

O. N. CHISLOV, A. M. ILIN, O. I. VEREVKINA

CALCULATION OF THE NORMS OF IMMOBILISATION OF TRAINS ON RECEIVING AND DEPARTURE STATION TRACKS UNDER VARIABLE PARAMETERS OF ROLLING STOCK AND PROFILE ELEVATION

The ways of improving the method of calculating the norms of rolling stock immobilization on station tracks with variable elevation profile for heterogeneous rolling stock are considered. The main problems of freight trains immobilization are identified. Significant differences between the conventional length of immobilized trains and the real number of cars are stated. The authors have developed a scheme for calculating the norms for rolling stock immobilizing, which makes it possible to improve the accuracy of calculations, the visibility of the results and the safety of station-based technological processes.

Получено 13.11.2018.

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2019**

УДК 656.22 + 06

O. N. ЧИСЛОВ, А. С. КРАВЕЦ

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

o_chislov@mail.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗЕРНОВЫХ ГРУЗОВ

Рассматривается транспортно-технологическая система организации перевозок зерновых грузов на полигоне Северо-Кавказской железной дороги. На основании АВС-анализа произведено ранжирование элеваторов по емкости и производительности для выявления возможностей их консолидации и более эффективного использования в транспортных процессах. С помощью гравитационной модели произведено объединение малых элеваторов с более крупными. В результате исследования введен показатель динамики грузовой массы, позволяющий группировать элеваторы в зависимости от поставленной задачи при организации перевозок зерновых грузов.

Развитие отраслей промышленности ставит перед транспортной наукой всё больше задач по рациональному перемещению различных родов грузов и эффективному использованию имеющихся мощностей инфраструктуры. Традиционно для России важной отраслью остается сельское хозяйство, производящее зернопродукты. Отметим, что зерновые грузы являются не

только важным стратегическим продуктом, но и одним из товаров, успешно экспортируемым в больших объемах (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 – Ресурсы и использование зерна (без продуктов переработки) по Российской Федерации [1]

В миллионах тонн

Показатель	Период						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Январь – март 2018
<i>Ресурсы</i>							
Запасы на начало года	59,0	43,1	52,6	60,2	64,8	77,2	88,7
Производство (валовой сбор в весе и после доработки)	70,9	92,4	105,3	104,8	120,7	135,4	–
Импорт	1,2	1,5	0,9	0,8	1,0	0,7	0,2
Итого ресурсов	131,1	137,0	158,8	165,8	186,5	213,3	88,9
<i>Использование</i>							
Производственное потребление	20,5	20,0	21,0	20,9	22,4	23,5	3,3
Потери	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	1,2	0,2
Экспорт	22,5	19,0	30,1	30,7	33,9	43,3	12,6
Фонд потребления	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Запасы на конец года	43,1	52,2	60,2	64,8	77,2	88,7	59,3

Инфраструктурная цепочка, обеспечивающая доставку зерновых грузов от производителя к потребителю, в том числе в порты для осуществления погрузки на экспорт, включает в себя базисные, перевалочные, фондовые, производственные, портовые, линейные и другие типы элеваторов, с помощью которых осуществляется сушка, сортировка, хранение, накопление, перевалка с одного вида транспорта на другой. Отметим, что на полигоне Северо-Кавказской железной дороги располагаются глубоководные порты Новороссийск и Туапсе, а также малые порты Азово-Черноморского бассейна, через которые осуществляется большой объем экспорта зерна (таблица 2). Для бесперебойной работы портов необходима четкая организация подвода грузов и формирование судовых партий на подходах к ним.

Повышение эффективности функционирования транспортно-технологических систем для зерновых грузов предполагает рациональное размещение различных видов элеваторов, а также повышение качества их работы в пределах конкретных логистических цепочек для того или иного транспортного процесса. Причем, например, логистические цепочки для экспорта и импорта зерновых грузов в части использования различных типов элеваторов существенно отличаются (рисунок 1).

Мощность элеватора определяется большим количеством различных факторов, среди которых важными при формировании транспортного процесса являются интенсивность и возможность погрузки-выгрузки различными видами транспорта, емкость хранилищ E и срок хранения зерна $T_{\text{хр}}$.

