

УДК 658.7:339.9

## ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКАЯ ЛОГИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. Селиванов, Я. И. Шамлицкий

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева  
Россия, 660014, Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31. E-mail: imanselivan@gmail.com

*Предлагается статистическая модель транспортно-складского хозяйства предприятия с оценкой эффективности логистической поддержки автомобильных перевозок по требованиям его подразделений. Исследуется процесс распределения разнотипного автотранспорта по кольцевому маршруту с обязательным формированием локального контура управления транспортно-складской логистикой.*

*Ключевые слова: транспортно-складская логистика, статистическая модель перевозок, управление материало потоками.*

## TRANSPORT AND STORAGE LOGISTICS OF THE PRODUCTION SYSTEM OF ENGINEERING ENTERPRISES

A. V. Selivanov, Y. I. Shamlitskiy

Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev  
31 "Krasnoyarskiy Rabochiy" prosp., Krasnoyarsk, 660014, Russia. E-mail: imanselivan@gmail.com

*The authors offer a statistical model of transport and warehousing commercial unit of a company with the assessment of the effectiveness of logistics support for the transport requirements of its subsidiaries. Process of distribution of polytypic motor transport on a ring route with obligatory formation of a local contour of management by transportation-warehouse logistics is investigated.*

*Keywords: transportation and storage logistics, statistical model of traffic management, material flow.*

Транспортировка – это составная часть логистики, она взаимоувязывает потребности в материальных ресурсах (МР) основных и вспомогательных цехов предприятия с их комплектованием на его складах.

Актуальность данного исследования связана с тем, что в настоящий момент на предприятиях крупносерийного производства сложилась ситуация постоянной недозагрузки автотранспорта из-за отсутствия методики его распределения для случая эксплуатации комбинированного автотранспорта [1]. Радиус внутренних перемещений грузов достигает 15 км, а для предприятий оборонного комплекса транспортная задача осложняется наличием контрольно-пропускных пунктов. Документооборот требований подразделений составляет 3,2...3,5 тыс. заявок в месяц и содержит 13,4...17,5 тыс. номенклатурных наименований МР за годовой период.

В работе предлагается статистическая модель транспортно-складской деятельности крупносерийного машиностроительного предприятия с оценкой эффективности логистического обеспечения внутренних автомобильных перевозок МР по заявкам его производственных подразделений. Одним из способов повышения эффективности доставки товаров в смешанном сообщении является оптимизация проектирования транспортных работ. Целью данного исследования является разработка и внедрение локального контура системы управления транспортно-складскими

операциями предприятия [2]. Объектом исследования выступает процесс по доставке грузов от складов до цехов-потребителей и от поставщиков до материальных складов предприятия.

В случае с машиностроительным заводом подходит модель General Pickup and Delivery Problem (GPDP) – основная модель вывоза и доставки. Следует отметить, что в модели GPDP не раскрывается алгоритм принятого распределения транспортных средств по маршрутной сети, и она не определяет решения, например, для условий работы разнотипного транспорта в ОАО «Красмаш». Предлагаемая статистическая модель транспортно-складской системы позволяет полнее отражать реальную картину функционирования исследуемого контура управления. Расчётами по модели определяется план сменной загрузки разнотипного автотранспорта как по нормативным, так и по фактическим базам данных.

Рассмотрим более детально процесс кольцевых перевозок сырья и комплектующих между центральным складом и цехами-потребителями в ОАО «Красмаш» (рис. 1).

Процесс планирования работы транспортных средств основывается на рассчитанной потребности в материалах, которая дополнительно конкретизируется по заявкам цехов. Планирование внутреннего грузооборота МР по заявкам производственных подразделений производится с учётом различных видов грузовых единиц (см. таблицу).

