

УДК 681.516

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ ДИЛЕРСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Корчагин В.А., Ляпин С.А., Коновалова В.А.

*ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет Минобразования России»,
Липецк, e-mail: lyapinserg2012@yandex.ru*

Поставлена и решена задача оптимального управления параметрами работы крупного терминального комплекса, обеспечивающего запасными частями дилерские центры по продаже и техническому обслуживанию легковых автомобилей, входящего в транспортно-логистическую систему, взаимодействующую с внешней и окружающей средами в рамках социоприродоэкономической системы. Установлено, что терминал имеет возможность использовать свободные технические средства, имеющиеся в его распоряжении на данный момент времени, и обслуживать их персонал для создания дополнительного канала, обслуживающего автомобиль параллельно с одним из основных каналов. В качестве примера решена задача выбора числа каналов в зоне погрузки-разгрузки и в офисе терминала. Разработанные теоретические подходы, алгоритмы и процедуры решения задачи оптимизации функционирования транспортно-логистической системы дают возможность оптимизировать численность обслуживающих каналов терминала, число автомобилемест для очередей, доходно-затратные показатели транспортно-логистической системы и позволяют сформировать практические рекомендации по повышению эффективности управления с учетом экологического фактора.

Ключевые слова: управление, терминал, транспортно-логистическая система, система массового обслуживания

MANAGEMENT OF TRANSPORT AND LOGISTIC SYSTEM OF PROVIDING OF SPARE PARTS OF THE DEALER AUTOMOBILE CENTERS

Korchagin V.A. Lyapin S.A., Konovalova V.A.

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: lyapinserg2012@yandex.ru

Posed and solved the problem of optimal control parameters of a large terminal complex, providing spare parts dealerships selling and maintenance of automobiles, in transport and logistics system, and the interaction with the external environment within the social-nature-economics system. Assumed that the terminal has the capability to use free technical means at its disposal at any given time, and serving their staff to create an additional channel for servicing the car in parallel with one of the main channels. As an example, the problem of choosing the number of channels in the area of handling, and Terminal in the Office. Developed theoretical approaches, algorithms and procedures to deal with the problem of optimizing the functioning of the transport and logistics systems provide the ability to optimize the number of channels serving the terminal the number of car seats queues, profitable performance-costly transport and logistics system and allow to generate practical recommendations to improve the management, taking into account environmental factors.

Keywords: management, terminal, transport and logistic system, system of mass service

Терминал транспортно-логистической системы (ТЛС), обеспечивающей доставку региональному дилеру автомобилей и запасных частей для их технического обслуживания и ремонта, представляет собой сложную динамическую систему, в которую поступают стохастические, существенно нестационарные потоки запасных частей, грузовых автомобилей для их перевозки, легковых автомобилей, предназначенных для продажи, автобусов.

Работой ТЛС, в которую входит грузовой терминал, управляет логистический центр (ЛЦ). Одной из главных задач ЛЦ является сокращение времени обработки информационных данных по грузопотокам для обеспечения доставки материальных ресурсов (МР) «точно в срок», получение максимальной прибыли, снижение отрицательного воздействия на внешнюю и окружающую среды (ВиОС). В нашей концепции терминал ТЛС рассматривается не

просто как управляемая система массового обслуживания (СМО), а как элемент социоприродоэкономической системы (СПЭС) [2] со своим критерием управления.

Окружающую среду необходимо рассматривать как фактор социально-экономического развития, который находит отражение в воспроизводственной функции экономики природопользования, что предполагает рассмотрение окружающей среды не только как экологического фактора производства, но и его составного элемента и результата [3].

Цель исследования

Повышение эффективности работы ТЛС обеспечения запасными частями дилерских автоцентров за счет управления работой терминала на основе предлагаемого критерия, учитывающего интересы потребителя, поставщика, перевозчика, терминала, ВиОС.