Т а б л и ц а 2 – Прогноз экспорта зерна в 2017–2018 гг. [2]

В тысячах тонн

Порт (погранпереход)	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2017–2018, %
Малые порты АЧБ	10636	10698	11300	+6
Новороссийск	9781	12241	17200	+41
Туапсе	2183	1557	2700	+73
Тамань	3284	3296	3850	+17
Кавказ	2732	3019	3850	+28
Порты Балтики	1866	1489	2100	+41
Шиповка, Светлый (КЛГ)	1025	822	1100	+34
Порты Прибалтики	841	666	1000	+50
Азербайджан, Грузия	1232	1424	1550	+9
Порты Каспия	1254	1122	2050	+83
Порты Крыма	249	222	240	+8
Прочие направления	693	356	1250	+251
<i>Итого</i>	33910	35423	46090	+30



Рисунок 1 – Транспортно-технологическая цепочка импорта и экспорта зерна:
а – импорт; б – экспорт

Отметим, что наиболее длительным сроком хранения зерна обладают фондовые и линейные элеваторы (рисунок 2).

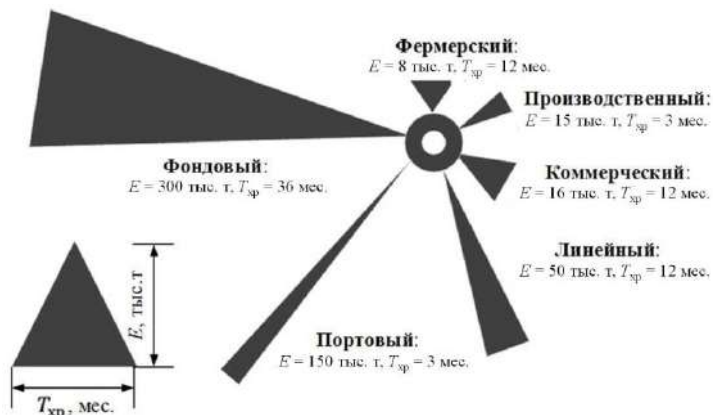


Рисунок 2 – Распределение элеваторов по типам, показателям емкости и длительности хранения зерна

Для организации эффективных цепей поставок кроме непосредственно транспортно-логистических особенностей маршрута необходимо оценить инфраструктурные возможности транспортной системы, которым относятся емкость хранилищ элеваторов, задействованных в конкретном транспортном процессе, их производительность, пропускные способности участков и направлений. Указанные особенности инфраструктуры определяют возможности хранения и предел интенсивности погрузки-выгрузки зерновых грузов, срок транспортировки, что, в свою очередь, определяет характеристики длительности операций, включаемых в логистические транспортные цепочки.

Рассмотрим инфраструктурные особенности транспортировки зерновых грузов Южного региона России. Целью данного исследования является выявление элеваторов (накопительных мощностей), на базе которых возможно создание транспортных зерновых кластеров для организации экспортных перевозок зерновых грузов. Задачи исследования включают ранжирование элеваторов, расположенных на полигоне СКЖД, выявление факторов, определяющих функциональные перспективы зернохранилищ в планируемых цепях поставок, выявление наиболее подходящих для цели исследования объектов инфраструктуры. Решение поставленных задач обеспечивается методами АВС-анализа, выборочным, гравитационным Шеффлера – Вебера и сравнения.

Известно, что в пределах Северо-Кавказской железной дороги, включающей несколько регионов, которые являются крупными производителями зерновых на территории Российской Федерации, расположено большое количество элеваторов различной мощности (рисунок 3). Разнообразие, количество и распыленность элеваторов представляют сложность при выборе наиболее эффективных пунктов накопления груза для последующей его транспортировки в адрес глубоководных и малых портов Юга России, распределения функций с точки зрения их влияния на величину транспортного потока.

Расчетная выборка состоит из сведений о 102 элеваторах, расположенных на полигоне Северо-Кавказской железной дороги и имеющих железнодорожные подъездные пути емкостью от 42 до 300 тыс. т производительностью 360–3180 т/сут (рисунки 4, 5).

Установлено, что зернохранилища большой емкости при небольшой производительности фронтов погрузки позволяют обеспечить длительное хранение партий зерна при малой транспортной подвижности груза, а элеваторы, имеющие большую производительность, оказывают значительное влияние на интенсивность и плотность грузопотоков транспортной сети при их слабой концентрации.

Для выявления наиболее перспективных с точки зрения транспортной логистики элеваторов выполнен соответствующий АВС-анализ [3]. В ходе исследования выявлена независимость параметров производительности и

емкости элеваторов. Чтобы учесть обе указанные характеристики элеваторов, ранжирование с помощью АВС-анализа проведено отдельно по емкости и производительности (таблица 3).

