

УДК 656.135.2

Помазков М.В.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Украинская Т.А.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОДХОД В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОПЕРЕВОЗОК ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассмотрены вопросы обеспечения эффективности транспортных систем автоперевозок промышленных предприятий за счет технических и технологических мероприятий. Исследования показывают, что напряженные условия эксплуатации автомобилей-самосвалов приводят к выходу подвижного состава из строя, в связи с чем предлагается совершенствование системы технического обслуживания и текущего ремонта. Основным механизмом управления системой технического обслуживания и текущего ремонта является интеллектуальная система, направленная на обеспечение ресурсосбережения при организации транспортного обслуживания промышленного предприятия.

Ключевые слова: ресурсосбережение, эффективность транспортной системы, система технического обслуживания и ремонта, интеллектуальная транспортная система, режим эксплуатации.

Постановка проблемы. В настоящее время во многих странах мира возрастают требования к повышению безопасности и эффективности транспортного обслуживания промышленных предприятий, воздействию транспорта на окружающую среду, энергоэффективности и ресурсосбережению на транспорте. Связано это с прямым воздействием эффективности функционирования транспортных комплексов на экономику каждого государства. Особую актуальность эти проблемы имеют для непрерывных технологических процессов на предприятиях горно-металлургического комплекса.

Одним из наиболее значимых и эффективных направлений оптимизации затрат является внедрение ресурсосберегающих технологий, которое сопровождается экономией топливно-энергетических, финансовых ресурсов и трудозатрат, а также снижением материалоемкости. Особое место среди механизмов решения проблем энергоэффективности и ресурсосбережения занимает эффективно-функционирующая система обслуживания автотранспорта в организации и управлении транспортной системой промышленного предприятия.

Анализ последних исследований и публикаций. В области ресурсосбережения и оценки

качества эксплуатации автоподвижного состава известны работы Г.В. Крамаренко, Е.С. Кузнецова, В.И. Карагодина, В.П. Сахно, Л.Н. Давидович, Н.Я. Говорущенко, Л.Л. Афанасьева, Ф.Н. Авдонькина, Г.М. Напольского, И.Н. Аринина, И.А. Луйка, А.М. Шейнина, В.Г. Шинкаренко и многих других авторов. В этих работах для оценки ресурса эксплуатации самосвалов используются поправочные коэффициенты, которые учитывают изменения условий эксплуатации и организации маршрутных процессов.

Большегрузные автомобили самосвалы используются для горячих перевозок шлака и шлама металлургическими предприятиями и в системе горно-металлургического комплекса (ГМК). Объем их использования растет. Только в Донецкой области используется 16,8% самосвалов из общего количества в Украине. Поэтому работы, посвященные ресурсосбережению в системе транспортного обслуживания грузопотоков вторичного сырья в условиях ГМК, таких исследователей, как И.В. Зырянов, К.Ю. Анистратов, А.А. Кулишов, В.А. Галкин, В.Л. Яковлев, М.Г. Потапов, В.К. Доля, А.В. Куница, А.П. Кравченко составляют основу планирования работ большегрузных самосвалов.

Совершенствование существующих программ эксплуатации, создание на базе имеющихся технологий перспективных транспортных систем основывается на базовых закономерностях надежности, ремонтпригодности и долговечности, и осуществлено в работах Д.Р. Кокса, В.Л. Смита, Б.В. Гнеденко, Е.Ю. Барзиловича, Ю.К. Беляева, Г.Д. Каштанова, Г.Д. Карташова, А.А. Замотина, И.А. Ушакова. Результаты работ этих авторов позволяют широко использовать современные статистические методы и методы оптимизации для снижения эксплуатационных затрат и повышения эксплуатационной надежности транспортной техники.

Логистические закономерности транспортных процессов и систем получили развитие в работах Г.Ф. Бабушкина, М.Ю. Григорак, Л.А. Губачевской, В.К. Губенко, В.К. Доли, И.П. Энглези, Е.В. Крикавского, Г.И. Нечаева, В.Э. Парунакяна, В.П. Полищука.

Развитие теории транспортного процесса, совершенствование техники, технологии и организации производства создают благоприятные условия для успешной работы автомобильного транспорта.

Практический опыт предприятий ГМК в области ресурсосбережения при перевозке шлаков и шламов железнодорожным и автомобильным транспортом позволяет в достаточной степени эффективно управлять ресурсами.

