 5.

Известно, что сумма любого числа нормально распределенных случайных величин также подчиняется нормальному закону распределения [10]. Следовательно, будет подчиняться нормальному закону распределения и общая продолжительность обработки состава контейнерного блок-поезда на путях ТЛТ и станции его примыкания как сумма продолжительностей всех операций с составом блок-поезда, колебания продолжительности которых подчиняются нормальному закону распределения.

Также известно, что величина показателя, колебания значений которого подчиняются нормальному закону распределения, не превысит величину «Математическое ожидание плюс 1,5 средних квадратичных отклонения» в 95% случаев, а величину «Математическое ожидание плюс 2,0 средних квадратичных отклонения» – в 97,7%.

Контейнерные блок-поезда должны двигаться между ТЛТ и МТП в транспортном узле по твердым ниткам графика.

Целесообразно увеличить технологические нормы продолжительности обработки составов на путях ТЛТ и станции примыкания на 1,5 величины среднеквадратичного от-

ТАБЛИЦА 2. Проверка гипотезы о нормальном законе распределения продолжительности операций с составом блок-поезда на путях ТЛТ

Операция	Проме- жутки	Эмпи- рическая частота	Теорети- ческая веро- ятность	Теорети- ческая ча- стота	«Хи- квадрат»	«Хи- квадрат» критическое
Следование на пути ТЛТ	0–7	7	0,022593439	2,801586441	12,52064216	12,59158724
	7–8	11	0,057714227	7,156564136		
	8–9	20	0,130650963	16,20071947		
	9–10	28	0,208533136	25,85810886		
	10–11	26	0,234718226	29,10506		
	11–12	17	0,186314876	23,1030446		
	12–13	15	0,159475133	19,77491651		
Результат проверки		$\chi^2 < \chi^2_{\text{крит}}$		Нормальное распределение		
Таможенное оформление	0–82	5	0,044562392	5,525736551	15,16959862	18,30703805
	82–84,3	12	0,076810507	9,524502834		
	84,3–86,6	19	0,140927438	17,47500232		
	86,6–88,9	18	0,196130319	24,3201595		
	88,9–91,2	30	0,207059322	25,67535592		
	91,2–93,5	20	0,165825045	20,56230563		
	93,5–95,8	16	0,100737871	12,491496		
	95,8–98,1	2	0,046417636	5,755786878		
	98,1–100,4	0	0,016220375	2,011326525		
	100,4–102,7	1	0,00429782	0,532929684		
	102,7–105	1	0,001011275	0,12539815		
Результат проверки		$\chi^2 < \chi^2_{\text{крит}}$		Нормальное распределение		
Следование на пути станции	0–7	3	0,009142436	1,133662081	7,700848611	11,07049769
	7–9	12	0,067304393	8,345744685		
	9–11	31	0,232452864	28,82415509		
	11–13	47	0,358026642	44,39530358		
	13–15	24	0,246451795	30,56002253		
	15–17	7	0,086621871	10,74111204		
Результат проверки		$\chi^2 < \chi^2_{\text{крит}}$		Нормальное распределение		