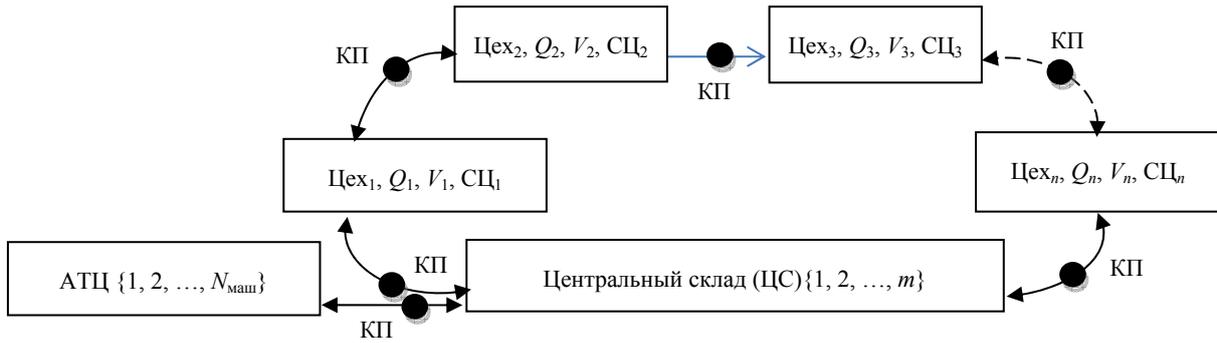


Рис. 1. Схема взаимодействия элементов транспортно-складской системы:  
 ЦС – центральный склад;  $Q_i$  – объем заявки  $i$ -го цеха с ЦС;  $V_i$  – габариты заявленных МР  $i$ -м цехом с ЦС;  $СЦ_i$  – внутренней склад  $i$ -го цеха; КП – остановка транспортных средств на контрольно-пропускных пунктах

**Классификация внутреннего материального потока по учетным признакам**

Учетный признак	Операции			Потребность
	Склада	Автотранспорта $i$ -го вида		
		Грузоподъемность ( $q_i$ ), т	Вместимость ( $V_i$ ), м <sup>3</sup>	
Номенклатурная единица	Погрузка с одного места (однородные)	$\leq q_i$	Размещение	Ежедневная
Партия	Погрузка с разных мест (составные)	$\leq q_i$	Рациональное использование объема кузова	По мере необходимости
Машино-комплект	Параллельная погрузка двух и более машин (комбинированные)	$\approx q_i$	$\approx V_i$	По количеству рейсов автотранспорта
Цехозаказ	Селективная погрузка по требованиям производственных подразделений (селективная)	Кратно $q_i$	Кратно $V_i$	По мере поступления цеховых заявок

Предлагаемая статистическая модель транспортно-складской системы учитывает реальную картину функционирования исследуемого контура управления, что в итоге позволяет планировать сменную работу разнотипного (до трёх разных типов) автотранспорта как по нормативной, так и по фактической базам данных. Накопленная статистика работы контура легко используется и в имитационном моделировании интегрированного транспортно-складского процесса.

Планирование внутреннего грузооборота МР по заявкам производственных подразделений начинается с определения суммарного грузооборота за смену ( $Q_{см}$ ):

$$Q_{см} = \sum_{i=1}^n Q_i \tag{1}$$

Все маршруты доставки материалов (комплектующих) выбираются на основании заявок от  $i$ -го производственного подразделения, при этом должно выполняться следующее условие:

$$\text{Заявки} = \begin{cases} Q_i, \text{ м/смену;} \\ V_i - \text{объем груза, соответствует} \\ \text{вместимости транспортного средства.} \end{cases} \tag{2}$$

В данном случае транспортное средство выполняет циклический маршрут доставки грузов. Зная общий объем груза  $Q_{см}$ , который необходимо доставить во все запланированные точки (цеха) по кольцевому

маршруту, и грузоподъемность конкретного  $i$ -го вида транспортного средства, можно рассчитать необходимое плановое количество рейсов за смену ( $n_{пл}$ ) для данного одного вида автотранспорта:

$$n_{пл} = \frac{Q_{см}}{q_i \cdot k_{и.г}}, \tag{3}$$

где  $Q_{см}$  – суммарный грузооборот за смену, т/смену;  $q_i$  – грузоподъемность  $i$ -го транспортного средства, т;  $k_{и.г}$  – коэффициент использования грузоподъемности.

