

УДК 656.224.072

Модель расчета оптимальной заполняемости контейнерных поездов в двадцатифутовом эквиваленте

М. В. Шевердова¹, О. Д. Покровская¹, М. А. Марченко¹, В. В. Щербаков²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

²Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Российская Федерация, 191023, город Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А

Для цитирования: Шевердова М. В., Покровская О. Д., Марченко М. А., Щербаков В. В. Модель расчета оптимальной заполняемости контейнерных поездов в двадцатифутовом эквиваленте // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 3. — С. 639–650. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-3-639-650

Аннотация

Цель: Разработать математическую модель подсчета двадцатифутового эквивалента в контейнерных поездах на заданной модели платформы, сформулировать методику расчета в двадцатифутовом эквиваленте (ДФЭ) в контейнерных поездах, обозначить целевую функцию поиска оптимальной заполняемости фитинговой платформы. **Методы:** Применены математические расчеты с помощью программной среды Паскаль в части автоматизации расчета вместимости фитинговых платформ. **Результаты:** В ходе расчетов выполнено построение математической модели. При помощи анализа загруженности контейнерного поезда была обозначена целевая функция поиска оптимальной заполняемости фитинговой платформы. **Практическая значимость:** Выполнен обзор процесса расчета двадцатифутового эквивалента. Установлено, что новым элементом в цепочке оформления документов стоит считать автоматический расчет ДФЭ в контейнерных поездах, а именно автоматическое составление отчетности на основании полученных значений ДФЭ. Дано описание этапов расчета ДФЭ на заданном типе платформы. По итогам исследования предложен программный продукт расчета вместимости в ДФЭ одного вагона в среде Паскаль.

Ключевые слова: Двдцатифутовый эквивалент, фитинговая платформа, АС ЭТРАН, контейнерный поезд, математическая среда Паскаль.

Введение

Перевозка контейнеров на железнодорожном транспорте по итогу 2021 г. составила 6 млн 502,5 тыс. TEU, что превысило показатели на 12,1 % по сравнению с 2020 г. С увеличением

доли перевозимых контейнеров железнодорожным транспортом возникает необходимость своевременного и грамотного оформления перевозочных документов. Трудно поспорить, что данные действия не могут обойтись без четкого

взаимодействия всех служб, занятых в подготовке контейнерных поездов к отправлению. Особое внимание стоит уделить части оформления документов на контейнерные поезда, поскольку на данном этапе возникает ряд ошибок как по вине грузоотправителей (неверно введенные данные в заготовках на накладные), так и по вине работников службы движения (неправильная погрузка согласно техническим условиям и т. д.). В связи с этим возникает необходимость понизить процент ошибок в процессе оформления. Решением данной проблемы стало появление в АС ЭТРАН технологии «Автоагент» на контейнерный поезд. Данная программа позволяет обеспечить безошибочное и своевременное оформление документов, а если это невозможно в автоматическом режиме, то происходит передача информационного сообщения работникам СФТО о «ручном» оформлении документа.

В то же время существует проблема неполной загрузки контейнерных поездов. Необходимо «нивелирование» типоразмеров контейнеров и моделей платформ под контейнерный поезд каждого назначения с целью рациональной загрузки двадцатифутовым эквивалентом, а также грамотного использования вместимости подвижного состава.

Вопрос рациональной заполняемости и грамотного использования площади вагона, вопрос дальнейшего совершенствования автоматизированной системы ЭТРАН являются актуальными и носят прикладной характер. Принимая во внимание тот факт, что объем перевозок TEU постоянно возрастает и подсчет двадцатифутового эквивалента (далее — ДФЭ) вручную становится трудозатратным, требуется научная поддержка.

Проблемы размещения контейнеров на платформах, заполняемости подвижного состава освещены в исследованиях [1–3]. Стоит отметить, что рациональная заполняемость подвижного состава является не только основой для

четкой реализации выполнения планов погрузки конкретного поезда, но и поставленных объемов перевозок в целом. «Погрузка» контейнеров на вагон информационно осуществляется в несколько известных АСУ, таких как ЭТРАН, АРМ ПКП и т. д. Вопросам состояния системы ЭТРАН, развитие АС ЭТРАН посвящены работы [4–7], в которых дается характеристика системы, описывается ее функционал. Особое внимание стоит уделить АРМ ПКП (ПКП — приемосдатчик контейнерной площадки), поскольку данная программа находится в тесной взаимосвязи с АС ЭТРАН и данные при оформлении перевозочных документов одновременно синхронизируются с данной АС [8, 9].

В работах [10–14] были представлены основные принципы цифровизации и клиентоориентированности при организации транспортного обслуживания, на которых строится и концепция данного исследования. Кроме того, в данном исследовании используется методология, изложенная в работах [15–18]. Следует полагать, что и результаты, полученные в данном исследовании, могут быть использованы в теоретическом и практическом развитии транспортного обслуживания.

Обоснование актуальности исследования

В настоящее время существует технология расчета дефицита двадцатифутового эквивалента, технология составления актов общей формы (далее — АОФ) ГУ-23 ВЦ, накопительных ведомостей формы ФДУ-92 приемосдатчиками груза и багажа, агентами системы фирменного транспортного обслуживания (далее — СФТО) согласно распоряжению ОАО «РЖД», однако имеются пробелы в части автоматизации расчетов плат за неполную вместимость контейнерных поездов [19].