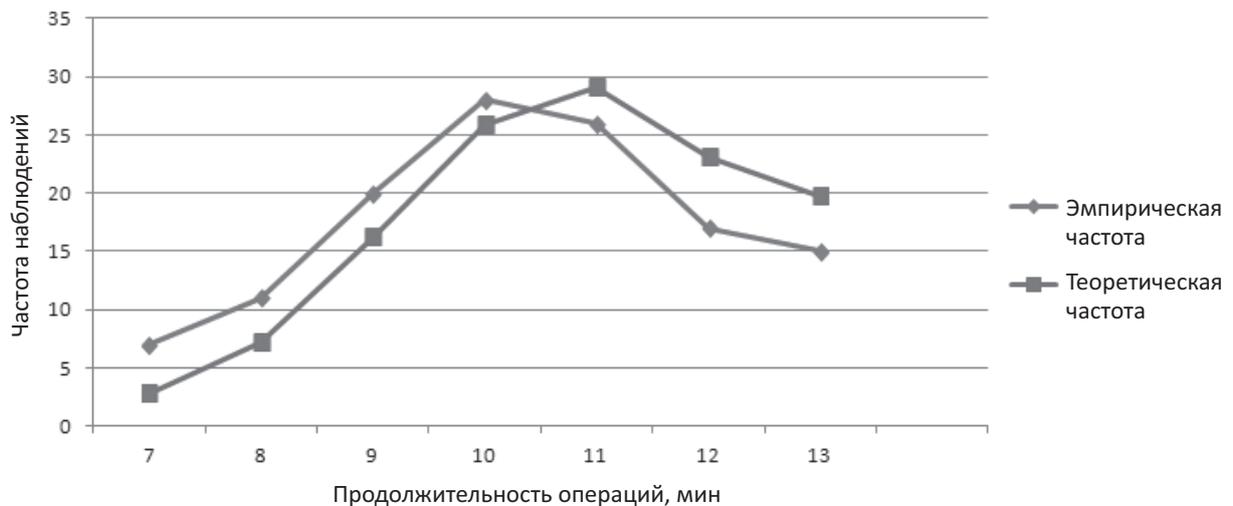


Рис. 4. Эмпирическая и теоретическая кривые вероятности распределения продолжительности операции «Следование состава блок-поезда на пути ТЛТ»

Наименование операции	Время, мин		Исполнитель
	60	120	
Закрепление состава	8		ДСПП, сигналист
Отцепка и уход маневрового локомотива	4		Лок. бригада, ДСП, ДСПП
Списывание состава с натуры, подбор документов, оформление натурального листа	42		Оператор СТЦ, ДСПП
Заход под состав и прицепка поездного локомотива	5		ДСП, ДСПП, лок. бригада
Зарядка тормозной магистрали, полное опробование тормозов, снятие закрепления		38	Лок. бригада, работники ПТО, ДСПП, сигналист
Вручение комплекта документов локомотивной бригаде и отправление поезда		7	ДСП, ДСПП
<b>Общая продолжительность</b>	<b>92</b>		

Рис. 5. Технологический график обработки состава блок-поезда на путях станции примыкания ТЛТ

клонения для учета неравномерности и меж-операционных простоев (табл. 3).

В результате суммарное время обработки блок-поездов на ТЛТ и станции не превысит

ТАБЛИЦА 3. Сводные результаты статистических расчетов продолжительности технологических операций с составом блок-поезда на путях ТЛТ и станции примыкания с учетом неравномерности

Технологическая операция	Технологическая норма, мин	Наименование закона распределения	Среднее квадратичное отклонение, мин	$1,5 \cdot \sigma$ , мин	Технологическая норма + $1,5 \cdot \sigma$ , мин
Обработка состава блок-поезда на путях ТЛТ	399	Нормальное	18	27	426
Обработка поезда на путях станции	92	Нормальное	8	12	100

увеличенную норму в 95 % случаев. Такая надежность приемлема для стабилизации отправления поездов по расписанию [12].

### Заключение

Предложенный метод нормирования с учетом неравномерности продолжительности основных элементов обработки составов контейнерных блок-поездов на путях ТЛТ и станции его примыкания на основе результатов статистических исследований и математической обработки данных позволяет обосновать величину технологических норм, которая обеспечит надежность операций и стабилизирует отправление таких поездов в узле по расписанию для согласованного подвода контейнеров в МТП под погрузку на суда. В результате увеличится эффективность работы линий, повысится доходность и конкурентоспособность железнодорожных контейнерных перевозок в транспортных узлах.

### Библиографический список

1. Белозеров В. Л. Использование прогрессивных форм транспортных услуг при организации работы припортовой станции / В. Л. Белозеров, Г. М. Грошев, В. И. Ковалев, Н. В. Климова // Изв. ПГУПС. – 2013. – Вып. 2 (35). – С. 31–43.

2. Гапанович В. А. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / В. А. Гапанович, А. А. Грачев и др. ; под ред. В. И. Ковалева, А. Т. Осьминина, Г. М. Грошева. – М. : Маршрут, 2006. – 544 с.

3. Грошев Г. М. Об организации движения поездов по графику на станциях стыкования родов тока электрофицированных линий и припортовых станций / Г. М. Грошев, К. А. Ванелик, Н. В. Шукалович // Интеллектуальные системы на транспорте : материалы междунар. науч.-практич. конф. «ИнтеллектТранс-2011». – СПб. : ПГУПС, 2011. – С. 205–212.