На практике этот показатель рассчитывается исходя из времени одного рейса  $i$ -го вида автотранспорта по  $j$ -му маршруту [3; 4]:

$$t_{рейсij} = t_{двиj} + t_{погрj} + t_{разгрj} + t_{кпj}, \tag{4}$$

где  $t_{рейсij}$  – время рейса одного  $i$ -го вида автотранспорта по  $j$ -му маршруту;  $t_{двиj}$  – время на движеньческие операции  $i$ -го вида автотранспорта по  $j$ -му маршруту;  $t_{погрj}$  – время на погрузочные операции  $i$ -го вида автотранспорта по  $j$ -му маршруту;  $t_{разгрj}$  – время на разгрузочные операции  $i$ -го вида автотранспорта по  $j$ -му маршруту;  $t_{кпj}$  – время на прохождение контрольно-пропускных пунктов  $i$ -го вида автотранспорта по  $j$ -му маршруту.

При этом в расчете общего количества рейсов учитывается средневзвешенное время рейса ( $\bar{t}_{рейсi}$ )  $i$ -го вида автотранспорта:

$$\bar{t}_{рейсi} = \sum_{j=1}^n t_{рейсij} \cdot L_j / \sum_{j=1}^n L_j, \tag{5}$$

где  $n$  – общее количество маршрутов на территории завода;  $L_j$  – расстояние транспортировки по  $j$ -му маршруту, км.

Следовательно, количество рейсов автотранспорта ( $n_{рейси}$ ), которые выполняются одной единицей  $i$ -го вида транспорта за смену, определяется как

$$n_{рейси} = \frac{T_{оп} - t_{аси}}{\bar{t}_{рейси}}, \quad (6)$$

где  $T_{оп}$  – оперативное время работы транспорта в смену,  $T_{оп} \approx 7$  ч;  $t_{аси}$  – время движения по маршруту «автоцех–склад–автоцех»  $i$ -го вида автотранспорта;  $\bar{t}_{рейси}$  – среднее время рейса  $i$ -го вида автотранспорта, определенное по выражению (5).

Тогда необходимое общее количество транспортных средств  $i$ -го вида ( $N_{маши}$ ), выделяемых на смену, будет равно [3; 4]:

$$N_{маши} = \left( \frac{Q_{см}}{q_i \cdot k_{иГ}} \right) / n_{рейси}, \quad (7)$$

Меняя значения грузоподъемности и коэффициента использования грузоподъемности можно в оперативном порядке менять одни транспортные средства на другие. При этом вышеуказанная формула (7) автоматически будет пересчитывать необходимое количество транспортных средств на разные их виды.

В этом случае количество единиц транспорта, необходимое для замены  $i$ -го вида автотранспорта на  $d$ -й при совместной работе двух их видов ( $N_{машид}$ ), можно определить [5]:

$$k_{замид} = N_{машид} / N_{машид}, \quad (8)$$

$$N_{машид} = N_{машид} - l + \frac{l}{k_{замид}}, \quad (9)$$

где  $k_{замид}$  – коэффициент замены  $i$ -го вида автотранспорта на  $d$ -й вид;  $N_{машид}$  ( $N_{машид}$ ) – количество машин  $i$ -го ( $d$ -го) вида, выделенных автоцехом в плановую смену, единиц;  $l$  – фактическое уменьшение плановой потребности в машинах  $i$ -го вида (по технической готовности транспорта или др.) на смену ( $1 \leq N_{машид}$ ), единиц.

Одновременная работа автотранспорта 3-х типов ( $N_{машид-s}$ ) в транспортно-складской модели определяется по выражению

$$N_{машид-s} = N_{машид} - l_i + \frac{l_i}{k_{замид}} - l_d + \frac{l_d}{k_{замид-s}}; \quad (10)$$

$$l_i \leq N_{машид}, \quad (11)$$

$$l_d \leq \frac{l_i}{k_{замид}}, \quad (12)$$

где  $l_i$  ( $l_d$ ) – фактическое уменьшение плановой потребности в машинах  $i$ -го ( $d$ -го) вида на смену, единиц;  $k_{замид-s}$  – коэффициент замены  $d$ -го вида автотранспорта на  $s$ -й вид.

Указанный выше процесс доставки можно оптимизировать, внедрив секторизацию (по аналогии с методом Свира [6]) обслуживания производственных подразделений (рис. 2). Основная особенность принципа секторизации состоит в том, что процесс разбиения на секторы, в первую очередь, зависит от грузоподъемности и вместимости транспортного средства.