Ввиду ошибок в подсчетах работников, отсутствия автоматизированной подсистемы для расчета вместимости выявляются случаи оформ-

ления контейнерных поездов (далее — КП) с проставлением соответствующей тарифной отметки и предоставлением скидки к тарифу на перевозку при несоблюдении условий вместимости КП, установленных порядком организации перевозки и порожних контейнеров в составе контейнерных поездов от 2 октября 2020 г. № 2191/р, без начисления компенсационной платы или при начислении данной платы не в полном объеме. На основании данного документа устанавливается норматив количества контейнеров на вагонах не менее 92 % от максимально возможного для конкретного КП количества двадцатифутовых контейнеров [20]. Согласно документу для КП с расстоянием перевозки более 2300 км требуется оформление актов общей формы с целью взимания плат за неполную загрузку составов [21].

Методика расчета ДФЭ на фитинговой платформе

Исходя из вышесказанного требуется технология для подсчета вместимости фитинговых платформ и контейнерных поездов в целом. Вместимость фитинговых платформ определяется исходя из следующих критериев:

Максимальное количество ДФЭ для:

– вагона длиной по осям сцепления до 19 м — 2 ДФЭ;

– вагона длиной по осям сцепления свыше 19 м, но не более 25 м — 3 ДФЭ;

– вагона длиной по осям сцепления свыше 25 м — 4 ДФЭ.

При размещении контейнеров на вагонах:

– 40-футовый контейнер считать равным 2 ДФЭ.

При размещении на вагонах длиной по осям сцепления более 19 м, но менее 25 м:

– 20-футового контейнера массой брутто свыше 24 тонн — один контейнер считать равным 1,5 ДФЭ.

При размещении на вагонах длиной по осям сцепления более 25 м:

– 20-футового контейнера массой брутто свыше 24 тонн — один контейнер считать равным 2 ДФЭ.

На данный агентами СФТО, приемосдатчиками выполняется расчет ДФЭ, составление актов общей формы, накопительных ведомостей. Данные действия занимают значительную долю времени в технологическом процессе [22]. В целях рационализации требуется создать новую подсистему ЭТРАНа.

Известно, что заполняемость контейнерного поезда в ДФЭ является одним из ключевых показателей эффективности использования подвижного состава и формирования контейнерного маршрута в целом [23, 24].

После расчета приемосдатчиками груза и багажа дефицита ДФЭ по известным значениям составляется АОФ на компенсацию недогруза. Далее агентами СФТО на основании АОФ составляется накопительная ведомость формы ФДУ-92.

Исходя из вышесказанного, предлагается создание подсистемы в АС ЭТРАН, которая позволяет исключить ошибки в процессе расчетов ручным способом и позволяет оптимизировать процесс синхронизации переноса данных расчета ДФЭ в акты. Данная подсистема будет отличаться от существующих вложенных модулей ЭТРАНа в следующем:

– расчет дефицита ДФЭ в КП с расстоянием перевозки более 2300 км;

– автоматическое создание АОФ ГУ-23ВЦ на основании произведенных в подсистеме расчетов;

– автоматическое создание на основании АОФ ГУ-23ВЦ накопительной ведомости ФДУ-92.

Математическая модель и алгоритм расчета ДФЭ на заданном типе платформы

Для оптимизации процесса расчета ДФЭ фактического и планового значений и, как следствие, дефицита ДФЭ предложена следующая математическая модель расчета для различных типов платформ и размещенных на них типоразмеров

контейнеров. Для осуществления расчета по методике, предложенной в данном исследовании, необходимы исходные данные для расчета:

1. Типы используемой платформы t (40-футовые фитинговые платформы, 60-футовые фитинговые платформы, 80-е фитинговые платформы).

2. Типоразмер контейнеров, где k_i — 20-футовый контейнер (типоразмеры 22G1), K_i — 40-футовый контейнер (типоразмеры 4EG1, 40 RHC и др.)

3. Масса контейнеров m , кг.

Варианты размещения контейнеров на 40-футовой платформе следующие:

1. $k1, k2$.
2. $K1$.
3. $k1$.

Варианты размещения контейнеров на 60-футовой платформе следующие:

1. $k1$.
2. $k1, k2, k3$.
3. $k1, K1$.
4. $k1, k2$.

Варианты размещения контейнеров на 80-футовой платформе следующие:

1. $k1, k2, k2, k4$.
2. $k1, K1, k2$.
3. $K1, K2$.

Плановое значение $dfe_{\text{план}}$ для различных типов платформ является константой и принимает следующие значения:

- 40-футовые фитинговые платформы: $dfe_{\text{план}} = 2$.
- 60-футовые фитинговые платформы: $dfe_{\text{план}} = 3$.
- 80-футовые фитинговые платформы: $dfe_{\text{план}} = 4$.

Фактическое значение $dfe_{\text{факт}}$ определяется исходя из заданных типоразмеров контейнеров и их массы, типа платформы:

Случай 1

При $t = 40$

$$\text{if } K_i = 20 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 1.$$

$$\text{if } K_i = 40 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 2.$$

Случай 2

$t = 60$

$$\text{if } k_i = 20, m > 24\,000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 1,5.$$

$$\text{if } k_i = 20, m \leq 24\,000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 1.$$

$$\text{if } K_i = 40 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 2.$$

Случай 3

$t = 80$

$$\text{if } k_i = 20, m > 24\,000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 2.$$

$$\text{if } k_i = 20, m \leq 24\,000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 1.$$

$$\text{if } K_i = 40 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 2.$$

По методике, предложенной в данном исследовании на рис. 1, 2, показан фрагмент алгоритма расчета ДФЭ на платформе, который автоматизирован в среде Паскаль:

Фрагмент алгоритма предполагает ряд последовательных проверок.