1. Описание работы терминала как СМО

Авторами в качестве заявок рассматриваются только прибывающие или отъезжающие автомобили, поскольку характеристики грузопотоков в значительной степени определяются характеристиками потоков автомобилей. Анализ организации работы терминалов позволил сделать вывод, что потоки прибывающих-отъезжающих автомобилей удовлетворяют требованиям ординарности и отсутствия последствия и поэтому могут рассматриваться в качестве нестационарных пуассоновских потоков [4, 5]. Будем считать, что мгновенная интенсивность входного потока $\lambda(t)$ является кусочно-непрерывной функцией времени.

На практике число используемых терминалом средств зависит от типа обслуживаемых автомобилей, компоновки груза в кузове, прицепе или полуприцепе, категории груза, загруженности терминальных комплексов и других факторов. При этом терминал имеет возможность использовать резервные средства, имеющиеся в его распоряжении на данный момент времени, для создания дополнительных каналов, обслуживающих автомобили параллельно с основными каналами. Мгновенные интенсивности обслуживания заявки одним каналом $\mu_1(t)$ и одновременно двумя каналами $\mu_2(t)$ определяются в [1] как

$$\mu_1(t) = \frac{1}{T_{обсл1}(t)}, \quad \mu_2(t) = \frac{1}{T_{обсл2}(t)}, \quad (1)$$

где $T_{обсл1}(t) = M[t_{обсл1}(t)]$, $T_{обсл2}(t) = M[t_{обсл2}(t)]$ – математическое ожидание виртуального (мгновенного) времени обслуживания заявки одним каналом $t_{обсл1}(t)$ и двумя каналами $t_{обсл2}(t)$ соответственно. Связь между интенсивностями $\mu_1(t)$ и $\mu_2(t)$ зададим соотношением $\mu_2(t) = \theta \mu_1(t)$, где θ – коэффициент, учитывающий относительное увеличение интенсивности обслуживания при использовании двух каналов вместо одного. Будем считать, что при подключении к основному каналу дополнительного стоимость объединенного канала, его производственные и непроизводственные затраты увеличиваются также в θ раз.

2. Формирование системы критериев оптимальности

К наиболее часто используемым основным показателям эффективности СМО относятся следующие: $P_{отк}(t)$ – вероятность отказа в обслуживании; $P_{ож}(t)$ – вероятность ожидания обслуживания; $M(t_{ож})$ – среднее время ожидания обслуживания; $N_3(t)$ – среднее число занятых

каналов; $k_3(t)$ – коэффициент занятости (загрузки) каналов; $L(t)$ – средняя длина очереди; $Y(t)$ – среднее число заявок, находящихся в системе; $Y(t) = N_3(t) + L(t)$; $M(t_{проб}) = M(t_{ож}) + M(t_{обсл})$ – среднее время пребывания заявки в системе, $t_{проб}(t)$ – виртуальное время пребывания заявки в СМО, т.е. то время, в течение которого находилась бы в моделируемой системе гипотетическая заявка, вошедшая в нее в момент времени t . Величина $t_{проб}(t)$ складывается из виртуального времени ожидания $t_{ож}(t)$ и виртуального времени обслуживания $t_{обсл}(t)$.

Для выбора лучшего варианта системы достаточно использовать лишь часть перечисленных показателей, которые наиболее полно отражают свойства системы. Для СМО с очередью наиболее важными показателями эффективности являются: $k_3(t)$, $L(t)$, $M(t_{ож})$, $P_{ож}(t)$.

Пусть имеется r вариантов систем. Обозначим: $S_l(t)$ – система, соответствующая варианту l ; $l = 1, 2, \dots, r$; $f_j(S_l(t))$ – j -й критерий эффективности системы $S_l(t)$; $j = 1, 2, \dots, J$; J – множество критериев.

Обычно при оценке экономичности СМО предполагается, что она зависит только от их насыщенности техническими средствами обслуживания грузопотока:

$$f_{j3}(S_l(t)) = f_3\left(\frac{1}{N(t)}\right), \quad (2)$$

где $N(t)$ – численность средств обслуживания на выбранном этапе, имеющаяся в распоряжении СМО в момент времени t . В действительности же численность терминальных технических средств влияет на уровень расходов терминала по целому ряду основных статей затрат [5]. Поэтому при управлении работой терминала как элемента ТЛС критерий оптимальности должен учитывать три аспекта. Первый связан с необходимостью обеспечения заданного качества обслуживания клиентуры терминала – перевозчиков, грузоотправителей, грузополучателей; второй – с качеством использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов терминала; третий – с его влиянием на внешнюю и окружающую среды.