Предлагается внедрить такой процесс планирования доставки материалов: диспетчер транспортного цеха получает заявки на доставку материалов/комплектующих на следующий день; зная грузоподъемность транспортного средства, диспетчер делит пространство доставки на лучи; принцип разделения состоит в том, что в сектор должно включаться столько производственных цехов, сколько может «обслужить» по грузоподъемности одно транспортное средство; вообще сумма заявок за смену в секторе должна совпадать с грузоподъемностью, умноженной на количество оборотов транспортного средства за смену.

Алгоритм расчета параметров транспортно-складских работ (ТСР) на промышленном предприятии отражен на рис. 3. Алгоритмом предусмотрен известный способ лимитного контроля заявок цеха, по которому осуществляется проверка заданных пограничных значений на МР с суммарным их потреблением каждым цехом (блок А2). В других блоках алгоритма учитываются расчеты по формулам (1)...(12), предусматривается также подключение имитационного моделирования по мере накопления статистических данных (блоки А12, А13).

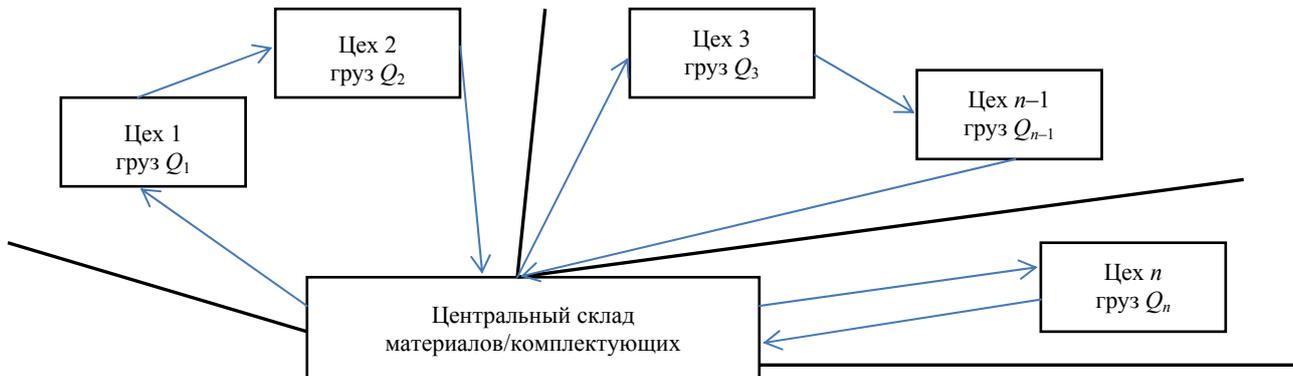


Рис. 2. Модифицированный процесс доставки грузов

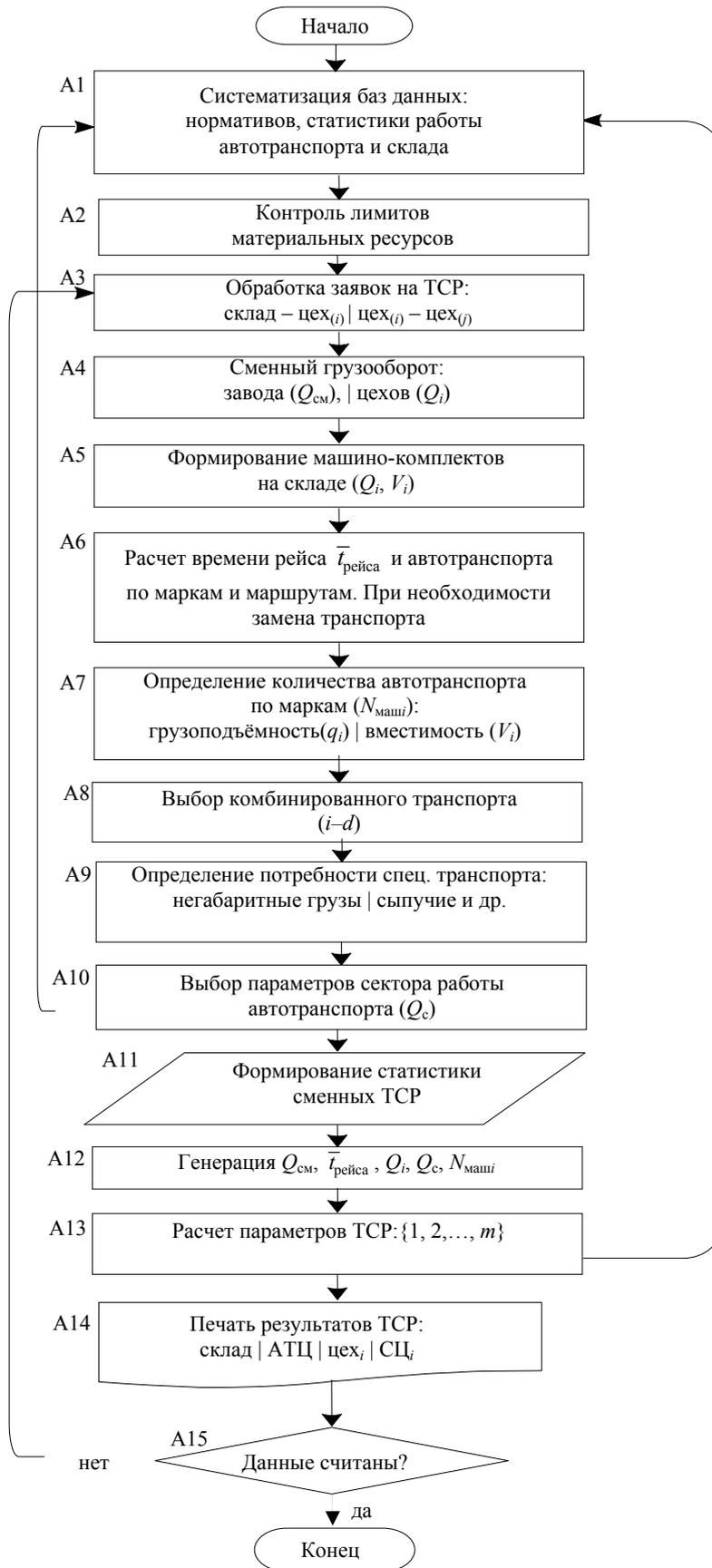


Рис. 3. Алгоритм расчета параметров транспортно-складских работ предприятия

Исследуемый процесс кольцевых перевозок поддерживается работой ряда служб и подразделений завода: плановым отделом, автотранспортным цехом, основными и вспомогательными цехами, складским хозяйством, контрольно-пропускными пунктами, диспетчерской службой, информационно-аналитическим центром. Необходимость в образовании локального контура управления (рис. 4) объясняется многостадийностью решения задачи распределения автотранспорта и обязательным подключением усилий всех специалистов подразделений. Каждое подразделение (отдел) решает