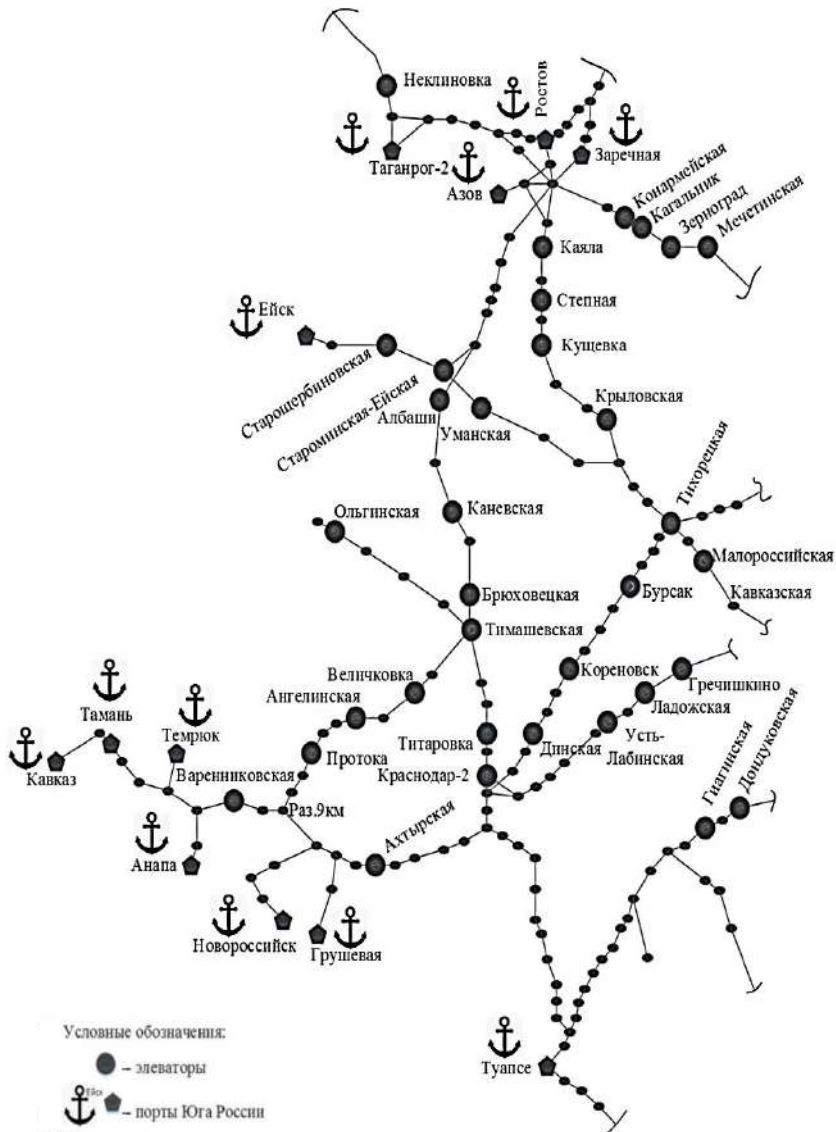


Рисунок 3 – Размещение элеваторов на выделенном полигоне Северо-Кавказской железной дороги