Формирование критериев оптимальности функционирования элементов ТЛС, необходимых для решения задачи оптимизации её параметров, производится с использованием модели эффективности ТЛС, предложенной в работе [2], и подходов, изложенных в [4,5]. В качестве критерия эффективности функционирования терминала как производственной подсистемы, входя-

щей в СПЭС, предполагается использовать показатель прироста прибыли от реализации лучшего варианта на 1 руб. народнохозяйственной себестоимости $(C+E_H K)$ [2,3]. Наряду с текущими издержками C народ-

нохозяйственная себестоимость учитывает и дополнительные потери, возникающие в связи с отвлечением капитальных вложений из народнохозяйственного оборота в течение моделируемого отрезка времени:

$$f_{jk}(S_i(t)) = \frac{\Delta\Pi(x_b, x, \Delta q, x_0)}{(\Delta C + E_H \Delta K)} = \frac{\Delta c(x_b, x) - \Delta z_1(x_b, x) - \Delta z_2(x_b, x, \Delta q) - \Delta p(x_0, \Delta q)}{(\Delta C + E_H \Delta K)}, \quad (3)$$

где $\Delta\Pi(x_b, x, \Delta q, x_0)$ – прирост прибыли в ТЛС и у автодилера в связи с использованием новой технологии обслуживания грузопотока, обеспеченной приростом капиталовложений ΔK в ТЛС; x_b – вектор объемов производства в ТЛС и автосалона в базисном (выбранном для сравнения) периоде; x – объем производства в рассматриваемом периоде; Δq – изменение фактического объема вредных выбросов в окружающую среду; x_0 – параметр(ы), используемый региональным управляющим звеном для контроля за загрязнением окружающей среды (например, штраф за одну тонну выброса отходов, требуемый уровень очистки стоков, лимит выброса отходов в окружающую среду, предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ и т.д.); ΔC – изменение эксплуатационных затрат; E_H – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений; ΔK – сумма дополнительных капитальных вложений на реализацию новой технологии; $\Delta c(x_b, x)$ – изменение выручки от произведенной продукции; $\Delta z_1(x_b, x)$ – изменение производственных затрат предприятия-загрязнителя; $\Delta z_2(x_b, x, \Delta q)$ – изменение производственных затрат предприятия-загрязнителя на утилизацию им отходов. Эта функция учитывает, что утилизируются отходы в размере $q \leq q_n(x)$. Здесь $q_n(x)$ – величина отходов на выпуск x , рассчитанная по нормативам использования природных ресурсов; по своей сути это та величина отходов в окружающую среду, которая имела бы место, если бы отсутствовал какой-либо контроль за загрязнением; $\Delta p(x_0, \Delta q)$ – изменение платы источниками загрязнения за пользование

природными ресурсами, если изменилось количество отходов, выбрасываемых в окружающую среду на величину, Δq .

Выбор наиболее экономически эффективного варианта системы относится к многокритериальной задаче оптимизации. Такую задачу целесообразно решать, используя некоторые известные приемы, применяемые при многокритериальной оптимизации сложных систем [4].

3. Постановка задачи оптимизации терминала ТЛС как СМО

Для решения задач оптимизации параметров терминала исследуемой ТЛС целесообразно разработать математическую модель, связывающую её входные переменные через переменные состояния с выходными параметрами. Вектор входных переменных $x(t)$ в модели рассматриваемой ТЛС включает характеристики: входящего потока заявок $\lambda(t)$, процесса обслуживания $(T_{обсл1}(t), (T_{обсл2}(t))$, численность каналов $N(t)$ и мест m в очереди, а также доходно-расходные характеристики: $\bar{d}$ – средний доход терминала за 1 автомобилечас работы (АЧР), $\bar{c}_o$ – средние эксплуатационные расходы за 1 АЧР, K – капитальные вложения, $\bar{c}_n$ – средние приведенные расходы за 1 АЧР, $\bar{c}_y$ – средние расходы на утилизацию отходов за 1 АЧР, $\bar{c}_{OC}$ – средняя плата за загрязнение ОС за 1 АЧР. Объединим расходные параметры, зависящие от времени работы терминала, в параметр $\bar{C}_p(t)$. Тогда вектор входных параметров

$$x(t) = (\lambda(t), T_{обсл1}(t), T_{обсл2}(t), \bar{d}(t), C_p(t), K(t), N(t), m(t)). \quad (4)$$