определенные частные задачи (примеры приведены на рис. 4), которые в итоге интегрируются и способствуют повышению качества принимаемых управленческих решений в области транспортно-складской логистики промышленного предприятия. Помесячную работоспособность локального контура управления (рис. 4) рекомендуется оценивать рейтинговой системой показателей [7], позволяющей учесть вклад каждого подразделения и его персонала в эффективность предлагаемых мероприятий транспортно-складской логистики.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

– вследствие рационального планирования транспортного процесса высвободится 30–35 % транспортных средств;

– налаживается контроль движения транспорта в реальном времени, что снизит возможность возникновения случаев простоя транспорта либо его перезагрузки;

– как продолжение этой работы, в будущем возможно использование обменного фонда прицепов на предприятии;

– расчётный экономический эффект для условий ОАО «Красмаш» составляет 1,38 млн руб./год.

Для внедрения оптимизированного процесса доставки грузов необходимо:

– провести сквозной мониторинг материального и информационного потока предприятия с его детализацией по основным цехам, их внутренним складам, центральному складу, автоцеху, контрольно-пропускным пунктам;

– систематизировать статистику по транспортному процессу на предприятии с постоянным анализом технико-экономических показателей работы транспорта с оценкой его технической готовности;

– необходимо, чтобы заявки на доставку материалов поступали в транспортный цех и склад не позднее, чем за сутки перед предстоящей доставкой;

– создать в цехах производства необходимые минимальные страховые запасы материалов и комплектующих;

– учитывать возможности использования прицепов и перевозку попутного груза из цеха в цех, а также из цеха на центральный склад.