Блок 1. Выполняется проверка: находится ли исходный контейнер с типоразмером 22G1 на 60-й футовой фитинговой платформе. Если условие верно, далее проверяется второе условие: масса заданного контейнера больше 24 000 кг. При положительном исходе ДФЭ контейнера принимает значение 1,5 ДФЭ. В противном случае принимает значение 1 ДФЭ.

Блок 2. Выполняется проверка: находится ли исходный контейнер с типоразмером 22G1 на 80-й футовой фитинговой платформе. Если условие верно, далее проверяется второе условие: масса заданного контейнера больше 24 000 кг. При положительном исходе ДФЭ контейнера принимает значение 2 ДФЭ. В противном случае принимает значение 1 ДФЭ.

Блок 3. Выполняется проверка: находится ли исходный контейнер с типоразмером 22G1 на 40-й футовой фитинговой платформе. Если условие верно, далее принимается значение 1 ДФЭ.

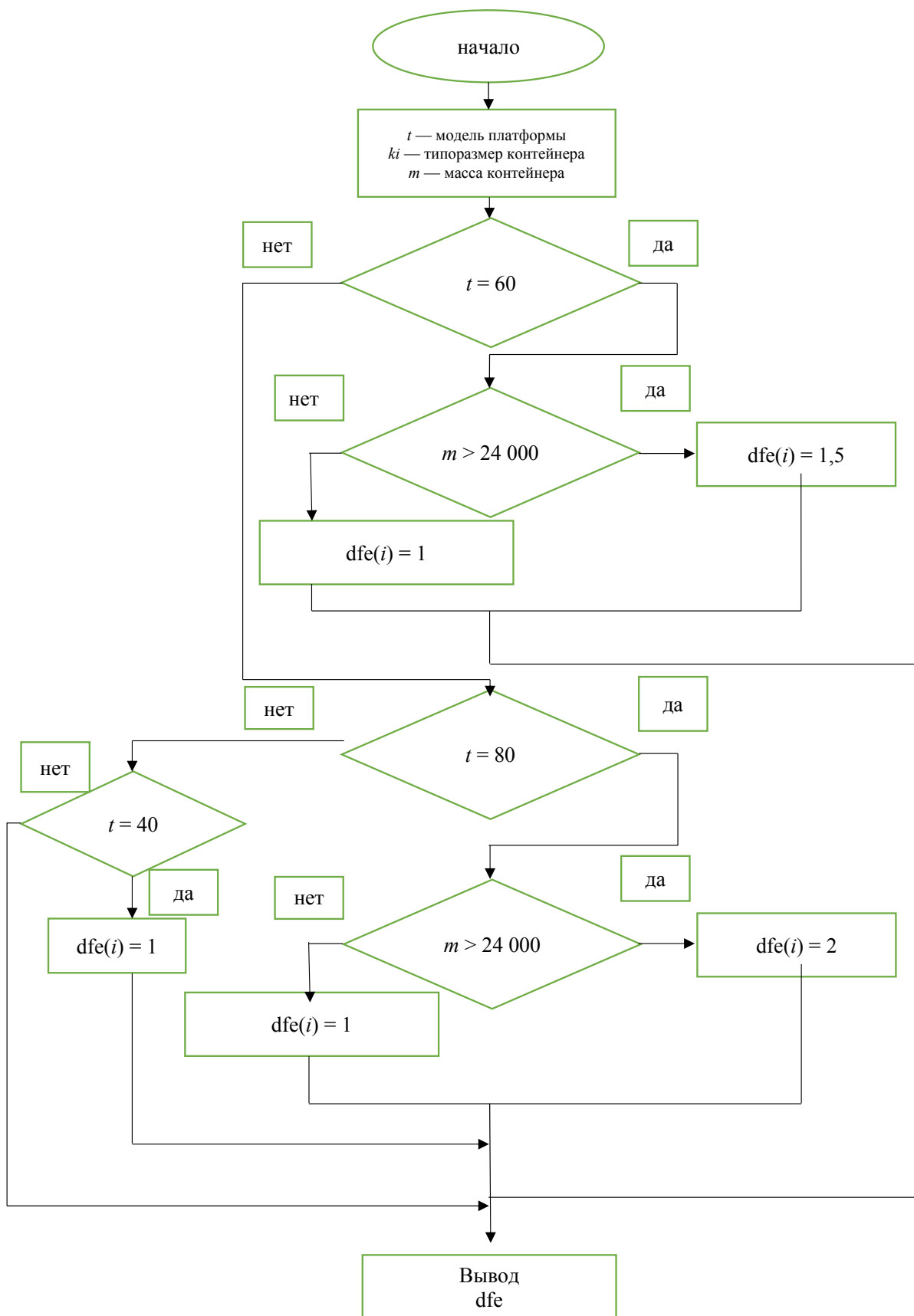


Рис. 1. Фрагмент алгоритма расчета ДФЭ одного контейнера типоразмера 22G1 на платформе