Выделим из состава компонентов вектора $x(t)$ переменные, значения которых можно задавать по своему усмотрению, – управ-

ляемые переменные. К их числу отнесём $N(t)$. Вектор управляемых переменных обозначим как

$$u(t) = (\bar{d}(t), C_p(t), K(t), N(t), m(t)), u(t) \in U, \quad (5)$$

где U – область допустимых управлений, определяемая естественными ограничениями, накладываемыми на $N(t)$. Значения $N(t)$ должны быть целыми. Кроме того, логично предположить, что, несмотря на возможность манёвра ресурсами, терминал не может неограниченно наращивать $N(t)$ для выполнения рассматриваемой операции. Пусть заданы минимальное N_{min} и максимальное N_{max} значения числа средств обслуживания, которое может быть задействовано терминалом для данной операции, тогда $N(t)$ должно удовлетворять условию $N_{min} \leq N(t) \leq N_{max}$.

$$\mathbf{P}(S_l)(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t) = (P(S_0)(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t), (P(S_1)(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t), \dots, (P(S_r)(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t), \quad (7)$$

где $\mathbf{P}^0 = (P^0(S_0), P^0(S_1), \dots, P^0(S_r))$ – вектор вероятностей состояний СМО в начальный момент времени $t = 0$; $r+1$ – максимально возможное число состояний СМО.

Вероятности, составляющие вектор-функцию $\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)$, определяются путём численного интегрирования системы

$$\mathbf{z} = (T_{обсл}(t), T_{ож}(t), P\{t_{ож}(t) < \tau\}, P\{t_{преб}(t) < \tau\}, \bar{N}_3(t), P_{отк}(t), x_b, q, C, K, c(x_b, x), z_1(x_b, x), z_2(x_b, x, q), p(x_o, q)) \quad , \quad (8)$$

где $P\{t_{ож}(t) < \tau\}$ – функция распределения времени ожидания (вероятность того, что виртуальное время ожидания заявкой обслуживания $t_{ож}(t)$ не превысит величины τ); $P\{t_{преб}(t) < \tau\}$ – функция распределения времени пребывания в СМО (вероят-

Остальные компоненты $\mathbf{x}(t)$ будем считать неуправляемыми независимыми переменными и объединим их в вектор

$$\mathbf{x}'(t) = (\lambda(t), T_{обсл1}(t), T_{обсл2}(t)) \quad (6)$$

Компонентами вектора переменных состояния $\mathbf{P}$ являются вероятности состояний СМО $P(S_l)$, $l = 0, 1, \dots, r$, зависящие в общем случае от начального состояния СМО, её входных управляемых и неуправляемых переменных и времени. Таким образом, сам вектор переменных состояния $\mathbf{P}$ является вектор-функцией и может быть определён как

дифференциальных уравнений Колмогорова.

В состав компонентов вектора выходных переменных $\mathbf{z}(t)$ должны быть включены основные вероятностно-временные и эколого-экономические характеристики СМО, необходимые для решения формулируемых оптимизационных задач.

ность того, что виртуальное время пребывания заявки в СМО $t_{преб}(t)$ не превысит величины τ); $P_{отк}(t)$ – вероятность отказа очередной заявке в обслуживании. Используя подходы, изложенные в [4], представим связи перечисленных выходных переменных с переменными состояния в виде