При этом следует заметить, что интуитивный опыт без надлежащего теоретического обоснования приводит в отдельных случаях к использованию так называемого скрытого резерва – увеличения ресурсных запасов.

Необходимость значительного повышения эффективности управления автомобильным транспортом в новых условиях, когда принятие решений традиционными методами в ограниченное время становится сложным, привело к интенсивному развитию теории управления транспортными процессами автомобильных перевозок, а также к широкому внедрению вычислительной техники и интеллектуальных технологий.

Постановка задачи. Одним из наиболее распространенных типов автомобилей, эксплуатируемых в условиях предприятий ГМК, являются большегрузные автосамосвалы.

Организация работы автосамосвалов строится в соответствии с интегрированными интересами логистической системы промышленного материального потока, согласованного взаимодействия с ритмом всех цехов и подразделений, с работой в тяжелых условиях окружающей среды [1, с. 21].

Напряженные условия эксплуатации самосвалов на маршрутной сети металлургических предприятий (и частично городской улично-дорожной сети) приводят к быстрой потере ими служебных свойств, что требует больших затрат ресурсов на техническое обслуживание (далее – ТО) и текущий ремонт (далее – ТР).

ТО и ТР должны обеспечить безотказную работу автомобилей в пределах установленной периодичности воздействий, включенных в обязательный перечень операций, что обеспечит необходимый уровень эффективности функционирования транспортно-логистической системы в целом, в связи с чем основной задачей статьи определена разработка интеллектуальных методов обслуживания автомобильного транспорта с целью ресурсосбережения и обеспечения эффективности управления в системе автоперевозок промышленного предприятия.

Изложение основного материала исследования. Потоки шлаков и шламов обеспечиваются единой транспортной системой промышленного предприятия, включающей железнодорожный, автомобильный, гидравлический и конвейерный транспорт.

Подсистемы автоперевозок шлака $\{S_{A1}\}$ и шлама $\{S_{A2}\}$ работают в единой транспортной системе утилизации $\{\{S_{A1}\}, \{S_{A2}\}\} \in \{S_T\}$ и их согласованность приводит к потерям ресурса.

Логистическую цепь утилизации шлаков и шламов составляют производственные подразделения, железнодорожный, автомобильный, гидротранспорт, а сам материальный поток формируется производственным процессом, объемом выпуска основной продукции, от которой зависят объемы шлаков и шламов. Поэтому материальный поток характеризуется функцией интенсивности:

$$P(t) = \frac{dS(t)}{dt}, \quad (1)$$

где $P(t)$ – функция интенсивности материального потока;

$S(t)$ – функция, описывающая изменение величины потока.

Наличие шлаков и шламов отражает результат изменения интенсивности и накопления материального потока:

$$S(t) = \int_{t_1}^{t_2} P(t) \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} [P_{ex}(t) - P_{вых}(t)] \cdot dt, \quad (2)$$

где $P_{ex}(t)$ – функция интенсивности входного материального потока;

$P_{вых}(t)$ – функция интенсивности выходного материального потока.

Переходные процессы – $\{P\}$ и передаточные функции транспортных систем – $\{\Phi(p)\}$ являются исходными факторами анализа рассогласованности (ΔP) материальных потоков $\{Q\}$. Решение по снижению их рассогласованности находится из условия минимизации функционала $F(P)$
 $F(\Delta P) = F(Q, P, \Phi(p)) \rightarrow \min$.

Передаточная функция системы $\{S_T\}$ служит моделью связи между ее входами и выходами.

Под передаточной функцией S_{A1} и S_{A2} понимается отношение их выходных характеристик к входным, а для логистической цепи – отношение выходной характеристики звена логистической цепи к входной характеристике.

Теоретическая запись передаточной функции выглядит следующим образом [2–6]:

$$\Phi(p) = \frac{y(p)}{x(p)}, \quad (3)$$

где $x(p)$ – преобразование Лапласа функции входного сигнала;

$y(p)$ – преобразование Лапласа выходной характеристики системы.

Вид передаточной функции можно получить из дифференциального уравнения системы способом замены операции дифференцирования по

времени на операции с использованием оператором Лапласа – p , а интегрирование по времени – заменой на $1/p$ [6, с. 23].

