УДК 510.217

ПРОБЛЕМЫ АУТСОРСИНГА ПРИ РЕМОНТЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

МЕДВЕДЕВА М. И.

УДК 510.217

Медведева М. И. Проблемы аутсорсинга при ремонте и обслуживании технологического оборудования

Статья посвящена вопросу вычисления стационарных вероятностей состояний системы массового обслуживания с ненадежным оборудованием, профилактикой и переналадкой в начале производственного цикла. Описывается функционирование как основного, так и вспомогательного материального потока логистической системы. Предполагается, что входной поток на обработку заказов имеет пуассоновское распределение, а время выхода оборудования из строя, время переналадки и время профилактики имеют показательные законы распределения. Обслуживание оборудования осуществляют две бригады: ремонтная и профилактическая. Ремонтная бригада восстанавливает оборудование, вышедшее из строя, причем заказы, находящиеся на приборе, не теряются, а дообслуживаются в оставшееся время. Вторая бригада занимается проведением только профилактических работ. Рассмотрена одна из возможных схем, при которой оборудование по завершению производственного цикла уходит на профилактику. Ограничений на величину очереди нет. Найдены основные характеристики описанной выше системы, а именно: вероятности того, что прибор находится в нерабочем состоянии, на профилактике и на переналадке. Найденные вероятности состояний описанной системы могут быть использованы для оценки целесообразности ремонтного аутсорсинга на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: *система массового обслуживания, ремонт и профилактика оборудования, материальный поток, логистические системы, аутсорсинг.*

Рис.: *1.* ***Формул:*** *23.* ***Библ.:*** *7.*

Медведева Марина Ивановна – *кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и математических методов в экономике, Донецкий национальный университет (ул. Университетская, 24, Донецк, 83001, Украина)*

E-mail: *rumnik49@mail.ru; zemmrik@mail.ru*

УДК 510.217

Медведєва М. І. Проблеми аутсорсингу при ремонті та обслуговуванні технологічного обладнання

Стаття присвячена питанню обчислення стаціонарних ймовірностей станів системи масового обслуговування з ненадійним обладнанням, профілактикою та переналагодженням на початку виробничого циклу. Описується функціонування як основного, так і допоміжного матеріального потоку логістичної системи. Передбачається, що вхідний потік на обробку замовлень має пуассонівський розподіл, а час виходу обладнання з ладу, час переналагодження і час профілактики мають показові закони розподілу. Обслуговування обладнання здійснюють дві бригади: ремонтна та профілактична. Ремонтна бригада відновлює обладнання, що вийшло з ладу, причому замовлення, що знаходяться на приладі, не губляться, а дообслуговуються у часі, що лишився. Друга бригада займається проведенням тільки профілактичних робіт. Розглянуто одну з можливих схем, при якій обладнання після завершення виробничого циклу їде на профілактику. Обмежень на величину черги немає. Знайдено основні характеристики описаної вище системи, а саме: імовірності того, що прилад знаходиться в неробочому стані, на профілактиці та на переналадці. Знайдені ймовірності станів описаної системи можуть бути використані для оцінки доцільності ремонтного аутсорсингу на промислових підприємствах.

Ключові слова: *система масового обслуговування, ремонт і профілактика обладнання, матеріальний потік, логістичні системи, аутсорсинг.*

Рис.: *1.* ***Формул:*** *23.* ***Бібл.:*** *7.*

Медведєва Марина Іванівна – *кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики та математичних методів в економіці, Донецький національний університет (вул. Університетська, 24, Донецьк, 83001, Україна)*

E-mail: *rumnik49@mail.ru; zemmrik@mail.ru*

UDC 510.217

Medvedyeva M. I. Problems of Outsourcing when Repairing and Servicing Production Equipment

The article is devoted to the issue of calculation of stationary probabilities of states of the system of mass servicing with unreliable equipment, servicing and re-adjustment at the beginning of the production cycle. The article describes functioning both of the main and auxiliary material flow of the logistic system. It is supposed that the incoming flow for processing or orders has a Poisson distribution and the time of breakage of equipment, the time of re-adjustment and the time of servicing have indicative laws of distribution. Equipment is serviced by two crews: maintenance and service. The maintenance crew repairs broken equipment and the orders on the device are not lost but are serviced during the time left. The second crew deals only with servicing works. The article considers one of the possible schemes when the equipment required for completion of the production cycle is sent for servicing. There are no restrictions with respect to the length of the queue. The article finds main characteristics of the above described system, namely: probability that the device is not in working condition and is sent for servicing and re-adjustment. The found probabilities of states of the described system could be used for assessment of expediency of the repair outsourcing at industrial enterprises.