$$\begin{aligned} T_{обсл} &= Z_{T_{обсл}}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \quad T_{ож} = Z_{T_{ож}}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \\ P\{t_{ож}(t) < \tau\} &= Z_{P_{ож}}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t), \tau), \\ P\{t_{преб}(t) < \tau\} &= Z_{P_{преб}}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t), \tau), \\ \bar{N}_3 &= Z_{\bar{N}_3}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \quad P_{отк} = Z_{P_{отк}}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \\ x_b &= Z_{x_b}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \quad q = Z_q(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \\ C &= Z_C(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \quad K = Z_K(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \\ c &= Z_c(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \quad z_1 = Z_{z_1}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \\ z_2 &= Z_{z_2}(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \quad p = Z_p(\mathbf{P}(\mathbf{P}^0, \mathbf{x}'(t), \mathbf{u}(t), t)), \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$Z_{T_{обсл}}(\cdot), Z_{T_{ож}}(\cdot), Z_{P_{ож}}(\cdot), Z_{P_{преб}}(\cdot), Z_{\bar{N}_3}(\cdot), Z_{P_{отк}}(\cdot), Z_{x_b}(\cdot), Z_q(\cdot), Z_C(\cdot), Z_K(\cdot), Z_c(\cdot), Z_{z_1}(\cdot),$$

$Z_{\bar{z}}(\bullet), Z_p(\bullet)$ – функциональные зависимости соответствующих выходных переменных от переменных состояния. Используя приведенные в (9) выходные переменные, можно для выбранной операции обслуживания на заданном временном интервале определить управление $\mathbf{u}(t)$, обеспечивающее минимум мгновенному потребному числу обслужи-

вающих каналов $N(t)$ в СМО с заданными средними виртуальными продолжительностями индивидуального $T_{обсл1}(t)$ и группового $T_{обсл2}(t)$ обслуживания, в которую поступает нестационарный пуассоновский поток заявок заданной мгновенной интенсивности $\lambda(t)$ с учетом эколого-экономических показателей работы элементов ТЛС.

$$\mathbf{u}^{opt}(t) = \arg \min_{\mathbf{u}(t) \in U} (\bar{d}(t), C_p(t), K(t), N(t), m(t)). \quad (10)$$

При выполнении этого условия оптимальная программа $\mathbf{u}^{opt}(t)$, определённая для интервала одного комплекса работ, будет в неизменном виде воспроизводиться в течение интервалов всех других комплексов. Таким образом, при введении допущения о значительной продолжительности интервалов между комплексами работ задачу поиска оптимального управления достаточно будет решить только для одного интервала продолжительностью $T_{ц'}$, момент начала которого совпадает с моментом начала комплекса работ.

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретические исследования, приведенные в работе, проверены при управлении

терминалом, входящим в транспортно-логистическую систему, обеспечивающую доставку автомобилей и запасных частей для их технического обслуживания и ремонта региональным дилерам.

При проверке использовалась программа «Терминал», написанная авторами на языке имитационного моделирования GPSS.

Разработанная имитационная модель позволила смоделировать функционирование терминала в течение 16 часов. Решалась задача выбора числа каналов в зоне погрузки-разгрузки и в офисе. Выбор варианта оценивался по двум критериям – коэффициенту загрузки терминала (рис. 1) и критерию эффективности терминала, предложенному в статье (рис. 2).

Коэффициент загрузки терминала

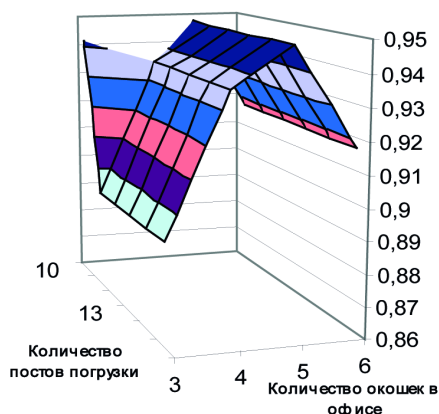


Рис. 1. Изменение коэффициента загрузки терминала

Максимальный коэффициент загрузки терминала 0,948 достигается при 10 постах загрузки и 5 обслуживающих окнах в офисе. Максимальное значение критерия эффективности терминала 0,413 наблюдается при 10 постах загрузки и 6 обслуживающих окнах в офисе.

