

DYNAMIC MODELING OF LOGISTIC PROCESSES IN ENTERPRISES

Abstract: The logistics system of the enterprise is a complex multi-component system, and logistics processes consist of an ordered set of functions (stages) performed by the components of the system. The report discusses the structural and dynamic modeling of the system.

Authors information:

Plamen Dyankov

Senior Assistant, DSc, Eng.
Lecturer at Department of Engineering Logistics
At Konstantin Preslavsky – University of Shumen
✉ p.dqnikov@shu.bg
🌐 Bulgaria

Krasimir Davidov

Assoc. Prof, PhD, Eng., Lecturer
at Konstantin Preslavsky – University of Shumen
✉ k.davidov@shu.bg
🌐 Bulgaria

Въведение. Логистиката на предприятията е важен източник за повишаване ефективността на тяхната работа, за намаляване на извън производствените загуби, а също така и на загубите, свързани с възникването на проблемни ситуации. Оценяването на ефективността, откриването на проблемните ситуации и търсенето на управленски решения изискват изследване на процесите в динамика. Имитационното моделиране е един от основните инструменти за анализ на динамиката на икономическите системи, в това число и на логистичните системи на предприятията и мрежите за доставки. Кратко описание на терминологията и концепцията на имитационното моделиране на икономически процеси на микро ниво и обзор на основните методи са изложени в статията [8].

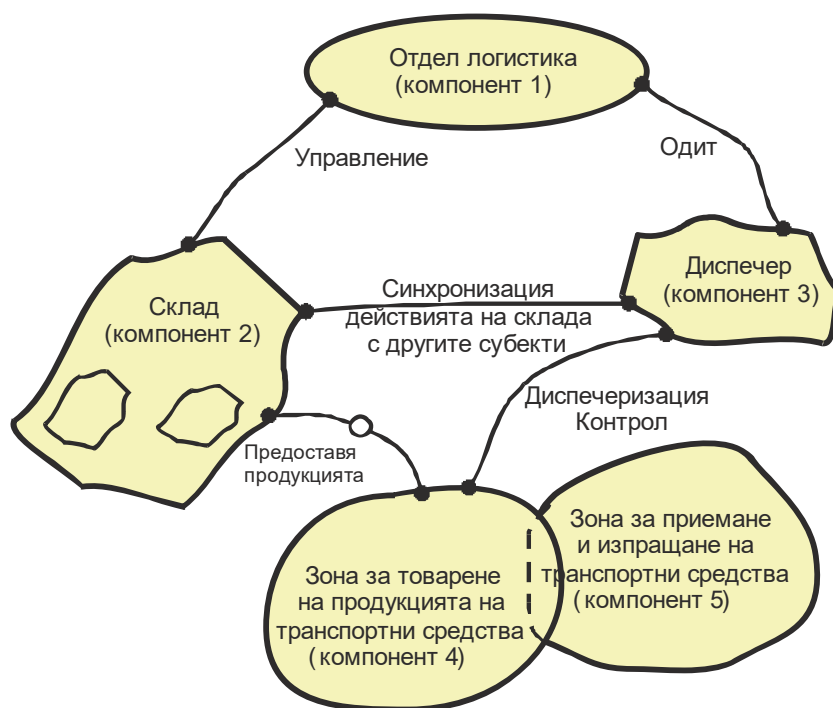
Сред моделируемите същности на логистичните процеси преобладават такива, като заявки от потребителите, исканията на производствените подразделения и товаро-материалните ценности [2]. Динамичните модели обхващат потоците от заявки, материалите, ресурсите за тяхната обработка и преместване и така наречените нива на натрупване на тези същности. Задачите по определянето на оптималните значения на нивата на натрупване на товарно-материалните ценности се отнасят към управлението на запасите. Синхронизирането на работата на взаимодействащите подразделения се заключава в отстраняването на диспропорциите в потоците и нивата на натрупване посредством коригиране на пропускателните способности на всяко от подразделенията и интензивността на потоците между тях [1]. Въпросите за синхронизацията остават актуални, доколкото в логистичния процес са въвлечени много субекти от логистичната система и субекти от нейната външна среда. Освен това, в логистичния процес има съвкупност от потоци и потокови процеси, които са свързани помежду си [4]. При това осъществяването на логистичния процес може да бъде разбито на множество поредни стадии, всеки от които може да се изпълнява от един или няколко субекта.