Как следует из анализа целей логистической цепи утилизации отходов сталеплавильного производства, результат Y её функционирования ставится в зависимость от основных результирующих факторов – полезного эффекта q , затраченных ресурсов C и времени T . В свою очередь, результирующие факторы зависят от выбранного способа действий. Следовательно, результат операции также будет зависеть от выбранного способа действий:

$$Y(u) = Y(q(u), C(u), T(u)). \quad (4)$$

Затраченные ресурсы зависят от технического состояния самосвалов, что можно выразить зависимостью $\frac{dx}{dt} = Q(x; y; z; t)$, где x – изменение технического состояния; t – текущее время; y – функция действия факторов, ухудшающих техническое состояние; z – функция действия восстанавливающих факторов. Если $Q(x; y; z; t) = k$, можно представить, что $Q(k+1) = Q(k) + f'[Q(k)]$ или, заменяя дифференциальную функцию уравнением в конечных разностях [7, с. 40],

Таблица 1.1.

Периодичность обслуживания систем автомобиля

Вид обслуживания, периодичность	Режим	ЕО 184	ТО-1 8	ТО-2 4	ТО-1 2	ТО-2 2
		Ежедневно	До 250 ч.	До 500 ч.	До 750 ч.	До 1000 ч.
ГМП	1					+
	2					+
	3					+
Система охлаждения	1				+	
	2				+	
	3				+	
Топливная система	1		+			
	2		+			
	3			+		
Ходовая часть	1					+
	2				+	
	3			+		
Гидросистема	1			+		
	2		+			
	3		+			
Пневмосистема	1		+			
	2	+	+			
	3	+	+			
Шиномонтаж	1	+				
	2	+				
	3	+				
Электрооборудование	1	+	+			
	2	+	+			
	3	+	+			

$$x = \sum_{k=0}^n \{Q(k) + \Delta f [Q(k)]\}. \quad (5)$$

В общем случае изменение технического состояния определяется совокупностью внезапных и постепенных отказов. Для характеристики их влияния обычно используется функция вероятности безотказной работы [8, с. 84]:

$$F(t) = 1 - [1 - F_1 t] [1 - F_2(t)], \quad (6)$$

где $F_1(t)$ и $F_2(t)$ – вероятность безотказной работы при постепенных и внезапных отказах.

Закономерности изменения вероятности безотказной работы устанавливаются на основе статистики отказов.

В таблице 1.1 приведены и расклассифицированы по условиям работ данные об отказах основных узлов автосамосвалов. Учитывая, что в данной таблице неисправности систем в зависимости от режимов эксплуатации имеют различную периодичность, производится увязка данной периодичности с регламентом ТО, установленного заводом-изготовителем. Он предусматривает периодичность видов обслуживания через каждые 250 часов работы автосамосвалов.

Однако, за период эксплуатации между ТО, автосамосвалы, как правило, используются на нескольких маршрутах, то есть в различных режимах. Это требует дополнительного учета выполненной транспортной работы при поставке машин на ТО.

С этой целью разработана методика формирования периодичности работ ТО систем автосамосвалов с учетом объема транспортной работы, выполненной на различных режимах.

По девяти основным узлам машины и трех режимах их эксплуатации составлена матрица количества поломок, отнесенная на один автомобиль (n_{ij}).

$$\begin{pmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{13} \\ n_{21} & n_{22} & n_{23} \\ n_{31} & n_{32} & n_{33} \\ n_{41} & n_{42} & n_{43} \\ n_{51} & n_{52} & n_{53} \\ n_{61} & n_{62} & n_{63} \\ n_{71} & n_{72} & n_{73} \\ n_{81} & n_{82} & n_{83} \end{pmatrix}$$

Продолжительность работы различных автомобилей за период сбора данных о поломках отличалась незначительно и в среднем значении равна 2 000 часов ($T_{набл} = 2\,000$). ТО автосамосвалов предполагает выполнение регламентных работ после каждых 250 часов пробега ($t_{ц} = 250$).

Таким образом, вероятность поломки узлов автосамосвала за один цикл (250 часов) составит:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij} \cdot t_{ц}}{T_{набл}} \quad (7)$$

При известном количестве автомобилей, работающих на каждом из маршрутов, или количестве машино-смен, отработанных одним автомобилем на каждом из маршрутов, можно рассчитать процент работы в каждом из трех условий – m_1, m_2, m_3 .

Средневзвешенная вероятность отказа i -го узла равна:

$$q_i = 0,01(p_{i1} \cdot m_1 + p_{i2} \cdot m_2 + p_{i3} \cdot m_3) \quad (8)$$

На основе полученных данных представляется возможным определить на каком цикле (k_i) вероятность отказа i -го узла достигнет критической величины ($P_{кр}$):

$$k_i = \left[\frac{P_{кр}}{q_i} \right], \quad (9)$$

где $[x]$ – функция округления до целого в меньшую сторону.

