



УДК 629.4.014.3

EVALUATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL CYCLE OF AGGLOMERATE CARRIAGE AND DEVELOPMENT OF PROPOSALS ON ITS IMPROVEMENT**ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПЕРЕВОЗКИ АГЛОМЕРАТА И РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ**

Voropai V.S. / Воропай В.С.

с.т.с./к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5831-3120

Priazovskiy State Technical University, Mariupol, vul. Universitetskaya, 7, 87500

Приазовский государственный технический университет,

Мариуполь, ул. Университетская, 7, 87500

Аннотация. В статье выполнен анализ проблематики транспортно-технологического цикла перевозки агломерата и возможные пути решения многочисленных проблем, возникающих за полный цикл от момента приема порожнего железнодорожного состава с агломератом на станции аглофабрики металлургического комбината. Предложен алгоритм комплексной оценки эффективности перевозки агломерата путем определения потерь времени во время транспортной работы железнодорожного состава и, соответственно, выявления недостатков существующей транспортной технологии.

Ключевые слова: Агломерат, транспортная работа, транспортная технология, транспортно-технологический цикл, логистическая цепь.

Вступление.

На сегодняшний день крупные металлургические предприятия характеризуются значительными объемами выпуска продукции, достигающими 5-6 млн. тонн в год, а их транспортноёмкость составляет от 4-5 до 10-12 тонн материальных ресурсов на тонну продукции. Инвентарный парк вагонов для внутренних перевозок составляет более 1000 единиц. Железнодорожные перевозки обеспечивают транспортировку около 80 % от общего объема сырья, полуфабрикатов, готовой продукции [1].

Как правило, вагонный парк металлургического комбината состоит из крытых вагонов, платформ, полувагонов, цистерн, вагонов изотермических и специального назначения. Наиболее массовыми являются маршруты, на которых эксплуатируются платформы и полувагоны различных типов. Среди разновидностей полувагонов наибольшая доля приходится на вагоны-хопперы различного назначения, которые должны обеспечивать своевременную и бесперебойную доставку сырья для доменного производства.

Одним из основных производств на металлургических предприятиях является аглодоменный передел, результат работы которого – литейный и передельный чугун, один из главных и востребованных продуктов металлургических предприятий. Своевременная подача агломерата к бункерам доменного цеха обеспечивает непрерывность производственного процесса и соответствие технологическому регламенту основного производства.

Доставка агломерата является одним из наиболее массовых грузопотоков на металлургических предприятиях полного цикла. Непрерывность производственного процесса круглосуточно обеспечивает рабочий парк



вагонов-хопперов для перевозки агломерата. По данным одного из крупных металлургических предприятий, объемы производства агломерата достигают 11,86 млн. т/год (33,5 тыс. т/сутки). Рабочий парк вагонов-хопперов должен иметь высокие показатели коэффициента технической готовности, а также других показателей надежности, быть адаптивным к изменяющимся потребностям производства, чтобы обеспечивать высокотехнологичный процесс перевозки агломерата. На сегодняшний день для обеспечения перевозки такого объема агломерата инвентарный парк вагонов-хопперов вагонов состоит из 300 единиц, рабочий парк составляет порядка 245 единиц, с учетом вагонов, внепланово находящихся в ремонте.

На примере одного из крупных металлургических предприятий по эксплуатации этих типов вагонов можно сделать вывод: 5% рабочего парка ежедневно пребывает в текущем ремонте на пунктах технического обслуживания комбината. Так, из 269 вагонов-хопперов, находящихся в собственности комбината, 14 вагонов по различным техническим причинам не может обеспечивать перевозку агломерата. Исходя из среднесуточной производительности агломерата для доменного цеха комбината – 14795 т/сутки, 770 т/сутки не догружается. Происходит накопление и простой вагонов на станции аглофабрики.

В 95 % случаях срок эксплуатации вагонов-хопперов достигает двойного назначенного срока их службы, а в 5-ти % случаях – тройного (Рис.1). Такая статистика подтверждается ведомостями инвентарного парка металлургического предприятия: 256 вагонов из 269 - 1990 – 1995 гг.вв. и имеют назначенный заводом-изготовителем срок службы равный 15 годам. Для вагонов, курсирующих не только на путях промышленного железнодорожного транспорта, а имеющих право выхода на магистральные пути, продлеваемый срок эксплуатации должен быть не более полуторного назначенного срока службы [2]. Как показала практика, согласно проводимым ранее исследованиям [3], эксплуатация вагонов с продленным сроком эксплуатации имеет технико-экономическое обоснование на довольно незначительный срок, который гораздо меньше, чем полуторный срок службы. Следовательно, ремонтно-восстановительные воздействия, выполняемые свыше такого срока, нерентабельны для предприятия.