Key words: *system of mass servicing, equipment repair and servicing, material flow, logistic systems, outsourcing.*

Pic.: *1.* ***Formulae:*** *23.* ***Bibl.:*** *7.*

Medvedyeva Maryna I.– *Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Mathematics and Mathematical Methods in Economics, Donetsk National University (vul. Universytetska, 24, Donetsk, 83001, Ukraine)*

E-mail: *rumnik49@mail.ru; zemmrik@mail.ru*

Одной из важнейших задач управления промышленными предприятиями в настоящее время является обеспечение надежности эксплуатации технологического оборудования. При этом на первое место выходят вопросы, связанные с организацией и контролем надежности технологического оборудования, определением оптимальной стратегии его ремонта, профилактики и переналадки. Современная теория производства характеризуется, в частности, системным подходом к вопросам снабжения, организации производственного процесса и сбыта готовой продукции [1, 2]. Очевидно, все это тесно связано с проблемами управления профилактикой и ремонтным обслуживанием производственного оборудования.

Эффективное функционирование современного предприятия, его способность выпускать конкурентоспособную продукцию во многом определяется деятельностью его вспомогательных служб, задачей которых является обеспечение работоспособного состояния производственного оборудования с минимальными затратами. При этом возрастающая роль ремонтных служб в обеспечении эффективной работы предприятия ставит задачи формирования и развития организационно-экономического механизма управления ремонтными службами. Однако, в силу сложившихся традиций, ремонтные службы относятся к вспомогательному производству, в связи с чем им уделяется недостаточно внимания. Необходимость сосредоточиться на основном производстве часто ставит перед предприятием вопрос о выводе на аутсорсинг тех функций (ремонтных служб), которые не являются стратегически важными и легко поддаются стандартизации. Инструменты логистики и аутсорсинга [3, 4, 5] позволяют предприятиям повысить свою конкурентоспособность, эффективность и гибкость, уменьшить риски и затраты [6, 7]. Данная работа посвящена построению и анализу одной из вероятностных моделей ремонтного обслуживания производственного оборудования.

Пусть некоторая производственно-экономическая система может быть описана с помощью одноканальной системы массового обслуживания разомкнутого типа с простейшим входным потоком интенсивности $\lambda > 0$. Предполагается, что прибор может выйти из строя, только находясь в рабочем состоянии, при этом заявка, находящаяся на обслуживании, не теряется. Момент выхода оборудования из строя – случайная величина, подчиняющаяся показательному закону распределения с параметром χ. Обслуживание оборудования осуществляют две бригады: ремонтная и профилактическая. Ремонтная бригада восстанавливает оборудование, вышедшее из строя. Длительность восстановления имеет показательный закон распределения с параметром ψ_2. Профилактическое обслуживание оборудования проводится второй бригадой, при этом длительность профилактики подчиняется показательному закону распределения с параметром ψ_1. Кроме того, предполагается, что после восстановления прибор требует переналадки, длительность которой имеет показательный закон распределения с параметром υ. Найдем стационарные вероятности состояний данной СМО.

Для решения поставленной задачи рассмотрим возможные состояния системы:

$(0, k)$ – прибор вышел из строя и восстанавливается, в системе k требований, $k \geq 0$;

$(1, 0)$ – прибор свободен – неготов;

$(1, k)$ – прибор работает, в системе k ($k \geq 1$) требований;

$(0^*, k)$ – прибор находится в состоянии переналадки, в системе (($k \geq 1$) требований;

$(2, 0^*, k)$ – прибор находится одновременно в состоянии профилактики и переналадки, в системе $k \geq 1$ требований;

$(2, k)$ – прибор в состоянии профилактики, в системе $k \geq 0$ требований.