На основе предложенной методики разработана блок-схема алгоритма расчета содержания работ ТО автосамосвалов для всех систем и трех режимов эксплуатации, которая представлена на рис. 1.

Особое место среди механизмов решения проблем ресурсосбережения занимает интеграция интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в организацию и управление транспортно-логистическим процессом в общем и подсистемой ТО и ТР в частности. Интегральным показателем эффективности внедрения инновационной технологии в системе перевозок большегрузными автосамосвалами может служить коэффициент оценки эффективности управления ресурсосбережением:

$$K_{эф.}^{\Delta e} = \frac{\Delta e}{z_k E_{кин}^{\min} K_{трудн. пути}} \quad (10)$$

где Δe – абсолютное изменение ресурсоэффективности;

z_k – объем k -го ресурса в управляющей технологии;

$E_{кин}^{\min}$ – минимальное значение потребляемой кинетической энергии в перевозочном процессе за отчетный период;

$K_{трудн. пути}$ – коэффициент трудности пути.

Решение вопросов внедрения различных инновационных механизмов с применением ИТС уже будет основано не на эксперименте с ручной обработкой его статистических данных, а на моделировании работы исследуемой системы (или подсистемы) с контролем коэффициента оценки эффективности управления энергосбережением.

Преимуществом интеллектуализации системы автомобильных перевозок предприятий ГМК является возможность расширения функциональ-

ности ИТС благодаря модульному принципу её построения.

Зарубежный опыт внедрения интеллектуальных транспортных технологий в перевозочный процесс на автомобильном транспорте показывает их высокую эффективность за счет повышения безопасности, экологичности, снижения энергозатрат и экономии ресурсов, что подтверждает перспективность развития этого направления и в Украине.

Выводы. Анализ эффективности функционирования системы автотранспортного обслуживания

предприятий ГМК показал, что наибольший потенциал для совершенствования имеет подсистема ТО и ТР большегрузных автомобилей самосвалов. В рамках исследования разработана методика формирования периодичности работ ТО систем автосамосвалов с учетом объема транспортной работы, выполняемой на различных режимах. Для адаптации предложенной методики в условиях изменяющейся среды функционирования транспортной системы предлагается внедрение интеллектуальной системы мониторинга ее эффективности.