Постановка на задачата. В доклада се поставя задачата за използване методите на структурното моделиране за описване работата на елементите на логистичната система и разработването на динамичен модел за анализ на многостадийни процеси във вид на последователни във времето работи, изпълнявани от субектите на дадена система, на основание подхода изложен в [6]. Практическата значимост от реализацията на представената задача се заключава във възможността за откриване на "тесните места", формирането на резерви и синхронизация на дейността на субектите от логистичната система.

Резултати. Логистичната система, от позицията на подходите за нейния анализ и

моделиране, представлява организационно сложна, многокомпонентна, мултиагентна система. В качеството на потвърждение на това определение и основа за постановка на проблема, на фиг. 1 схематично е показан фрагмент от логистична система, с типичните за много предприятия организационни съставящи и техните функции. Показаният фрагмент илюстрира характерните особености на логистичната система, а именно: разнородността и многофункционалността на връзките между подразделенията; сложната организационна подредба и подчинеността на субектите (агентите) в системата; използването на едни и същи ресурси; ангажираността в единния процес на осигуряване съхранимостта на продукцията и нейното преместване; зависимостта на всяко подразделение от другите подразделения и др.

Всеки компонент на логистичната система притежава собствени правила на функциониране, състояния и преходи между тях. В нея протичат щатни и нещатни събития, осъществява се определен набор от операции (функции). В световната литература постоянно се развиват подходи за прилагане и приспособяване на методите на структурното моделиране към нуждите на управленските процеси и методите на имитационното моделиране [5], в частност, подхода към прилагането на методологията UML за разработването на дискретно-динамични модели [7].

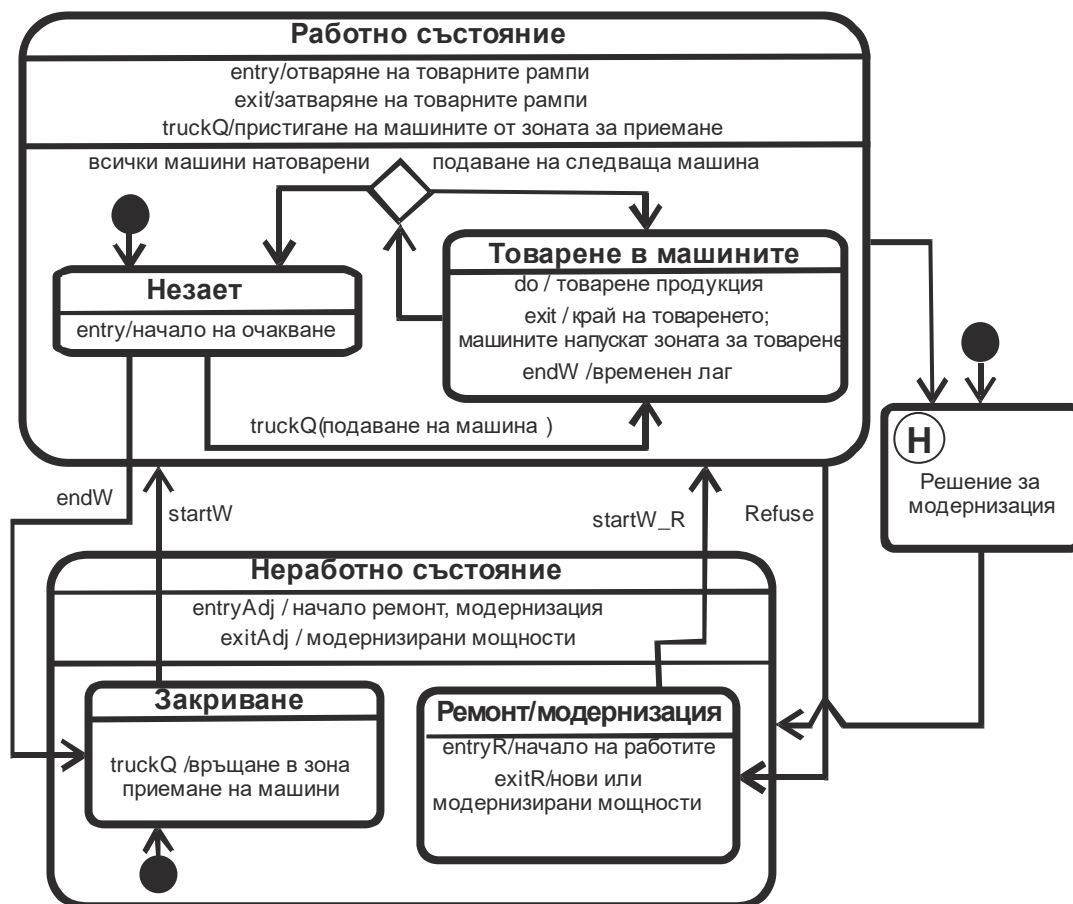


Фиг. 1. Фрагмент от логистична система, с типичните организационни съставящи и техните функции