Рис. 4. Локальный контур управления транспортным хозяйством с примерами решаемых задач: КПП – контрольно-пропускной пункт; ППР – планово-предупредительный ремонт; МР – материальные ресурсы; ТЭП – технико-экономические показатели; ТСП – транспортно-складские процессы; двухсторонними стрелками отображены организационные и информационные связи

## Библиографические ссылки

1. Selivanov A. V., Shamlitskiy Y. I., Prokopovich D. A. Modeling of Transportation and Storage System of Material Flows on Machine Building Plant // *Logistics & Sustainable Transport* : Proc. of the 9th Intern. Conf. (14–16 June 2012, Celje). Slovenia : Published by University of Maribor, Faculty of Logistics, 2012. P. 273–278.
2. Selivanov A. V., Vashlayev I. I., Prokopovich D. A. Contour-Integrated Principle of Production Management on Mining Industry Enterprise // *Logistics & Sustainable Transport* : Proc. of the 9th Intern. Conf. (14–16 June 2012, Celje). Slovenia : Published by University of Maribor, Faculty of Logistics, 2012. P. 279–283.
3. Николайчук В. Е. Логистический менеджмент : учебник. М. : Дашков и К<sup>о</sup>, 2009.
4. Неруш Ю. М., Неруш А. Ю. Практикум по логистике : учеб. пособие. М. : Велби ; Проспект, 2008. С. 51–73.
5. Селиванов А. В., Юрьев И. М. Оценка нормирования труда водителей автосамосвалов по закрытому циклу их работы на карьере // Роль научной организации труда в повышении производительности труда : материалы краевой науч.-техн. конф. (21 июня 1985, г. Красноярск). Красноярск : Дом техники НТО, 1985. С. 89–91.
6. Гаджинский А. М. Логистика. М. : Дашков и К<sup>о</sup>, 2010.
7. Формирование информационной технологии социального менеджмента на карьере / В. И. Ганицкий [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 6. С. 124–125.

## Referens

1. Selivanov A. V., Shamlitskiy Y. I., Prokopovich D. A. Modeling of Transportation and Storage System of Material Flows on Machine Building Plant. *LOGISTICS & SUSTAINABLE TRANSPORT*: Proceedings of the 9th International Conference (14–16 June 2012, Celje). Slovenia: Published by University of Maribor, Faculty of Logistics, 2012, pp. 273–278.
2. Selivanov A. V., Vashlayev I. I., Prokopovich D. A. Contour-Integrated Principle of Production Management on Mining Industry Enterprise. *LOGISTICS & SUSTAINABLE TRANSPORT*: Proceedings of the 9th International Conference (14–16 June 2012, Celje). Slovenia: Published by University of Maribor, Faculty of Logistics, 2012, pp. 279–283.
3. Nikolaychuk V. Ye. *Logisticheskiy menedzhment* (Logistical management). Moscow, MTK “Dashkov i K<sup>o</sup>”, 2009, 980 p.
4. Nerush Yu. M., Nerush A. Yu. *Praktikum po logistike* (Workshop Logistics). Moscow, Velbi, Prospekt, 2008, pp. 51–73.
5. Selivanov A. V., Yuryev I. M. *Materialy krayevoy nauch.-tekhn. konf. “Rol' nauchnoy organizatsii truda v povyshenii proizvoditel'nosti truda”* (The role of scientific management to improve productivity: Materials edge scientific and engineering. Conf. (June 21, 1985, Krasnoyarsk). Krasnoyarsk, Dom tekhniki NTO, 1985, pp. 89–91.
6. Gadzhinskiy A. M. *Logistika* (Logistics.). Moscow, MTK “Dashkov i K<sup>o</sup>”, 2010, 484 p.
7. Ganitskiy V. I., Selivanov A. V., Nekhoroshev D. B., Vashlayev I. I. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Moscow, Izd-vo MGGU, 2003, № 6, pp. 124–125.