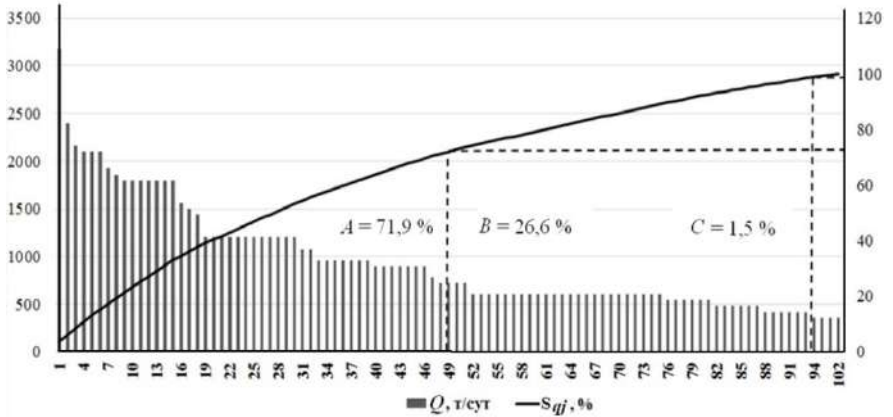


Рисунок 4 – ABC-анализ элеваторов по производительности

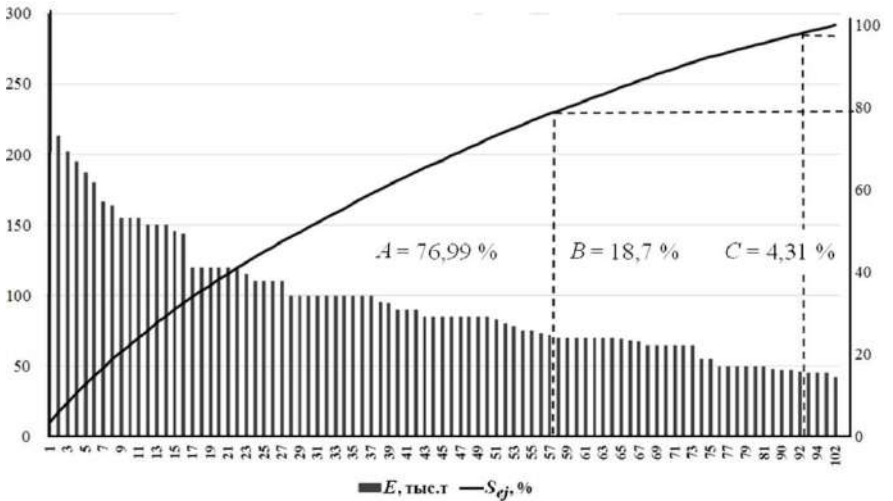


Рисунок 5 – ABC-анализ элеваторов по емкости

В результате ABC-анализа элеваторы разделены на группы: A – крупнейшие и крупные элеваторы; B – средние; C – малые элеваторы. В группе A определились две подгруппы, границу между которыми предлагается определить по наибольшей разнице между соседними значениями выборки:

$$\Delta E_i = E_i - E_{i+1}$$

или

$$\Delta Q_i = Q_i - Q_{i+1},$$

где ΔE_i , ΔQ_i – разница между соседними значениями выборки емкости и производительности соответственно; E_i – емкость i -го элеватора; Q_i – производительность транспортного оборудования i -го элеватора.

Т а б л и ц а 3 – *ABC-анализ элеваторов на полигоне СКЖД по производительности*

Местоположение элеватора на полигоне (станция)	Критерий классификации Q , т/сут	Удельный вес q_j , %	Нарастающий итог, Sq_j , %	Классификационная группа
<i>По производительности</i>				
Белоглинская	3180	3,43	3,43	<i>A</i>
Зеленокумск	2160	2,33	5,76	<i>A</i>
Буденновск	2100	2,27	8,03	<i>A</i>
Крыловская	2100	2,27	10,29	<i>A</i>
...
Георгиевск	720	0,78	72,02	<i>B</i>
Старомарьевская	720	0,77	72,79	<i>B</i>
Сулин	720	0,77	73,57	<i>B</i>
Андреедмитриевка	600	0,65	74,22	<i>C</i>
Варениковская	600	0,64	74,87	<i>C</i>
...
Красная Гвардия	360	0,39	100	<i>C</i>
<i>По емкости</i>				
Целина	300	3,48	3,48	<i>A</i>
Благодарное	213	2,47	5,94	<i>A</i>
Белоглинская	202	2,34	8,29	<i>A</i>
Ипатово	195,1	2,26	10,56	<i>A</i>
...
Прохладная	78	0,90	75,01	<i>B</i>
Пролетарская	75	0,86	75,88	<i>B</i>
Черкесск	75	0,87	76,75	<i>B</i>
Тихорецкая	73	0,85	77,60	<i>C</i>
Уманская	71,7	0,83	78,43	<i>C</i>
...
Гулькевичи	42	0,49	100	<i>C</i>

Для сокращения объема выборки исследуемых объектов и формирования классификационной схемы зерновых кластеров предлагается малые элеваторы группы *C* объединить с крупными групп *A* и *B*. С этой целью использована соответствующая модификация гравитационных моделей Шеффле – Вебера [4].