Концептуалния модел на функционирането на зоната за товарене на продукцията на транспортни средства от гледна точка на състоянието ѝ по време на изпълнението на нейните задачи и функции, се задава с помощта на диаграма на състоянията (Statechart diagram), както е показано на фиг.2. С правоъгълници са показани състоянията, през които преминава зоната за товарене (компонент 4) по време на своята работа. На състоянията съответстват определени значения на атрибутите на дадената предметна област. Стрелките показват преходите от едно към друго състояние, предизвикани от изпълнението на определените функции на компонент 4.

Всички компоненти на логистичната система могат да бъдат представени във вид на диаграма на състоянията, а също така и във вид на диаграма на последователностите и диаграма на дейностите в смисъла на UML [3]. Това позволява да имаме представа за:

работата на всеки компонент във вид на последователност от смени на състоянията при настъпването на определени събития; изпращаните съобщения при възникнали прецеденти; преходите на потока за управление от една дейност към друга. При все това, за разбирането на работата на всички компоненти, като единна система, е необходимо да се осигурят връзки между тях чрез използването на взаимосвързаните параметри за регулиране и общите обекти.



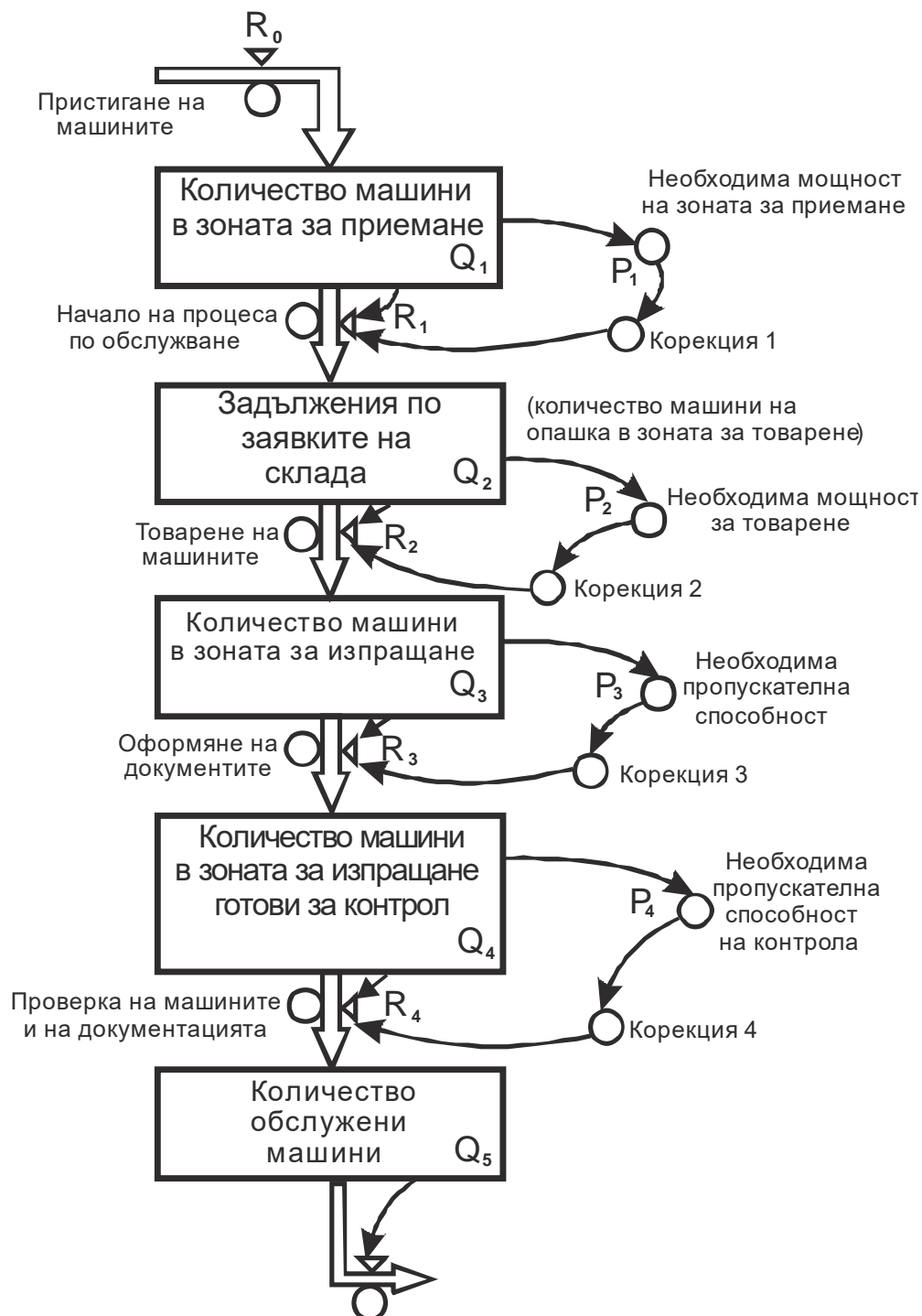
Фиг. 2 Диаграма на състоянията на зоната за товарене на продукция