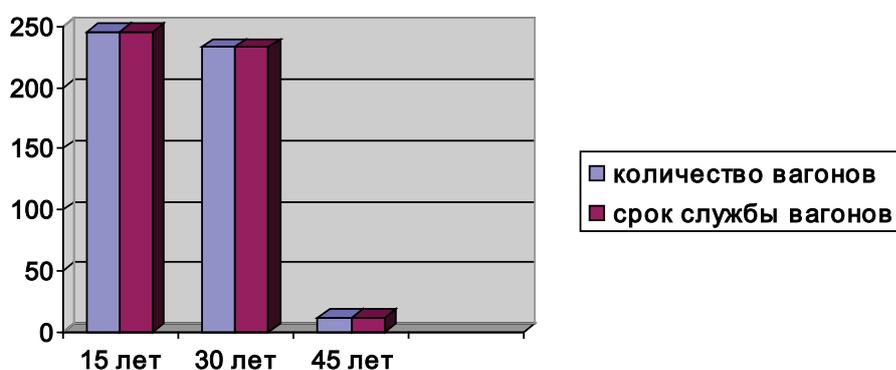


Рис.1. Диаграмма по статистике сроков эксплуатации вагонов-хопперов парка металлургического предприятия



Главным и неоспоримым условием при перевозке агломерата является обеспечение безопасности такой перевозки. Маршрут характеризуется особой напряженностью, за один оборот перевозится более 1000 т горячего агломерата, температура перевозимого агломерата достигает 700 °С. Как показала практика, маршруты, формируемые на станции отправления «Аглофабрика», в 90 % случаях отправляются с превышением грузоподъемности на 5%, а в некоторых случаях – более, чем на 10 %. В результате экстренного торможения поезда происходит выпадение агломерата из вагона.

Остро стоит вопрос об обновлении парка. Однако, учитывая низкий уровень темпов вагоностроения в стране, ограниченность средств оборотного капитала предприятия на закупку импортных вагонов и сложную экономическую ситуацию, актуальным становится рациональный подход к выполнению технического обслуживания и ремонта вагонов.

В таких условиях резко возрастает значение качества капитального ремонта, ведь от качества выполнения этого ремонта зависит сокращение частоты и затрат на плановые и текущие ремонты, а также количество внеплановых ремонтов.

К самым дорогостоящим элементам конструкции вагона относятся основные элементы несущей конструкции, а для вагонов-хопперов, в первую очередь, износу подвержены листы обшивы кузова. Таким образом, решение задач, связанных с сокращением затрат на ремонт и улучшением его качества, сводится к увеличению срока службы материала кузова путем применения качественных сталей, сокращению затрат на энергоресурсы, высвобождению рабочей силы и упрощению сложных трудоемких операций путем механизации и автоматизации процесса ремонта.

Также, немаловажным фактором повышения надежности и безотказной работы подвижного состава являются правильные условия эксплуатации. А именно – ликвидация нарушений условий погрузки/выгрузки, где зачастую и деформируется кузов, элементы разгрузочного устройства.

Таким образом, основные проблемы транспортного обслуживания аглодоменного передела заключаются в обеспечении готовности парка вагонов выполнять заданные функции в нужный момент времени, а также в расходе времени, трудозатрат, энергетических затрат, денежных затрат на управление этой перевозкой.

Актуальным становится поиск путей для решения многочисленных проблем транспортно-технологического цикла перевозки агломерата.

В результате исследования проблем процесса перевозки агломерата на металлургическом предприятии как одного из основных транспортных процессов на предприятиях полного цикла была сформирована схема причинно-следственной взаимосвязи возникновения тех или иных проблем (Рис. 2).

Исследования и публикации по теме.

Среди многочисленных научных работ, в которых нашли отражение результаты исследований ресурсных возможностей парков железнодорожного транспорта, вопросы его рационального жизненного цикла, практически нет



Рис.2. Причинно-следственная взаимосвязь возникновения проблем в транспортно-технологическом процессе перевозки агломерата

обоснований надежности и экономичности в эксплуатации специализированных вагонов-хопперов, что подтверждает нерациональное использование ресурсов этого вида транспорта и требует дальнейшего изучения и оптимизации.