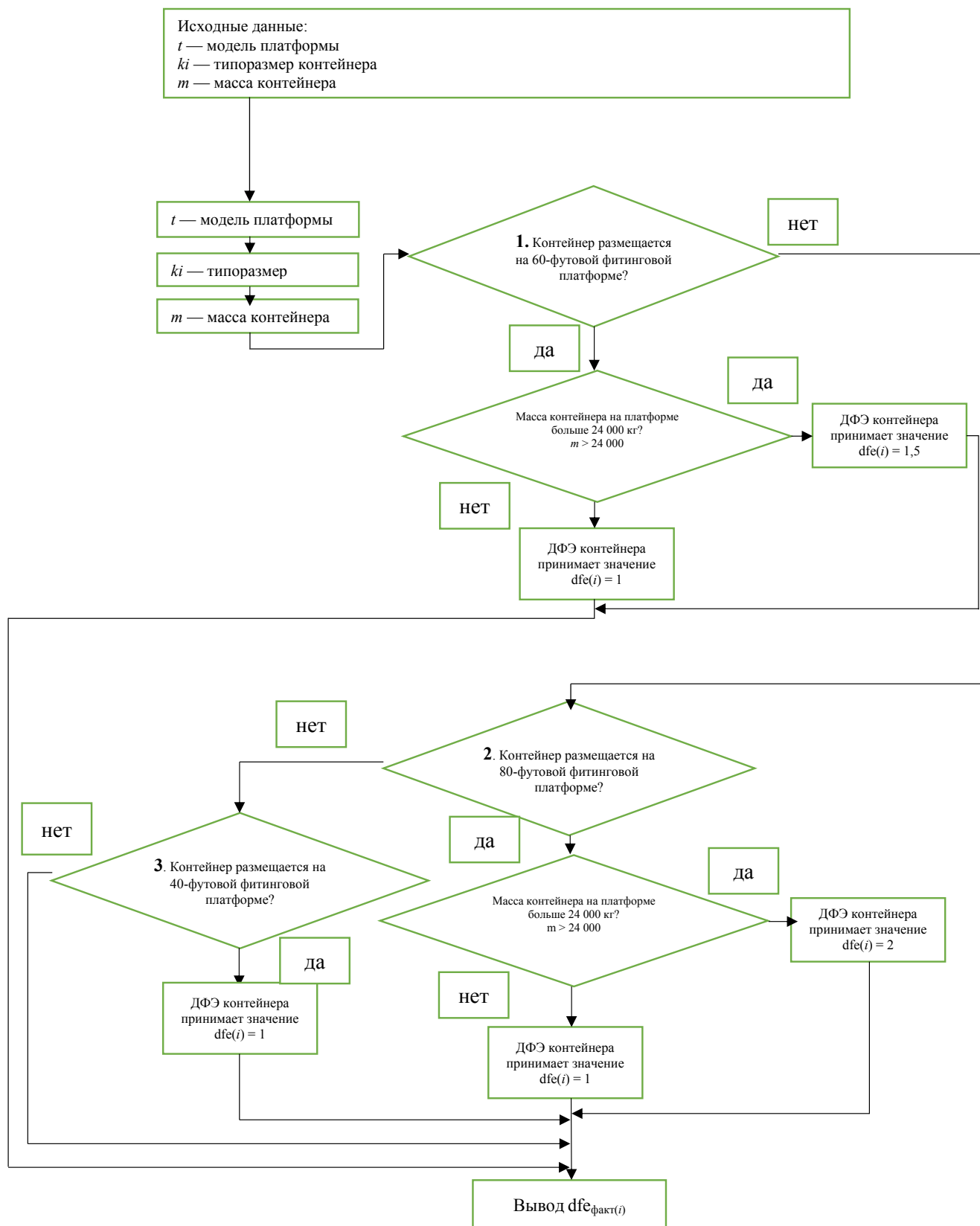


Рис. 2. Блок-схема фрагмента алгоритма расчета ДФЭ одного контейнера типоразмера 22G1 на платформе

В результате полученных значений по каждому $dfe_{\text{факт}}(i)$ на определенной платформе вычисляется суммарное ДФЭ $\sum dfe_{\text{факт}}$ на вагоне (1):

$$\sum dfe_{\text{факт}} = dfe_{\text{факт}}(1) + dfe_{\text{факт}}(2) + dfe_{\text{факт}}(3) \quad (1)$$

$$\sum dfe_{\text{факт}} (\text{'округливверх'}) = \sum dfe_{\text{факт}} = dfe_{\text{окр}}$$

Исходя из полученных $dfe_{\text{факт}}$ и $dfe_{\text{факт}}$ составляется выражение, согласно которому и определяется:

1. Нормативное значение ДФЭ (2):

$$dfe_{\text{норматив}} = (\text{'округливверх'}) = \frac{92 \cdot dfe_{\text{план}}}{100} \quad (2)$$

2. Недогруз ДФЭ в контейнерном поезде (3):

$$dfe_{\text{дефицит}} = dfe_{\text{норматив}} (\text{'округливверх'}) - dfe_{\text{окр}} \quad (3)$$

В качестве примера приводится расчет фактического ДФЭ для модели платформы 13-9007 с размещенными на ней типоразмерами контейнеров 22G1 с массой брутто m_{k_i} (XXXX XXXXXXXX) = 23 370 кг (первый контейнер) и m_{k_i} (YYYY YYYYYYYY) = 24 385 кг (второй контейнер).

Тип платформы	Модель платформы	Вагон	Контейнеры	Типоразмер контейнера	Масса контейнера, кг
60	13-9007	94856929	XXXX XXXXXXX	22G1	23 370
			YYYY YYYYYYY	22G1	24 385

Исходные данные:

k_i — 20-футовый контейнер.

K_i — 40-футовый контейнер.

p — тип платформы, на которой размещаются контейнеры, $p = 60$.

m — масса контейнеров, кг.

m_{k_i} (XXXX XXXXXXXX) = 23 370 кг.

m_{k_i} (YYYY YYYYYYYY) = 24 385 кг.

Обсуждение результатов

Согласно фрагменту алгоритма программы, последовательно проверяется ряд условий (рис. 5).