Следователно, логистичния процес трябва да се представя във вид на подредена съвкупност от логистични обекти: работни обекти, ресурси, организационни единици, функции и събития.

Структурата на логистичния процес от гледна точка обработването на работния обект с използване на определени ресурси за това и с отчитане на отделените по-рано събития се изобразява във вид на последователност от етапи, осъществявани от всеки компонент на логистичната система. Такъв подход при описването на процеса намалява ролята на организационната структура на логистичната система, като твърд регламент на нейната работа. Важно е осигуряването на резултативност в целия логистичен процес и по възможност приспособяване на организационната структура към новите изисквания. В резултат от структурния анализ на изследваната предметна област на логистичната система получаваме: състава на взаимодействащите си материални и информационни обекти, взаимосвързаните функции, събитията и управляващите въздействия, организационните единици, топологията и способите за комуникация на техническите средства.

Като приложение към структурните диаграми на логистичните процеси, използвани за тяхната по-дълбока детайлизация, са картите на функциите (Process Chart). Типовите елементи

на картите на функциите са: операция, движение (преместване), съхранение, задръжки, контрол (проверка на качеството). Те се характеризират с временни показатели. Алгоритъмът за разработване на картите на функциите описан в [9, с. 210-211]. За разгледаната на фиг.1 съставна част на логистична система на фирма, като работен обект са представени транспортните средства, а ресурсите, задействани в процеса на обслужване на транспортните средства и ограничаващи интензивността на тяхната обработка във всеки етап са обединени в такива същности, като "пропускателна способност", "мощност" и "обем". Дадената структура на логистичния процес, представена в контекста на системната динамика (фиг.3), служи като основа за разработването и реализацията на съответстващ имитационен модел (ИМ.1) на логистичен процес за обслужване на транспортни средства. Даденият модел (ИМ.1) е разработен от позиция на интензивността на натоварване на транспортните средства. Всяка машина в процеса на обслужване преминава няколко етапа: приемане на стоянка; превеждане в зоната за товарене; товарене; преминаване в зоната за изпращане с последващо оформяне на документите и проверка на натовареното транспортно средство. Измененията в количеството постъпващи транспортни средства (R_0) и на производителността (P_1, \dots, P_4) в подразделенията на логистичната система, отговарящи за изпълнението на всеки етап, водят до появата на опашки в указаните участъци на дадената система. Възникването на опашки се съпровожда със загуби за фирмата, затова то е заинтересувано от намаляване на времето за престой на транспортното средство и общото време за престой на всички транспортни средства. Постъпването на транспортните средства може да се задава детерминирано или с помощта на случайна величина. За имитационна демонстрация на модела ИМ.1 предполагаме, че отдел логистика през определен промеждутък от време ξ (например, всяка седмица) извършва одит на операционната дейност в подчинените му подразделения, анализира ефективността на тяхната работа и на основа на получената аналитична информация изработва решения, позволяващи да се намали несъответствието между съществуващата пропускателна способност и нейното необходимо значение. В модела за даден процес отговарят променливи под името "корекция". Същевременно пълния цикъл на реализация на коригиращите решения τ продължава средно 4 седмици.