Для характеристики меры «тяготения» элеваторов используем дробно-степенную функцию гравитационной модели

$$W_{ij} = \alpha \frac{\sum_1^i Q_i \sum_1^j Q_j}{l_{ij}^2},$$

или

$$W_{ij} = \alpha \frac{\sum_1^i E_i \sum_1^j E_j}{l_{ij}^2},$$

где W_{ij} – величина транспортного потока между объектами транспортно-технологической системы, Q_i, Q_j – производительность транспортного обслуживания i -го и j -го элеваторов, l_{ij} – расстояние между i -м и j -м элеваторами, E_i, E_j – емкости i -го и j -го элеваторов, α – коэффициент пропорциональности, который определяется по формуле

$$\alpha = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}$$

или

$$\alpha = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}.$$

Чем больше величина показателя W_{ij} , тем устойчивее транспортные связи между элеваторами. Пример расчета показателя «тяготения» представлен в таблицах 4 и 5.

Т а б л и ц а 4 – Величины гравитационных связей зернохранилищ для объединения объектов группы С (расчет по производительности)

Станция отправления	Станция тяготения					
	Каневская	Старо-минская	Уманская	Каяла	Конар-мейская	Неклиновка
Албаши	367,35	864	42,81	4,99	4,55	3,72
	Лихая	Сулин	Шахтная			
Зверев	281,25	349,03	54,69			
	Старо-минская					
Старощербиновская	495,87					
	Ангелинская	Тима-шевская				
Величковка	803,31	426,03				
	Шахтная	Каяла	Конар-мейская	Старо-минская	Албаши	Неклиновка
Хотунок	58,33	11,52	9,64	15,41	1,87	5,14

В тоннах в сутки на км²

Т а б л и ц а 5 – Величина гравитационных связей зернохранилищ для объединения объектов группы С (расчет по емкости)

В тысячах тонн на км²

Станция отправления	Станция тяготения				
	Передовая	Темижбекская			
Расшеватка	4,44	1,1			
	<i>Матвеев Курган</i>				
Успенская	8,53				
	<i>Лихая</i>	<i>Тацинская</i>			
Васильевский	0,71	1,01			
	<i>Ахтырская</i>	Протока			
Варениковская	0,89	0,32			
	Тимашевская	<i>Ангелинская</i>			
Величковка	4,44	7,18			
	<i>Прохладная</i>	Наурская			
Докшукино	1,18	0,145			
	<i>Степная</i>	Конармейская	Неклиновка	Албаши	Старо-минская
Каяла	4,8	0,43	0,192	0,07	0,22
	<i>Кавказская</i>	Расшеватка			
Темижбекская	3,36	1,101			
	<i>Шептуховка</i>				
Чертково	3,69				
	<i>Лихая</i>	Шахтная	<i>Сулин</i>		
Зверев	0,69	0,607	3,6		
	<i>Степная</i>	Крыловская			
Кущевка	4,13	1,5			
	<i>Каменная</i>	Васильевский	Зверев	Сулин	Шахтная
Лихая	2,26	0,71	0,69	0,703	0,27
	<i>Мальчевская</i>	Тарасовка			
Миллерово	2,89	2,25			

В таблицах 4 и 5 курсивом выделены станции с максимальным показателем «тяготения».

Анализ гравитационных связей показал наиболее эффективные варианты объединения малых элеваторов (группа С) с более крупными (таблица 6).

На основе объединения зернохранилищ (элеваторов) выполнен сравнительный анализ полученных групп. По соотношению емкости к производительности все исследуемые элеваторы можно разделить на три группы: равные, по емкости выше, чем по производительности; по емкости ниже, чем по производительности.

Таблица 6 – Результаты скорректированного ABC-анализа элеваторов

Показатель	Группа			
	А		В	С
	Крупнейшие	Крупные	Средние	Малые
Емкость, тыс. т	120–300	70–115,8	42–69	20–40
Производительность, т/ч	1440–3180	720–1200	360–600	180–300

Для выделения потенциальных зерновых кластеров (узлов) на базе элеваторов зерновых грузов предлагается использовать элеваторы, которые имеют одинаковые группы, присвоенные в результате ABC-анализа по емкости и производительности, а также те, которые относятся к крупнейшим и крупным. В число таких элеваторов, вошли зернохранилища, расположенные на железнодорожных станциях Ангелинская, Белоглинская, Благодарное, Ипатово, Целина. Крупные элеваторы расположены на железнодорожных станциях Атаман, Ея, Каневская, Коноково, Кума, Курсавка, Лабинская, Малороссийская, Маслов Кут, Моздок, Морозовская, Ремонтная, Сулин, Тимашевская, Трубецкая.