Современные научные разработки, такие как системы оперативного планирования и контроля движения материального потока, описываемые в [4], предполагают абсолютную интеграцию транспорта в производственный процесс, синхронизацию всех звеньев логистической цепи на основе применения логистических информационных систем. Такой подход к управлению материальными потоками на предприятиях, функционирующих по принципам, определенным еще в середине 20 века, сегодня практически не используется.

Исследованиям эффективности функционирования железнодорожного транспорта металлургического предприятия, эффективности управления вагонопотоками, оптимизации ремонтных циклов посвящены научные труды таких ученых, как [5,6,7] В работе [6] предложена концепция совершенствования системы управления перевозками на промышленных



предприятиях, а также определены приоритетные направления научных исследований, что подтверждает актуальность решения проблем, обозначенных в настоящей статье.

В целом, проведенный анализ литературных источников дает основание считать, что развитие теории и методов повышения эффективности системы транспортного обслуживания агломерационных фабрик металлургических предприятий пока еще не получило развития.

Целью статьи являлась оценка транспортно-технологического цикла (далее – ТТЦ) перевозки агломерата и разработка предложений по его улучшению.

Основной текст.

Согласно проведенным исследованиям [8], эффективность транспортного обслуживания цехов металлургических предприятий зависит от их дальности расположения по отношению друг к другу, удобства подъезда к выгрузочным фронтам, сложности маневровой работы на станциях, работы вспомогательных технических устройств для осуществления грузовых операций. Сегодня планировочные решения металлургических промышленных предприятий, построенных в течение двадцатого столетия прошлого века, создают условия для неэффективного транспортного обслуживания по множеству таких причин, как: расположение производств на большом расстоянии, что влияет на повышение цены транспортной составляющей всего перевозочного процесса; создание громоздких железнодорожных станций, которые являются не только транспортными узлами для обслуживания производств, но и существующей проблемой по решению вопросов их пропускной способности и минимизации расходов на содержание таких технических сооружений; потери времени из-за простоя железнодорожных вагонов в ожидании на путях отстоя железнодорожных станций, формирования (расформирования) поездов, недостаточное количество технических средств для выгрузки вагонов, а также множество других причин, вызванных человеческим фактором из-за отсутствия автоматизации многих процессов по обслуживанию материалопотоков. Следует особо отметить, что нерациональные решения и ошибки по генеральному плану больших металлургических комплексов, в случае их реализации, практически невозможно исправить. Таким образом, возникает задача повышения эффективности управления материалопотоками в существующих условиях.

Для того, чтобы определить «узкие места» в ТТЦ перевозки агломерата воспользуемся методикой, суть которой изложена в [9]. Для достижения поставленной цели необходимо на основе анализа процессов ТТЦ, уже выполненного в [10], необходимо предложить алгоритм комплексной оценки эффективности перевозки агломерата.

Существующая технология перевозки агломерата – это непрерывный процесс, состоящий из множества операций и этапов. Если взять только этап погрузки, то он может являться суммой операций: подача вагонов на погрузочный путь №1, подача вагонов на параллельный погрузочный путь №2, подталкивание вагонов в процессе погрузки агломерата, уборка груженых вагонов с погрузочных путей №1, №2. Эти операции можно декомпозировать



на операции по отцепке (прицепке) маневрового и районного локомотивов, информационный обмен между составителями и диспетчерами, машинистами. Такая же декомпозиция существует и на других этапах [10] цикла. Особенностью этой перевозки является то, что за сутки математическое ожидание времени цикла полного оборота одного железнодорожного состава с агломератом составляет 11,1 часа с дисперсией в 2,9 часа, при этом коэффициент вариации равен 0,25, а нормативное время для цикла по данным одного из металлургических предприятий составляет 8 часов для обеспечения плановой работы аглодоменного передела. Такие показатели свидетельствуют о разности во времени для одних и тех же операций, выполняемых в разные циклы. Принимаем, что один и тот же железнодорожный состав с агломератом выполняет за сутки 2 полных цикла, а каждый из этих циклов имеет свои параметры транспортной работы. Для того, чтобы оценить транспортную работу вагонов-хопперов, введем ее параметры в границах одного ТТЦ. Помимо этого, задача повышения эффективности ТТЦ будет многопараметрической. В данной работе рассматривается элементарный процесс цикла – погрузка и его основные параметры. Определим параметры: скорость погрузки $V^{\Pi} \{V^{\Pi}_1, V^{\Pi}_2\}$, использование грузоподъемности вагона $Q^{\Gamma} \{Q^{\Gamma}_1, Q^{\Gamma}_2\}$, общее время цикла $T^{\Pi} \{T^{\Pi}_1, T^{\Pi}_2\}$. С учетом этого, транспортная работа железнодорожного состава с агломератом за сутки определится как [9]:

$$A_p^c = \sum_1^n Q_i^{\Gamma} V_i^{\Pi} T_i^{\Pi}, \text{ ткм} \quad (1)$$

где i – порядковый номер цикла, n – количество циклов.

Очевидно, что с увеличением числа независимых параметров выражение (1) адекватно.

Для комплексной оценки ТТЦ необходим выбор системы показателей для определения эффективности существующей технологии перевозки агломерата. Когда известны величина номинальной транспортной работы A_p^H и расчетная величина A_p^P , то можно определить расчетный коэффициент использования номинальной транспортной работы [9]:

$$K_p^P = \frac{A_p^P}{A_p^H} \quad (2)$$

Определить показатель эффективности использования транспортного средства по транспортной работе можно по формуле [9]:

$$\lambda_p = \frac{A_p^{\Phi}}{A_p^P} = \frac{K_p^{\Phi}}{K_p^P} \quad (3)$$



Удельная транспортная работа, характеризующая величину транспортной работы на единицу транспортной мощности [9]:

$$\tau_p = \frac{A_p}{P_H} = K_p \cdot T_c, \text{ ч} \quad (4)$$

Поскольку из выражения (4) следует, что $A_p = \tau_p \cdot P_H$, то показатель эффективности по транспортной работе при раскрытии формулы (3) выразится следующим образом [9]:

$$\lambda_p = \frac{A_p^\Phi}{A_p^P} = \frac{\tau_p^\Phi \cdot P_H}{\tau_p^P \cdot P_H} = \frac{\tau_p^\Phi}{\tau_p^P}, \quad (5)$$

где τ_p^Φ – фактическое значение времени полезного использования номинальной транспортной мощности в течение суток; τ_p^P – расчетное значение времени полезного использования номинальной транспортной мощности в течение суток.

По расчетам удельной транспортной работы можно определить потери перевозочных технологий по различным параметрам, в том числе и по технологическим свойствам транспортных машин.

Определение значений τ осуществляется согласно выражениям (4), [9]:

$$\tau = K_A \cdot T_{\text{сум}} = \frac{Q \cdot V \cdot T}{Q_H \cdot V_H \cdot T_C}, \text{ ч} \quad (6)$$

Ниже приведены выражения для определения величин времени полезного использования номинальной транспортной мощности

Максимальное значение τ за сутки [9]:

$$\tau_c = \frac{Q_H \cdot V_H^T \cdot T_C}{Q_H \cdot V_H^T \cdot T_C} \cdot T_C = T_C, \text{ ч} \quad (7)$$

Величина τ в течение суток [9]:

$$\tau_{\text{с}}^P = K_{\text{с}} \cdot \tau_c = K_{\text{с}} \cdot T_C = \frac{T_{\text{с}}}{T_c} \cdot T_C = T_{\text{с}}, \text{ ч} \quad (8)$$

за эксплуатационное время [9]

$$\tau_{\text{см}}^P = K_{\text{см}} \cdot \tau_{\text{с}} = K_{\text{см}} \cdot K_{\text{с}} \cdot T_C = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{с}}} \cdot \frac{T_{\text{с}}}{T_c} \cdot T_C = T_{\text{см}}, \text{ ч} \quad (9)$$



за сменное время [9]

$$\tau_{mex}^P = K_{mex} \cdot \tau_{cm} = K_{mex} \cdot K_{cm} \cdot K_{\vartheta} \cdot T_C = \frac{T_{mex}}{T_{cm}} \cdot \frac{T_{cm}}{T_{\vartheta}} \cdot \frac{T_{\vartheta}}{T_c} \cdot T_C = T_{mex}, ч \quad (10)$$

по технологическому времени [9]

$$\tau_{ц}^P = K_{ц} \cdot \tau_{mex} = K_{ц} \cdot K_{mex} \cdot K_{cm} \cdot K_{\vartheta} \cdot T_C = \frac{T_{ц}}{T_{mex}} \cdot \frac{T_{mex}}{T_{cm}} \cdot \frac{T_{cm}}{T_{\vartheta}} \cdot \frac{T_{\vartheta}}{T_c} \cdot T_C = T_{ц}, ч \quad (11)$$