4. Грошев Г. М. Уровень выполнения графика движения поездов на станциях смены видов тяги и родов тока транспортных коридоров / Г. М. Грошев, А. Г. Котенко, А. Р. Норбоев // Интеллектуальные системы на транспорте : тезисы III междунар. науч.-практич. конф. «ИнтеллектТранс-2013». – СПб. : Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2013. – С. 42–43.

5. Губин В. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных : учеб. пособие / В. И. Губин, В. Н. Осташков. – Тюмень : Изд-во ТюмГНГУ, 2007. – 200 с.

6. Использование MS Excel для решения задач математической статистики. – URL : <http://www.tag.ee/files/Excel-libre.pdf>.

7. Климова Н. В. Информационные технологии при организации движения контейнерных блок-поездов / Н. В. Климова // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сб. науч.

трудов. – СПб. : Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2013. – Вып. 12. – С. 66–72.

8. Котенко А. Г. Систематизация, исследование причин невыполнения графика движения поездов и оценка их влияния на участковую скорость / А. Г. Котенко, Г. М. Грошев, В. И. Ковалев, А. В. Гоголева // Изв. ПГУПС. – 2012. – Вып. 2 (31). – С. 5–11.

9. Луценко М. М. Точечные и интервальные оценки параметров. Проверка гипотезы о виде распределения : методич. указания к лабораторной работе / М. М. Луценко. – СПб. : ПГУПС, 2002. – 18 с.

10. Моделирование случайных процессов. Экспериментальная проверка центральной предельной теоремы. – URL : <http://www.studfiles.ru/preview/3556462>.

11. Норбоев А. Р. Математическое моделирование закономерностей колебаний продолжительности технологических элементов пропуска поездов на технических станциях / А. Р. Норбоев // Вестн. транспорта Поволжья. – 2014. – Вып. 2 (44). – С. 34–42.

12. Норбоев А. Р. Методы стабилизации пропуска грузовых поездов по графику на станциях смены видов тяги и родов тока линий международных транспортных коридоров : дис. ... канд. тех. наук: 05.22.08 / А. Р. Норбоев. – СПб., 2014. – 195 с.

13. Осетрова И. С. Microsoft Excel 2010 для аналитиков / И. С. Осетрова, Н. А. Осипов. – СПб. : НИУ ИТМО, 2013. – 65 с.

14. Панова Ю. Н. Факторы строительства тыловых контейнерных терминалов / Ю. Н. Панова, Е. К. Коровяковский // Вестн. ТОГУ. – 2012. – Вып. 1 (24). – С. 103–112.

15. Ставка на точность // Гудок. – URL : [http://www.gudok.ru/transport/zd/?pub\\_id=357460](http://www.gudok.ru/transport/zd/?pub_id=357460).

## References

1. Belozero V. L., Groshev G. M., Kovalev V. I. & Klimova N. V. *Izvestiya PGUPS – Proc. Petersburg Transp. Univ.*, 2013, Is. 2 (35), pp. 31–43.

2. Gapanovich V. A., Grachev A. A. et al. *Sistemy avtomatizatsii i informatsionnyye tekhnologii upravleniya perevozkami na zheleznykh dorogakh: uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta* [Automation Systems and Information Technologies for Managing Railway

Transportation: Railway University Course Book]; ed. V. I. Kovaleva, A. T. Osminina & G. M. Grosheva. Moscow, Marshrut, 2006. 544 p.

3. Groshev G. M., Vanelik K. A. & Shukalovich N. V. *Ob organizatsii dvizheniya poyezdov po grafiku na stantsiyakh stykovaniya rodov toka elektrifitsirovannykh liniy i priortovykh stantsiy* [On Organisation of Scheduled Train Movement at Current Type Converter Stations of Electrified Lines and Port Stations]. *Intellektualnyye sistemy na transporte: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “IntellektTrans-2011”* [Intellectual Systems in Transport: Coll. Papers of Int. Sci. and Practical Conf. IntellektTrans-2011]. St. Petersburg, Petersburg Transp. Univ., 2011. Pp. 205–212.