При организации перевозок зерновых грузов особое значение имеет факт сезонности и колебание цен на мировом рынке зерна. В момент повышения цены на зерно резко увеличивается количество заявок на перевозку зерновых грузов. По причине требуемой оперативности организации перевозок зерна на экспорт для хранения партий зерна желательно использовать элеваторы с большой емкостью и производительностью.

Предлагаемый показатель величины динамики грузовой массы определяется коэффициентом $k_{\text{ДМ}} = E_i / Q_i$, который позволяет рассчитать параметры элеваторов с необходимой пропорцией емкости E и производительности Q . Для различных элеваторов рассчитаны значения динамики грузовой массы (рисунок 6).

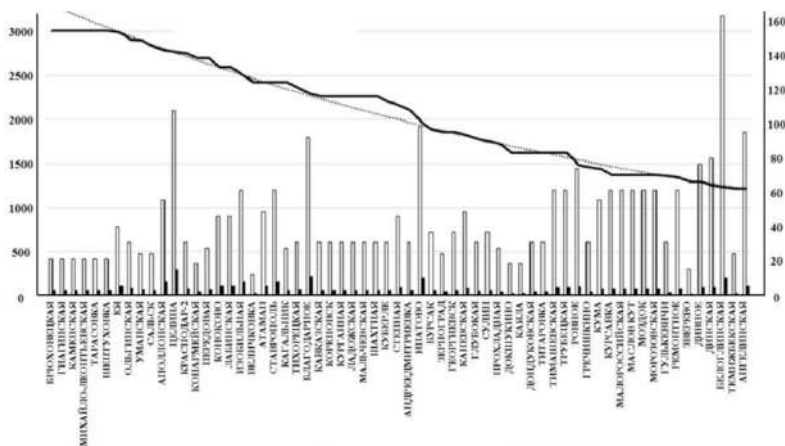


Рисунок 6 – Динамика грузовой массы элеваторов

Сплошной линией на рисунке 6 показана зависимость $k_{\text{дгм}}$ от E и Q , пунктирной – соответствующая сглаженная экспоненциальная кривая. В результате получено, что при

$$\begin{aligned}k_{\text{дгм}(\text{min})} f(E, Q) &= 62,25, \\k_{\text{дгм}(\text{max})} f(E, Q) &= 154,76\end{aligned}$$

большая часть элеваторов имеет по ABC-анализу группы, совпадающие или по емкости выше, чем по производительности.

Таким образом, для анализа инфраструктуры зернохранилищ при организации железнодорожных перевозок необходимо комплексное исследование нескольких определяющих факторов: емкости, производительности и динамики грузовой массы. Это позволит выделить соответствующие региональные области концентрации груза, являющиеся специфическими зерновыми кластерами, и исследовать их с точки зрения транспортно-технологических особенностей организации экспортных перевозок на припортовые грузовые станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gks.ru>. – Дата доступа : 20.10.18.

2 Рубинчик, Е. Рынок железнодорожных перевозок зерна и инфраструктура. Вторая половина сезона рекордов // Зерно России : II сельскохозяйственный форум [Электронный ресурс] / Е. Рубинчик. – Краснодар. – Режим доступа : [http:// www.rusagrotrans.ru/upload/](http://www.rusagrotrans.ru/upload/) Форум. – Дата доступа: 20.10.18.

3 Логистика / В. В. Дыбская [и др.]. – М. : Эксмо, 2013. – 944 с.

4 Числов, О. Н. Модифицированный гравитационный метод в размещении распределительных терминалов портовых железнодорожных транспортно-технологических систем / О. Н. Числов, В. Л. Люц // Инженерный вестник Дона. – 2012. – Т. 23. – № 4–2 (23). – С. 82.

O. N. CHISLOV, A. S. KRAVETS

EFFICIENCY INCREASE ISSUES OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS FOR GRAIN FREIGHT FORWARDING

The transport and technological system for organizing the transportation of grain freight in the area of the North Caucasus Railway is considered. Based on the ABC analysis, the elevators were ranked by capacity and productivity to identify the options for their consolidation and more efficient use in transport processes. Using the gravity model, small elevators were combined with larger elevators. As a result of the study, an indicator of the dynamics of the freight volume was introduced, which allows to group the elevators, depending on the task, when organizing the grain freight transportation.

Получено 22.11.2018.