Фиг. 3 Схема на динамичния модел на логистичен процес за обслужване на транспортните средства в контекста на системната динамика

Тогава динамиката на изменение на пропускателната способност на j -тия участък на логистичната система P_{jt} (производителност на етапа) се описва чрез уравнението:

$$P_{j,t+1} = P_{j,t} + \frac{\hat{P}_{j,t} - P_{j,t}}{\tau} \quad (1)$$

където $\hat{P}_{j,t}$ - необходимо ниво на пропускателната способност, която се определя по формулата:

$$\begin{cases} \hat{P}_{j,t} = \alpha + R_{0,t} + (1 - \alpha) \frac{Q_{j,t}}{\lambda} \\ P_{j,t} = \hat{P}_{j,t-1} \end{cases} \text{ ако } (t \bmod \xi) = 0 \quad (2)$$

където: λ – продължителност, необходима за погасяване на закъснението (на едно превозно средство);

$\alpha \in [0,1]$ – параметър на регулирането;

mod – оператор за деление по модул.

Промяната на количеството машини на опашката за изпълнението на един етап (Q_j) се задава чрез уравнението:

$$Q_{j,t+1} = Q_{j,t} + R_{j-1,t} - R_{j,t}, \quad (3)$$

където: R_{jt} – интензивност на изпълнение на j – тия етап в момент от време t .

Както се вижда от уравнение (3), необслужените за периода t на j -я етап транспортни средства автоматично преминават в разряд необслужени в следващия период ($t+1$). Върху изменението на количеството машини намиращи се в очакване влияе съотношението между интензивностите на работа в съседните участъци (в два последователни етапа):

$$R_{j-1,t} \Leftrightarrow R_{j,t}.$$

При преобладаващ предшестващ участък (етап) променливата Q_j ще нараства и обратно, по-високата интензивност на работа в следващия участък способства за намаляването на неговото закъснение. Ще отбележим, че в качеството на времеви интервал взимаме един работен ден.

Интензивността на изпълнение на j -тия етап ($R_{j,t}$) е ограничена от пропускателната способност на съответното подразделение $P_{j,t}$. Този обем от работа, който е необходимо да се изпълни за период t (един работен ден) се определя от количеството машини, очакващи началото на изпълнение на j -я етап и машините, обслужени през етапа ($j-1$):

$$R_{j,t} = \min(P_{j,t}, Q_{j,t} + R_{j-1,t}). \quad (4)$$

Ще отбележим, че променливата R_{0t} е интензивността на постъпването на транспортните средства в логистичната система откъм външната среда. Дадената променлива може да бъде константна, да се задава с детерминиран план-график или с помощта на функция на разпределение във вид на случайна величина. При това в модела (ИМ.1) могат да бъдат реализирани скокообразни изменения на променливата R_{0t} .

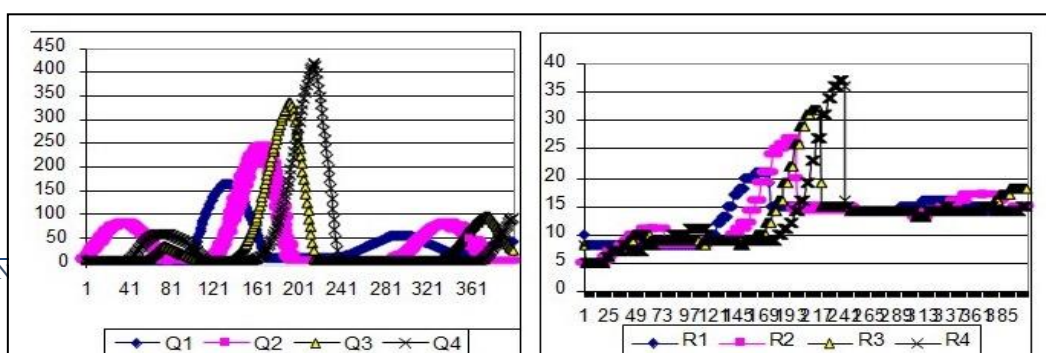
По този начин, уравнения (3) и (4) отчитат връзката между последователните етапи в динамика. Уравнения (1)-(4) напълно изобразяват структурата и динамиката на предметната област на модела ИМ.1. Замествайки значенията на параметрите $\tau, \lambda, \alpha, \xi$ и началните значения на променливите $Q_{j,1}$ и $P_{j,1}$, получаваме сценарий за функционирането на логистичната система от позиция на ефективността на процеса на обслужване (товарене и изпращане) на транспортните средства. На фиг. 4 са представени следните сценарии:

а) имитация при зададени параметри $\tau = 20, \lambda = 2, \alpha = 0,5, \xi = 5$ и значения за $R_{0,t} = 8 \forall t \in [1,98]$ и $R_{0,t} = 15 \forall t \in [99,400]$, а също началните значения

$$Q_1 = 2, Q_2 = 1, Q_3 = 3, Q_4 = 0, P_1 = 15, P_2 = 5, P_3 = 15, P_4 = 10$$

б) имитация при същите значения на параметрите, както в предния сценарий, но случайната величина $R_{0,t}$ съответства на нормалния закон на разпределение;

в) имитация при $\lambda = 2, \xi = 5, \alpha = 0,9, P_1 = 15, P_2 = 10, P_3 = 15, P_4 = 10$ и диференцирани значения τ : $\tau_1 = 40, \tau_2 = 80, \tau_3 = 5$ и $\tau_4 = 10$ ($R_{0,t}$ има същите значения, както в предния сценарий).



а)

Фиг. 4. Резултати от реализацията на модела IM.1

Моделът IM.1 позволява да се обоснове стратегия за управление мощността на логистичната система, насочена към максимално удовлетворяване на заявките за товарене на транспортните средства и минимално време за чакане при условия на ниско ниво на загуби.

Изводи. Използвания в доклада подход, изложен в [6], за разработване на динамични модели на логистични процеси отчита структурно-функционалните компоненти на логистичната система и разбива процеса на стадии (последователност от функции), които се осъществяват от тези компоненти. Аналогично на разработения модел на логистичен процес за обслужване на транспортни средства (IM.1) могат да бъдат разработени модели за различни многостадийни процеси в логистична система, например такива, като обработка на заявки, в това число електронни, и тяхното изпълнение, вътрешноцехови премествания на товарно-материални ценности, мултимодален превоз на товари, сключване на договори и др. Представените на фиг. 4 графики на показателите свидетелстват за сложния характер на динамиката на дейности свързани помежду си и с тясно специализирани компоненти на логистичната система, дори при техния малък брой.

References:

1. Bereznoy V.I., Porohnya T.A. Vidy logisticheskikh potokov i ih modelirovanie // Vestnik SevKavGTU. Seria "Экономика": sb. nauch. tr.–2002.–№2.// http://science.ncstu.ru/articles/econom/7/06.pdf/file_download.
2. Gribanova E.B., Mitsely A.A. Algoritmicheskie imitatsionnye modeli upravleniya materialnymi zapasami na sklade // Izvestia Tomsko- go politehnicheskogo universiteta. – 2006. – Т. 309, № 8. – S. 201-207.
3. Ivashtenko A.V., Stalykin A.A., Kalyshechenko U.M. Primenenie me- todologii UML pri avtomatizatsii upravleniya biznes-protsessami // Elektr. zh-l "Issledovano v Rossii". – S. 1049-1053 // <http://zhurnal.ape. relarn.ru/articles/2004/094.pdf>.
4. Katochkov V.M. Voprosy metodologii logistiki vzaimodeyst- vuyushtih potokovykh protsessov // Izvestia Chelyabinskogo nauchnogo tsentra. – 2005. – Выр. 3 (29). – S. 101-106.
5. Shalamov A.S., Kaaly S.A. Uproshtennaya modely logistiki siste- my materialnykh obaektov mnogorazovogo ispolzovania // Logistika se- godnya. – 2006. – №3. – S. 27-35.
6. Anderson E.G., Morrice D.J. A simulation model to study the dynam- ics in a service-oriented supply chain // Proceedings of the 1999 Winter Simula- tion Conference. – pp. 742-748.
7. Knaak N., Page B. Applications and extensions of the unified model- ling language UML 2 for discrete event simulation // I.J. of Simulation. – 2007. – Vol. 7, No 6. – pp. 33-42.
8. Sanchez P. J. Fundamentals of simulation modeling // Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference. – pp. 54-62.
9. Waters D. Logistics. An introduction to supply chain management. – New York: Palgrave macmillan, 2003. – 354 p.