по цикловому времени [9]

$$\tau_V^T = K_V^T \cdot \tau_{ц} = \frac{V_{ц}^T}{V_H^T} \cdot \tau_{ц}, ч \quad (12)$$

по использованию грузоподъемности [9]

$$\tau_Q^P = K_Q \cdot \tau_V^T = \frac{Q_{\phi}}{Q_H} \cdot \tau_V^T, ч \quad (13)$$

Таким образом, транспортная работа A_p зависит от показателя τ , а ее фактическое значение A_p^{ϕ} и все потери времени на каждом этапе процесса погрузки (обозначим эти показатели как ΔA_p^Q - потери от неправильного использования грузоподъемности, ΔA_p^V - потери во время проведения погрузочно-разгрузочных работ, в том числе – при маневровых операциях, ΔA_p^H - потери по перемещению железнодорожного состава с агломератом, ΔA_p^{mex} - технологические потери, ΔA_p^{cm} - сменные потери, ΔA_p^{ϑ} - эксплуатационные потери) составят номинальное значение A_p^H . Тогда [9]

$$A_p^H = A_p^{\phi} + \sum A_{потерь}, ткм \quad (14)$$

Заключение и выводы.

1. Использование системы комплексных показателей с целью оценки ТТЦ позволяет определить потери времени на каждом этапе логистической цепи материалодвижения. Выполненная работа по оценке ТТЦ в звене – погрузка позволила сделать вывод о неэффективности транспортной технологии при маневровых перемещениях вагонов-хопперов, потери времени при этом составляют 0,1 часа.

2. Анализ проблематики ТТЦ на металлургическом предприятии показал наиболее приоритетные направления для совершенствования транспортной технологии при непрерывном перемещении сырья.



Литература:

1. Парунакян В.Э. Основные принципы формирования логистической системы производственно-транспортного комплекса промышленных предприятий / В.Э. Парунакян // Вестник Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля. – Луганск, 2010. – №10 (152), ч. 1. – С. 159-173.
2. Третьяков А.В. Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации/ А.В. Третьяков. - СПб.: Изд-во «ОМ-Пресс», 2004. – 348 с.
3. Лобойко Л.М. Підвищення ефективності використання пасажирських вагонів: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Л.М. Лобойко, Дніпропетровський національний ун-т залізничного транспорту ім. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2009. – 22 с. – укр.
4. *Handbook of design, manufacturing and automation* / editors, Richard C. Dorf and Andrew Kusiak, 2007, p. 1064.
5. Парунакян В. Э. Концепция повышения эффективности управления вагонопотоками на предприятии / В. Э. Парунакян, В. А. Бойко, Ю. В. Гусев // Вісник Приазовського державного технічного університету : зб. наук. праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2003. – Вип. 13. – С. 264–268.
6. Парунакян В.Э. Моделирование логистической цепи материалодвижения при отгрузке металлопродукции / В.Э. Парунакян, А.В. Маслак // Подъемно-транспортная техника. – 2008. – № 3. – С. 3-16.
7. Маслак А. В. Анализ эксплуатационных показателей и пути повышения эффективности транспортного обслуживания прокатных цехов металлургических предприятий / А. В. Маслак, Г. А. Линник // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наукових праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2016. – Вип. 32. – С. 215–221.
8. Парунакян В. Э. Транспортное обслуживание металлургического производства : учеб. пособие / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак. – Маріуполь : ПГТУ, 2013. – 208 с.
9. Петухов А.С. Показатели эффективности транспортных технологий в сельском хозяйстве. / А.С. Петухов, Д.Н. Алдошин // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Техника и технологии АПК. – Москва, 2015. – Вып. 3. – С. 20 – 23.
10. Воронай В. С. Анализ транспортно-технологического цикла перевозки агломерата / В. С. Воронай // Наука та виробництво : зб. наукових праць / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2017. – Вип. 17. – С. 82 – 88.