Критерий эффективности терминала

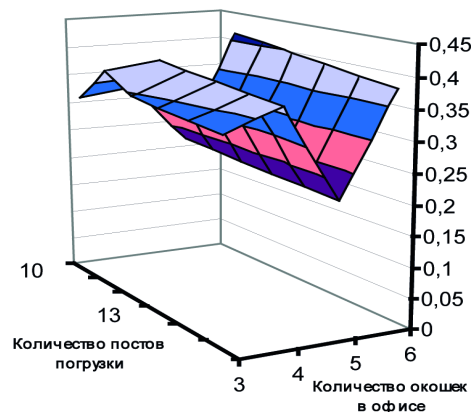


Рис. 2. Изменение критерия эффективности терминала

Выводы

Разработанные теоретические подходы, алгоритмы и процедуры решения задачи оптимизации функционирования ТЛС как СМО дают возможность:

– принимать научно обоснованные управленческие решения при обеспечении

запасными частями дилерских автомобильных центров; выявить резервы производственных мощностей обслуживающего терминала, снижения удельных затрат доставки автомобилей и запасных частей по всей логистической цепи;

– оптимизировать численность обслуживающих каналов терминала, что позволит сократить время, в течение которого требуется задействовать максимальное число каналов;

– при наличии согласованного графика прибытия автомобилей на терминал для загрузки или разгрузки выработать определённую программу управления численностью обслуживающих средств и персонала и их перераспределением как между различными операциями, так и между индивидуальным и групповым обслуживанием в пределах одной операции.

Приведённые результаты подтверждают правомерность постановки сформулированных оптимизационных задач и позволяют сформировать практические рекомендации по повышению эффективности управления с учетом экологического фактора.

Список литературы

1. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. - М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.
2. Корчагин В.А., Ляпин С.А. Управление процессами перевозок в открытых социоприродоэкономических автотранспортных системах: монография. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 261 с.
3. Корчагин В.А., Ляпин С.А., Турсунов А.А. Теоретические подходы к учету интересов окружающей среды при принятии управленческих решений // Вестник ТТУ. – 2010. – №1(9). – С. 77-85.
4. Романенко В.А. Математические модели функционирования узловых аэропортов в условиях современного авиатранспортного рынка. – Самара: Изд-во «Ас Гард», 2010. – 256 с.

5. Романенко В.А. Оптимизация управления технологическими процессами узлового аэропорта как системы массового обслуживания с нестационарными потоками и частичной взаимопомощью каналов // Управление большими системами. – 2012. – Вып. 36. – С. 209-247.

References

1. Bocharov P.P., Pechinkin A.V. Teorija massovogo obsluzhivaniya [Theory mass of service]. Moscow, RUDN Publ., 1995, 529 p.
2. Korchagin V.A., Ljapin S.A. Upravlenie processami perevozok v otkrytyh socioprirodjeko-nomicheskikh avtotransportnyh sistemah [Management of processes of transportations in open socialnatureconomic motor transportation systems]. Monografija, Lipeck, LGTU, 2007, 261 p.
3. Korchagin V.A., Ljapin S.A., Tursunov A.A. Teoreticheskie podhody k uchetu interesov okru-zhajushhej sredy pri prinjatii upravlencheskih reshenij [Theoretical approaches to mainstream the environment when making management decisions]. Vestnik TTU, Dushanbe, 2010, no.1(9), pp.77 – 85.
4. Romanenko V.A. Matematicheskie modeli funkcionirovaniya uzlovyyh ajeroportov v uslovijah sovremennogo aviatransportnogo rynka [Mathematical model of functioning of the hubs in today's airtransport market]. Samara, «As Gard» Publ., 2010, 256 p.
5. Romanenko V.A. Optimizacija upravlenija tehnologicheskimi processami uzlovogo ajeroporta kak sistemy massovogo obsluzhivaniya s nestacionarnymi potokami i chastichnoj vzaimopomoshh'ju kanalov [Optimization of management by technological processes of the nodal airport as systems of mass service with non-stationary streams and partial mutual aid of channels] // Upravlenie bol'shimi sistemami, 2012, no. 36, pp. 209 – 247.

Рецензенты:

Ли Р.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность», ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет, г. Липецк;

Шмырин А.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Высшая математика», ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет, г. Липецк.

Работа поступила в редакцию 10.06.2014.