Для начала определяется тип используемой фитинговой платформы (40, 60 или 80). Исходя из заданных условий, тип платформы в нашей задаче 60. Следовательно, для расчетов используется формулы случая 2.

$$if k_i = 20, m > 24\ 000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 1,5 \text{ДФЭ.}$$

$$if k_i = 20, m \leq 24\ 000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 1 \text{ДФЭ.}$$

$$if K_i = 40 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(i) = 2 \text{ДФЭ.}$$

Далее проверяется масса брутто каждого из контейнеров, размещенных на платформе. Контейнер XXXX XXXXXXXX типоразмера 22G1 имеет массу брутто 23 370 кг, масса контейнера $\leq 24\ 000$, следовательно, ДФЭ фактическое принимает следующее значение:

$$if k_i = 20, m \leq 24\ 000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(1) = 1 \text{ДФЭ.}$$

Контейнер YYYY YYYYYYYY типоразмера 22G1 имеет массу брутто 24 385 кг, масса контейнера $\leq 24\ 000$, следовательно, ДФЭ фактическое принимает следующее значение:

$$if k_i = 20, m > 24\ 000 \Rightarrow dfe_{\text{факт}}(2) = 1,5 \text{ДФЭ.}$$

Расчет $dfe_{\text{факт}}$ окончен, так как на вагоне больше нет контейнеров. Далее находится сумма ДФЭ фактическое $\sum dfe_{\text{факт}}$, полученное из ранее найденных значений:

$$\begin{aligned} \sum dfe_{\text{факт}} &= dfe_{\text{факт}}(1) + dfe_{\text{факт}}(2) = 1 + 1,5 = \\ &= 2,5 \text{ДФЭ.} \end{aligned}$$

Таким образом, значения $dfe_{\text{факт}}$ и $dfe_{\text{план}}$ не совпадают. Недогруз на платформе составляет 0,5 ДФЭ. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что одним из критериев качества формирования контейнерного маршрута с точки зрения его заполняемости следует считать максимум заполняемости фитинговой платформы в ДФЭ на

100 %. Соотношение фактического и планового значений должно стремиться к единице (4):

$$B = \frac{dfe_{\text{факт}}}{dfe_{\text{план}}} \rightarrow \max = 1. \quad (4)$$

В общем случае коэффициент заполняемости фитинговой платформы $Z_{\text{фтр}}$ стремится к максимальному значению (5):

$$Z_{\text{фтр}} = \sum_{i=1}^n \frac{dfe_{\text{факт}}(i)}{dfe_{\text{план}}} \rightarrow \max = 1. \quad (5)$$

где n — число контейнеров на рассчитываемой платформе.

Таким образом, показатель коэффициента заполняемости контейнерного поезда $B_{\text{кп}}$ складывается как сумма всех коэффициентов заполняемости платформ конкретного КП $Z_{\text{фтр}}$, деленного на число платформ, задействованных в данной перевозке (6):

$$B_{\text{кп}} = \frac{\sum_{j=1}^z \left(\sum_{i=1}^n \frac{dfe_{\text{факт}}(i)}{dfe_{\text{план}}} \right)}{z}. \quad (6)$$

$$B_{\text{кп}} = \frac{\sum_{j=1}^z (Z_{\text{фтр}})}{z},$$

где z — число вагонов в контейнерном поезде.

Однако для расчета ДФЭ в подсистеме ДФЭ ЭТРАН требуется ввод дополнительных условий для проверки правильности размещения согласно техническим условиям, а именно:

1. Масса брутто контейнеров не должна превышать грузоподъемность платформы $\sum m_{ki} < N$, где N — грузоподъемность вагона, $\sum m_{ki}$ — сумма масс контейнеров на вагоне.

2. Допускаемые сочетания масс брутто контейнеров длиной 20 и 40 футов, размещаемых на одной 60-футовой фитинговой платформе,

должны проверяться программой исходя из таблиц согласно телеграмме от 9 марта 2018 г. № 4971/ЦФТО [25].

Заключение

Для оптимизации процесса расчета ДФЭ фактического и планового значений и, как следствие, дефицита ДФЭ в данном исследовании предложена математическая модель расчета для различных типов платформ и размещенных на них типоразмеров контейнеров, сформулирована методика расчета ДФЭ для различных типов платформ (40-футовые фитинговые платформы, 60-футовые фитинговые платформы, 80-е фитинговые платформы). В качестве примера по данной методике предложен фрагмент алгоритма вычисления ДФЭ контейнера типоразмера 22G1. Показано, что одним из критериев качества формирования контейнерного маршрута с точки зрения его заполняемости следует считать максимум вместимости фитинговой платформы в ДФЭ на 100 %. Соотношение фактического и планового значений должно стремиться к единице.

Предложено создание подсистемы в АС ЭТРАН. Данная подсистема будет отличаться от существующих вложенных модулей ЭТРАНа, а именно в ней будут возможны следующие операции: расчет дефицита ДФЭ в КП с расстоянием перевозки более 2300 км, автоматическое создание АОФ ГУ-23ВЦ на основании произведенных в подсистеме расчетов ДФЭ, автоматическое создание на основании АОФ ГУ-23ВЦ накопительной ведомости ФДУ-92. Таким образом, данная подсистема позволит исключить ошибки в процессе расчетов ручным способом и позволит оптимизировать процесс синхронизации переноса данных расчета в акты и ведомости.

Кроме того, в работе предложен ввод дополнительных условий в подсистему ЭТРАНа для проверки правильности размещения согласно ТУ, а именно: масса брутто контейнеров не должна

превышать грузоподъемность платформы; допускаемые сочетания масс брутто контейнеров длиной 20 и 40 футов, размещаемых на одной 60-футовой фитинговой платформе, должны проверяться программой исходя из таблиц согласно телеграмме от 9 марта 2018 г. № 4971/ЦФТО.