Abstract. *The article analyzes the problems of the transportation and technological cycle of agglomerate transportation and possible ways of solving numerous problems that arise during the full cycle from the moment of the empty train reception with agglomerate at the sinter plant of the metallurgical plant. An analysis of the research on the subject matter of the article showed that the development of the theory and methods for improving the efficiency of the transportation system for the sinter plants of metallurgical enterprises has not yet developed. An algorithm is proposed for a comprehensive assessment of the efficiency of agglomerate transportation by determining the loss of time during the transport work of the train and, consequently, identifying the shortcomings of the existing transport technology.*

Key words: *agglomerate, transport work, transport technology, transport-technological cycle, logistics chain.*

**References:**

1. Parunakyan V.E. (2010) *Osnovnyie printsipy formirovaniya logisticheskoy sistemyi proizvodstvenno-transportnogo kompleksa promyshlennyykh predpriyati* [The basic principles of the logistics system formation of the industrial and transport complex of industrial enterprises]. Vestnik Vostochnoukr. nats. un-ta im. V. Dalya. - Bulletin of East Ukr. nat. University of them. V. Dal. - Lugansk, 2010. – №10 (152), part 1. – pp. 159-173.
2. Tretyakov A.V. (2004). *Upravlenie individualnyim resursom vagonov v ekspluatatsii* [Managing the individual resource of wagons in operation]. – Saint-Petersburg, Publishing house «OM-Press», 2004. – 348 P.
3. Loboyko L.M. (2009) *PIdvischennyya effektivnostI vikoristannya pasazhirskih vagonIv* [Improving the efficiency of freight wagons]: avtoref. dis. kand. tehn. nauk : 05.22.20 - the author's abstract of the thesis of a Cand.Tech.Sci: 05.22.20/ DnIpropetrovskiy natsIonalniy un-t zallzничного transportu Im. V.Lazaryana - V.Lazaryana's Dnepropetrovskiy National University of railway transport. – Dnipropetrovsk, 2009. – 22 P.
4. Handbook of design, manufacturing and automation / editors, Richard C. Dorf and Andrew Kusiak, 2007, 1064 P.
5. Parunakyan V. E. (2003) *Kontseptsiya povyisheniya effektivnosti upravleniya vagonopotokami na predpriyatii* [The concept of increasing the efficiency of car flows management in the enterprise]. VIsnik Priazovskogo derzhavnogo tehnlchnogo unIversitetu : zb. nauk. prats / PDTU. - Bulletin of the Priazovskiy State Technical University: a collection of research papers / PSTU. - Mariupol, 2003. – Vol. 13. – pp. 264–268.
6. Parunakyan V.E. (2008) *Modelirovanie logisticheskoy tsepi materialodvizheniya pri otgruzke metalloproduktzii* [Modeling of the material movement logistics chain during the shipment of metal products]. Pod'Yomno-transportnaya tehnika - *Hoisting-and-transport engineering*. — 2008. – № 3. – pp. 3-16.
7. Maslak A. V. (2016) *Analiz ekspluatatsionnykh pokazateley i puti povyisheniya effektivnosti transportnogo obsluzhivaniya prokatnykh tsekhov metallurgicheskikh predpriyatiy* [Analysis of performance indicators and ways to improve the efficiency of transport services for rolling shops of metallurgical enterprises]. VIsnik Priazovskogo derzhavnogo tehnlchnogo unIversitetu: zb. nauk. prats / PDTU. - Bulletin of the Priazovskiy State Technical University: a collection of research papers / PSTU. - Mariupol, 2016. – Vol. 32. – pp. 215–221.
8. Parunakyan V. E. (2013) *Transportnoe obsluzhivanie metallurgicheskogo proizvodstva: ucheb. posobie* [Transport maintenance of metallurgical production: tutorial]. - Mariupol: PSTU, 2013. – 208 P.
9. Petuhov A.S. (2015) *Pokazateli effektivnosti transportnykh tekhnologiy v selskom hozyaystve* [Indicators of the efficiency of transport technologies in agriculture]. - Vestnik FGOU VPO MGAU. Tehnika i tekhologii APK. – Bulletin of the FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION OF THE HIGHER EDUCATION of the Russian State Agrarian University. Technology and technologies of the AIC. - Moscow, 2015. – Vol. 3. – pp. 20 – 23.
10. Voropay V. S. (2017) *Analiz transportno-tehnologicheskogo tsikla perevozki aglomerata* [Analysis of the transport-technological cycle of agglomerate transportation]. Nauka ta virobnitstvo : zb. naukovih prats - Science and production: Bulletin. – SHEI “PSTU”. - Mariupol, 2017. – Vol. 17. – pp. 82 – 88.

Статья отправлена: 24.04.2018 г.

© Воропай В.С.