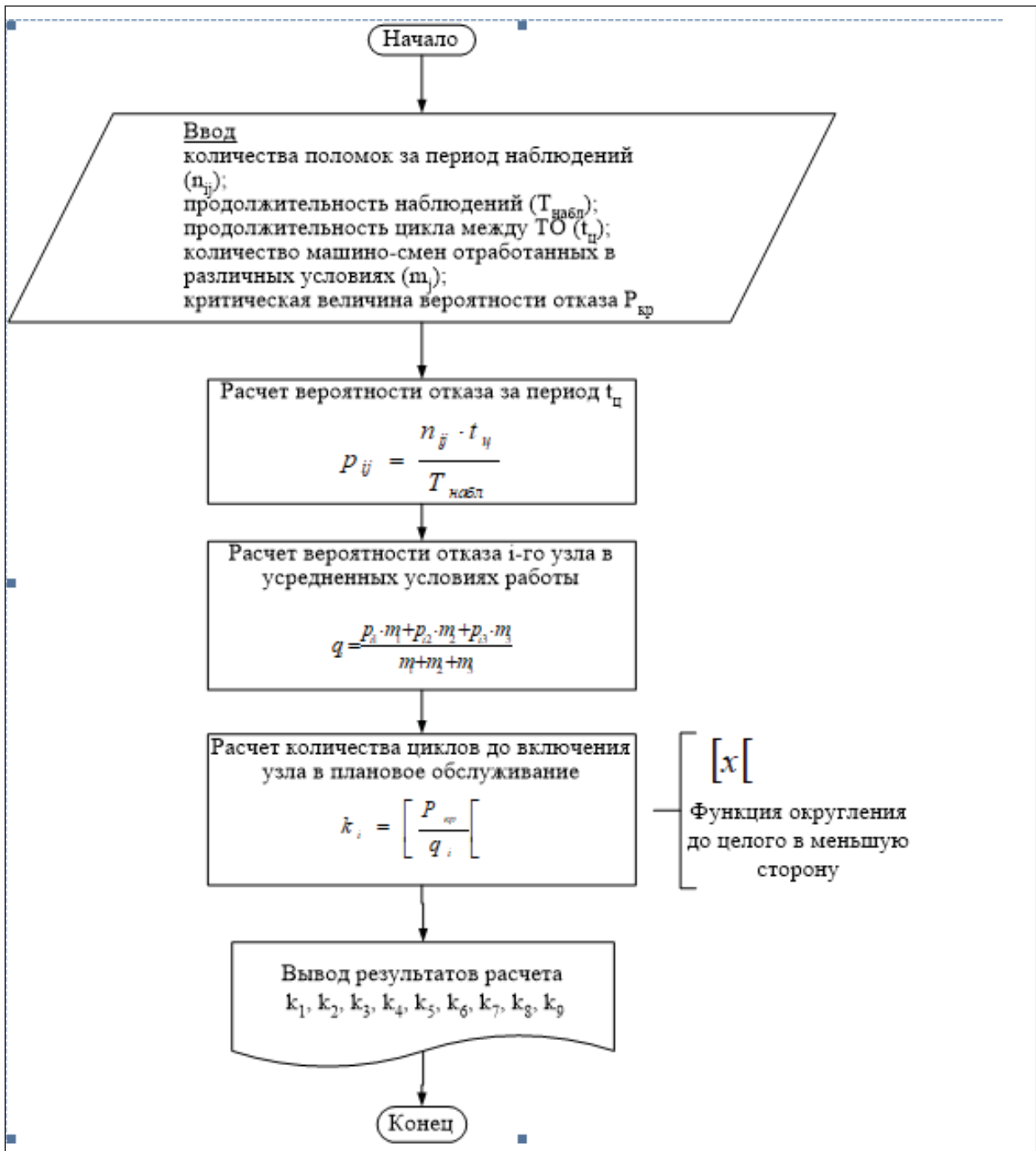


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета содержания работ ТО автосамосвалов

Список литературы:

1. Губенко В.К., Лямзин А.А., Помазков М.В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горно-металлургическом комплексе. Мариуполь, 2012. 222 с.
2. Губенко В.К. Логистическая централизация материальных потоков: теория и методология логистических распределительных центров. Донецк, 2007. 495 с.
3. Губенко В.К., Николаенко И.В., Тарасенко А.В. Адаптация транспорта металлопотоков к изменяющейся экономической среде. Донецк, 2009. 236 с.
4. Доля В.К. Значение логистики в формировании параметров транспортных систем. Управление грузовыми, пассажирскими перевозками и обслуживание автотранспорта. Харьков, 2000. С. 51–54.
5. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Брандес М. Транспортная логистика. Москва, 1996. 212 с.
6. Николаенко И.В. Управление материальными потоками в интегрированных логистических системах. Мариуполь, 2001. 62 с.
7. Николаенко И.В. Совершенствование межоперационных процессов транспортно-складского комплекса: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Киев, 2002. 176 с.
8. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.В., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. Москва, 1977. 175 с.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПІДХІД У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМІ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуті питання забезпечення ефективності транспортних систем автомобільних перевезень промислових підприємств за рахунок технічних і технологічних заходів. Дослідження показують, що напружені умови експлуатації автомобілів самоскидів призводять до виходу рухомого складу з ладу, у зв'язку із чим пропонується вдосконалення системи технічного обслуговування і поточного ремонту. Основним механізмом управління системою технічного обслуговування і поточного ремонту є інтелектуальна система, спрямована на забезпечення ресурсозбереження під час організації транспортно-обслуговування промислового підприємства.

Ключові слова: ресурсозбереження, ефективність транспортної системи, система технічного обслуговування і ремонту, інтелектуальна транспортна система, режим експлуатації.

THE APPROACH TO SAVING OF RESOURCES IN PROVIDING THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT MANAGEMENT IN THE SYSTEM OF TRANSPORTATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES THEME

The scientific article is devoted to the maintenance questions of efficiency of transport systems of auto transportations of industrial enterprises due to technical and technological measures are considered. Studies show that the severe operating conditions of dump trucks lead to the accidental failure, in connection with which it is proposed to improve the system of maintenance. The main mechanism for managing the system of maintenance and TR is an intelligent system aimed at ensuring resource management in the organization of transport services for an industrial enterprise.

Key words: resource saving, efficiency of the transport system, maintenance and repair system, intelligent transport system, operating mode.