Библиографический список

1. Нутович В. Е. Цифровое обеспечение и соблюдение технических условий размещения и крепления грузов / В. Е. Нутович // Мир транспорта. — 2018. — Т. 16. — № 4(77). — С. 52–65.
2. Оленцевич В. А. Автоматизация выбора безопасного размещения и крепления груза на железнодорожном транспорте / В. А. Оленцевич, В. Е. Гозбенко // Системы. Методы. Технологии. — 2013. — № 2(18). — С. 59–63.
3. Демина Н. В. Транспортные характеристики и условия перевозок грузов на железнодорожном транспорте: учебное пособие / Н. В. Демина, Н. В. Куклева, А. В. Дороничев. — М., 2015.
4. Франтасов Д. Н. Информационное взаимодействие АСУ грузоотправителей с АС ЭТРАН / Д. Н. Франтасов, Ю. О. Шипилова // Наука и образование транспорту. — 2016. — № 2. — С. 94–95.
5. Пакина С. А. Современные информационные системы как инструменты обеспечения качества транспортно-экспедиционного обслуживания на железнодорожном транспорте / С. А. Пакина, А. А. Сироткин // Актуальные вопросы экономики региона: анализ, диагностика и прогнозирование: материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Нижегородский филиал МИИТ. — 2015. — С. 326–330.
6. Эрлих Н. В. Электронный технологический документооборот / Н. В. Эрлих, Л. И. Папиловская, Т. Б. Ефимова // Вестник транспорта Поволжья. — 2010. — № 3(23). — С. 108–112.
7. Вельмина А. А. Реализация платформенного подхода ОАО «РЖД» в сфере грузовых перевозок и логистики / А. А. Вельмина, Т. Б. Ефимова // Проблемы развития предприятий: теория и практика. — 2019. — № 1–2. — С. 216–219.
8. Москвичев О. В. Информационные технологии и информационно управляющие системы на магистральном транспорте / О. В. Москвичев. — Самара, 2015.
9. Сеницына А. С. Оптимизация деятельности терминально-складского комплекса ОАО «РЖД» в условиях использования информационных и автоматизированных систем / А. С. Сеницына.
10. Покровская О. Д. Состояние транспортно-логистической инфраструктуры для угольных перевозок в России / О. Д. Покровская // Инновационный транспорт. — 2015. — № 1(15). — С. 13–23.
11. Pokrovskaya O. Assessment of transport and storage systems / O. Pokrovskaya, R. Fedorenko // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2020. — Vol. 1115 AISC. — Pp. 570–577.
12. Pokrovskaya O. Evolutionary-Functional Approach to Transport Hubs Classification / O. Pokrovskaya, R. Fedorenko // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2020. — Vol. 982. — Pp. 356–365.
13. Покровская О. Д. О терминологии объектов терминально-складской инфраструктуры / О. Д. Покровская // Мир транспорта. — 2018. — Т. 16. — № 1(74). — С. 152–163.
14. Покровская О. Д. Логистическая классность железнодорожных станций // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2018. — № 2(38). — С. 68–76.
15. Куренков П. В. Механизмы государственного регулирования развития транспортной системы региона / П. В. Куренков, Ю. В. Веселова // Транспорт: наука, техника, управление: Сб. Отечественная история. — 2006. — № 7. — С. 8–12.
16. Куренков П. В. План мероприятий (дорожная карта) по реализации программы организации контейнерных перевозок на пространстве 1520 / П. В. Куренков, А. В. Астафьев // Транспорт: наука, техника, управление: Сб. Российская история. — 2015. — № 11. — С. 84–92.
17. Персианов В. А. Проект «Городские железные дороги России» / В. А. Персианов, П. В. Метелкин, Л. С. Федоров и др. // Вестник транспорта. — 2014. — № 5. — С. 2–10.
18. Баритко А. Л. Организация и технология внешне-торговых перевозок / А. Л. Баритко, П. В. Куренков // Железнодорожный транспорт. — 1998. — № 8.
19. Бороненко Ю. П. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах / Ю. П. Бороненко, А. С. Даукша // Транспорт РФ. — 2017. — № 3(70). — С. 29–32.
20. Прокофьев М. Н. Совершенствование технологии ускоренных грузовых перевозок железнодорожным

транспортом / М. Н. Прокофьев. — М.: Российский университет транспорта (МИИТ), 2018.

21. Распоряжение ОАО «РЖД» от 20 ноября 2020 г. № 2554/р. об «Обеспечении при перевозке грузевых и порожних контейнеров на вагонах в составе контейнерного поезда».

22. Нутович В. Е. Автоматизированное начисление платы за нахождение вагонов на инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования / В. Е. Нутович. — Наука и техника транспорта. — 2018. — № 2. — С. 38–45.

23. Галкина Я. К. Перспективы развития ускоренных контейнерных поездов / Я. К. Галкина // Конкурентоспособность территорий: материалы XXIII Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. В 4-х частях. Отв. за выпуск Я. П. Силин, Е. Б. Дворядкина. — Екатеринбург, 2020. — С. 163–166.

24. Автомонова Л. Ю. Прогнозирование объемов контейнерных перевозок с использованием эконометрических моделей / Л. Ю. Автомонова // Системный анализ и логистика. — 2018. — № 1(16). — С. 60–69.

25. Телеграмма от 9 марта 2018 г. № 4971/ЦФТО.