4. Groshev G. M., Kotenko A. G. & Norboev A. R. *Uroven vpolneniya grafika dvizheniya poyezdov na stantsiyakh smeny vidov tyagi i rodov toka transportnykh koridorov* [Level of Train Movement Schedule Fulfillment at Converter Stations for Traction Type and Current Type in Transport Corridors]. *Intellektualnyye sistemy na transporte: tezisy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “IntellektTrans-2013”* [Intellectual Systems in Transport: Abstracts of the 3rd Int. Sci. and Practical Conf. IntellektTrans-2013]. St. Petersburg, Petersburg Transp. Univ., 2013. Pp. 42–43.

5. Gubin V. I. & Ostashkov V. N. *Statisticheskiye metody obrabotki eksperimentalnykh dannykh: uchebnoye posobiye* [Statistical Methods for Processing Experimental Data: Course Guide]. Tyumen, Izdatelstvo TyumGNGU, 2007. 200 p.

6. *Ispolzovaniye MS Excel dlya resheniya zadach matematicheskoy statistiki* [Application of MS Excel to Solving Mathematical Statistics Problems], available at: <http://www.tag.ee/files/Excel-libre.pdf>.

7. Klimova N. V. *Informatsionnyye tekhnologii pri organizatsii dvizheniya konteynernykh blok-poyezdov* [Information Technologies in Organising Container Bloc-Train Movement]. *Aktualnyye problemy upravleniya perevozochnym protessom: sbornik nauchnykh trudov* [Current Problems in Managing Transportation Processes: Coll. Sci. Papers]. St. Petersburg, Petersburg Transp. Univ., 2013. Is. 12. Pp. 66–72.

8. Kotenko A. G., Groshev G. M., Kovalev V. I. & Gogoleva A. V. *Izvestiya PGUPS – Proc. Petersburg Transp. Univ.*, 2012. Is. 2 (31), pp. 5–11.

9. Lutsenko M.M. Tochechnyye i intervalnyye otsenki parametrov. Proverka gipotezy o vide raspredeleniya: metodicheskiye ukazaniya k laboratornoy rabote [Point and Interval Estimation of Parameters. Distribution Type Hypothesis Testing: Laboratory Operations Manual]. St. Petersburg, Petersburg Transp. Univ., 2002. 18 p.
10. Modelirovaniye sluchaynykh protsessov. Eksperimentalnaya proverka tsentralnoy predelnoy teoremy [Simulation of Random Processes. Experimental Verification of Central-Limit Theorem], available at: <http://www.studfiles.ru/preview/3556462>.
11. Norboyev A.R. *Vestnik transporta Povolzhya – Volga Region Trans. Bull.*, 2014, Is. 2 (44), pp. 34-42.
12. Norboyev A.R. Metody stabilizatsii propuska gruzovykh poyezdov po grafiku na stantsiyakh smeynykh vidov tyagi i rodov toka liniy mezhdunarodnykh transportnykh koridorov [Methods of Stabilisation of Freight Train Handling by Schedule at Converter Stations for Traction Type and Current Type in International Transport Corridors]. St Petersburg, 2014. 195 p.
13. Osetrova I.S. & Osipov N.A. Microsoft Excel 2010 dlya analitikov [Microsoft Excel 2010 for Analysts]. St. Petersburg, NIU ITMO, 2013. 65 p.
14. Panova Yu.N. & Korovyakovskiy Ye.K. *Vestnik TOGU – Pacific National Univ. Bull.*, 2012. Is. 1 (24), pp. 103-112.
15. Stavka na tochnost [Bet on Accuracy]. *Gudok – Signal*, available at: [http://www.gudok.ru/transport/zd/?pub\\_id=357460](http://www.gudok.ru/transport/zd/?pub_id=357460).

\*КЛИМОВА Надежда Васильевна – аспирант, [nadya.climowa2012@yandex.ru](mailto:nadya.climowa2012@yandex.ru); ГРОШЕВ Геннадий Максимович – доктор техн. наук, профессор, [spbgrashev@gmail.com](mailto:spbgrashev@gmail.com); КОТЕНКО Алексей Геннадьевич – доктор техн. наук, доцент; РОМАНОВА Ирина Юрьевна – канд. техн. наук, доцент (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I).