Дата поступления: 20.07.2022

Решение о публикации: 01.09.2022

Контактная информация:

ШЕВЕРДОВА Мария Вячеславовна — аспирант;
maria.bayern2017@yandex.ru,

ПОКРОВСКАЯ Оксана Дмитриевна — д-р техн. наук,
проф., и. о. зав. кафедрой; insight1986@inbox.ru

МАРЧЕНКО Максим Александрович — аспирант;
maks.marchenko1998@mail.ru

ЩЕРБАКОВ Владимир Васильевич — д-р экон. наук,
проф., зав. кафедрой; shefainn@yandex.ru

Model for Calculation of Optimal Filling of Container Trains in Twenty-Foot Equivalent

M. V. Sheverdova¹, O. D. Pokrovskaya¹, M. A. Marchenko¹, V. V. Shcherbakov²

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation.

²St. Petersburg State University of Economics, 30-32 letter A, nab. Griboyedov Canal, St. Petersburg, 191023, Russian Federation.

For citation: Sheverdova M. V., Pokrovskaya O. D., Marchenko M. A., Shcherbakov V. V. Model for Calculation of Optimal Filling of Container Trains in Twenty-Foot Equivalent // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 3, pp. 639–650. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2022-3-639-650

Summary

Purpose: To develop a mathematical model for calculating twenty-foot equivalent in container trains on the platform given model, to formulate a calculation method in twenty-foot equivalent (TFE) in container trains, to designate a target function in finding optimal filling capacity of fitting platform. **Methods:** Mathematical calculations were applied using Pascal software environment in terms of automating calculation of fitting platform capacity. **Research results:** During the calculations, mathematical model design was carried out as well as the study of parameters such as a container mass, size and model was done. Using the analysis of container train load, a target function for the search of fitting platform optimal filling capacity was identified. **Practical significance:** Review of calculation process for twenty-foot equivalent was carried out by station employees. It is established that as a new element in paperwork chain there should be considered automatic calculation of TFE in container trains, namely, TFE automatic reporting based on the obtained values for TFE in terms of filling in a general form act and a cumulative statement. The description of TFE calculation stages for a one container of 22G1 size on platform given type is demonstrated. Based on the study results, software product in Pascal environment for the calculation of a one container capacity into TFE is proposed.

Keywords: Twenty-foot equivalent, fitting platform, AC ETRAN (Automated system Electronic Transport Waybill where all freight transportations in Russian Railways JSC are formed), container train, Pascal mathematical environment.

References

1. Nutovich V. E. Tsifrovoye obespechenie i soblyudeniye tekhnicheskikh usloviy razmeshcheniya i krepleniya gruzov [Digital provision and compliance with the technical conditions for the placement and securing of goods]. *Mir transporta* [The world of transport]. 2018, vol. 16, I. 4 (77), pp. 52–65. (In Russian)
2. Olentsevich V. A., Gozbenko V. E. Avtomatizatsiya vybora bezopasnogo razmeshcheniya i krepleniya gruzov na zheleznodorozhnom transporte [Automation of the choice of safe placement and securing of cargo in railway transport]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technology]. 2013, I. 2 (18), pp. 59–63. (In Russian)
3. Demina N. V., Kukleva N. V., Doronichev A. V. *Transportnye kharakteristiki i usloviya perezovok gruzov na zheleznodorozhnom transporte* [Transport characteristics and conditions for the carriage of goods by rail]. Moscow, 2015. (In Russian)
4. Frantsov D. N., Shipilova Yu. O. *Informatsionnoye vzaimodeystvie ASU gruzootpraviteley s AS ETRAN- Nauka i obrazovanie transport* [Informational interaction of ACS of consignors with AS ETRAN. Science and education transport]. 2016, I. 2, pp. 94–95. (In Russian)
5. Pakina S. A., Sirotkin A. A. Sovremennyye informatsionnyye sistemy kak instrumenty obespecheniya kachestva transportno-ekspeditsionnogo obsluzhivaniya na zheleznodorozhnom transporte [Modern information systems as tools for ensuring the quality of freight forwarding services in railway transport]. *Aktual'nyye voprosy ekonomiki regiona: analiz, diagnostika i prognozirovaniye. Materialy V Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nizhegorodskiy filial MIIT* [Current issues of the regional economy: analysis, diagnosis and forecasting. Materials of the V International Student Scientific and Practical Conference]. 2015, pp. 326–330. (In Russian)
6. Erlikh N. V., Papirovskaaya L. I., Efimova T. B. Elektronnyy tekhnologicheskyy dokumentooborot [Electronic technological document management]. *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Bulletin of transport of the Volga region]. 2010, I. 3 (23), pp. 108–112. (In Russian)
7. Vel'mina A. A., Efimova T. B. Realizatsiya platformennogo podkhoda OAO «RZhD» v sfere gruzovykh perezovok i logistiki [Implementation of the platform approach of Russian Railways in the field of freight transportation and logistics]. *Problemy razvitiya predpriyatiy: teoriya i praktika* [Problems of enterprise development: theory and practice]. 2019, I. 1-2, pp. 216–219. (In Russian)
8. Moskvichev O. V. *Informatsionnyye tekhnologii i informatsionno upravlyayushchie sistemy na magistral'nom transporte* [Information technologies and information management systems on the main transport]. Samara, 2015. (In Russian)
9. Sinitsyna A. S. *Optimizatsiya deyatelnosti terminal'no-skladskogo kompleksa OAO «RZhD» v usloviyakh ispol'zovaniya informatsionnykh i avtomatizirovannykh sistem* [Optimization of the activity of the terminal and warehouse complex of Russian Railways in the context of the use of information and automated systems]. (In Russian)
10. Pokrovskaya O. D. Sostoyaniye transportno-logisticheskoy infrastruktury dlya ugol'nykh perezovok v rossii [State of transport and logistics infrastructure for coal transportation in russia]. *Innovatsionnyy transport* [Innovative transport]. 2015, I. 1 (15), pp. 13–23. (In Russian)
11. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Assessment of transport and storage systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020, vol. 1115 AISC, pp. 570–577.
12. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020, vol. 982, pp. 356–365.
13. Pokrovskaya O. D. O terminologii ob'ektov terminal'no-skladskoy infrastruktury [About terminology of objects of terminal and warehouse infrastructure]. *Mir transporta* [Transport world]. 2018, vol. 16. I. 1 (74), pp. 152–163.
14. Pokrovskaya O. D. Logisticheskaya klassnost' zheleznodorozhnykh stantsiy [Logistic quality of railway stations]. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the Ural State University of Communications]. 2018, I. 2 (38), pp. 68–76. (In Russian)

15. Kurenkov P. V., Veselova Yu. V. Mekhanizmy gosudarstvennogo regulirovaniya razvitiya transportnoy sistemy regiona [Mechanisms of state regulation of the development of the transport system of the region]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie: SB. Otechestvennaya istoriya* [Transport: science, technology, management: SB. National history]. 2006, I. 7, pp. 8–12. (In Russian)
16. Kurenkov P. V., Astaf'ev A. V. Plan meropriyatiy (dorozhnaya karta) po realizatsii programmy organizatsii kontreylernykh perevozok na prostranstve 1520 [Action plan (road map) for the implementation of the program for the organization of piggyback transportation in the area 1520]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie: SB. Rossiyskaya istoriya* [Transport: science, technology, management: SB. Russian history.]. 2015, I. 11, pp. 84–92. (In Russian)
17. Persianov V. A., Metelkin P. V., Fedorov L. S., Kurenkov P. V., Bednyakova E. B., Sysoeva E. A., Proshkina E. S., Kravchenko M. V., Zavarzaeva N. V., Ignatova Ya. S., Dranchenko Yu. M. Proekt "Gorodskie zheleznnye dorogi Rossii" [Project "Urban railways of Russia"]. *Vestnik transporta* [Bulletin of transport]. 2014, I. 5, pp. 2–10. (In Russian)
18. Baritko A. L., Kurenkov P. V. Organizatsiya i tekhnologiya vneshnetorgovykh perevozok [Organization and technology of foreign trade transportation]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway transport]. 1998, I. 8. (In Russian)
19. Boronenko Yu. P., Dauksha A. S. *Vybor konstruktivnykh resheniy ustroystv krepeleniya konteynerov i s'emnykh kuzovov na zheleznodorozhnykh platformakh* [The choice of design solutions for fastening devices for containers and swap bodies on railway platforms]. (In Russian)
20. Prokof'ev M. N. Covershenstvovanie tekhnologii uskorennykh gruzovykh perevozok zheleznodorozhnym transportom [Improving the technology of accelerated freight transportation by rail]. *Rossiyskiy universitet transporta (MIIT)* [Russian University of Transport (MIIT)]. Moscow, 2018. (In Russian)
21. *Rasporyazhenie OAO «RZhD» ot 20 noyabrya 2020 g. No 2554/r. ob «Obespechenii pri perezovke gruzhenykh i porozhnykh konteynerov na vagonakh v sostave konteynernogo poezda»* [Order of Russian Railways OJSC dated November 20, 2020 No. 2554/r. on "Provision for the transportation of loaded and empty containers on wagons as part of a container train"]. (In Russian)
22. Nutovich V. E. Avtomatizirovannoe nachislenie platy za nakhozhdenie vagonov na infrastrukture zheleznodorozhnogo transporta obshchego pol'zovaniya [Automated calculation of fees for the presence of wagons on the infrastructure of public railway transport]. *Nauka i tekhnika transporta* [Science and technology of transport]. 2018, I. 2, pp. 38–45. (In Russian)
23. Galkina Ya. K. Perspektivy razvitiya uskorennykh konteynerykh poezdov [Prospects for the development of accelerated container trains]. *Konkurentosposobnost' territoriy. Materialy XXIII Vserossiyskogo ekonomicheskogo foruma molodykh uchenykh i studentov* [Competitiveness of territories. Materials of the XXIII All-Russian Economic Forum of Young Scientists and Students.]. Ekaterinburg, 2020, pp. 163–166. (In Russian)
24. Avtomonova L. Yu. Prognozirovaniye ob'emov konteynerykh perevozok s ispol'zovaniem ekonometricheskikh modeley [Forecasting the volume of container traffic using econometric models]. *Sistemnyy analiz i logistika* [System analysis and logistics]. 2018, I. 1 (16), pp. 60–69. (In Russian)
25. Ivlieva K. V. Telegramma №4971/TsFTO ot 9.03.2018 g. [Telegram No. 4971/TsFTO dated March 9, 2018]. *Logistika - evraziyskiy most. materialy KHI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Logistics — the Eurasian bridge. materials of the XI international scientific-practical conference]. 2016, pp. 223–228. (In Russian)

Received: July 20, 2022

Accepted: September 1, 2022

Author's information:

Maria V. SHEVERDOVA — Postgraduate Student;

maria.bayern2017@yandex.ru,

Oksana D. POKROVSKAYA — Dr. Sci. in Engineering,

Professor, Acting Head; insight1986@inbox.ru

Maksim A. MARCHENKO — Postgraduate Student;

maks.marchenko1998@mail.ru,

Vladimir V. SHCHERBAKOV — Dr. Sci. in Economics,

Professor, Head of Department; shefainn@yandex.ru