С учетом введенных предположений составляем размеченный граф состояний системы (*рис. 1*).

Пусть $\xi(t)$ – случайный процесс, заданный на пространстве

$$E = \{(0,k),(1,k),(2,k),\ k \geq 0;\ (0^*,e),\ (2,0^*,e),\ e \geq 1\}.$$

Рассмотрим стационарные вероятности состояний процесса $\xi(t)$:

$$P_{ik} = \mathrm{P}\{\xi(t) = (i,k)\},\ i = 0,1,2,\ k \geq 0;$$

$$P_{0^*k} = \mathrm{P}\{\xi(t) = (0^*,k)\},\ k \geq 1;$$

$$P_{20^*k} = \mathrm{P}\{\xi(t) = (2,0^*,k)\},\ k \geq 1.$$

С помощью графа состояний (см. рис. 1) составляем систему бесконечных алгебраических уравнений для вероятностей P_{ik}:

$$\begin{cases} -(\lambda+\psi_2)P_{01} + \mathrm{c}\,P_{11} = 0, \\ -(\lambda+\psi_2)P_{0k} + \mathrm{l}\,P_{0,k-1} + \mathrm{c}\,P_{1k} = 0,\ k \geq 2. \end{cases} \quad \textbf{(1)}$$

$$\begin{cases} -(\lambda+\upsilon)P_{0^*1} + \lambda P_{10} + \psi_1 P_{20^*1} + \psi_2 P_{01} = 0, \\ -(\lambda+\upsilon)P_{0^*2} + \lambda P_{0^*1} + \psi_1 P_{20^*2} + \psi_2 P_{02} = 0, \\ -(\lambda+\upsilon)P_{0^*k} + \lambda P_{0^*,k-1} + \psi_1 P_{20^*k} + \psi_2 P_{0k} = 0,\ \ k \geq 3. \end{cases} \quad \textbf{(2)}$$

$$\begin{cases} -\lambda P_{10} + \psi_1 P_{20} = 0, \\ -(\lambda+\mu+\chi)P_{11} + \nu P_{0^*1} + \psi_1 P_{21} + \mu P_{12} = 0, \\ -(\lambda+\mu+\chi)P_{1k} + \lambda P_{1,k-1} + \nu P_{0^*k} + \psi_1 P_{2k} + \mu P_{1,k+1} = 0, \end{cases} \quad \textbf{(3)}$$

$k \geq 2.$

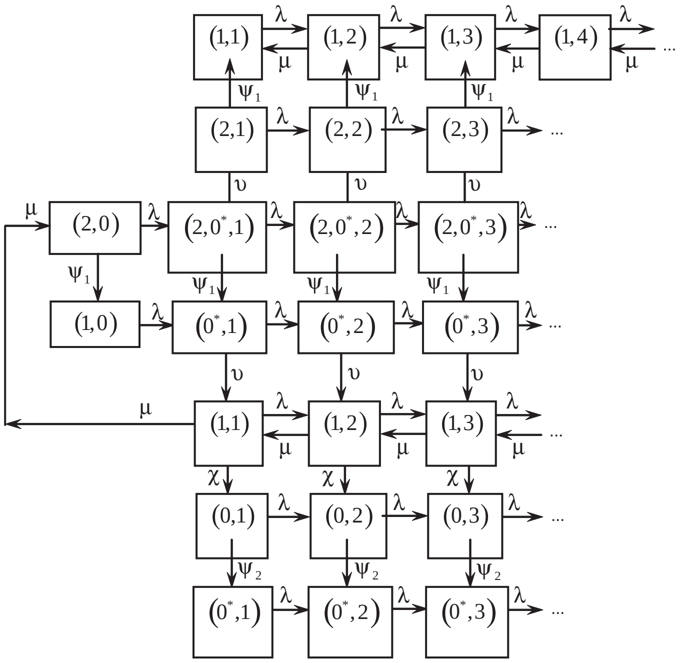

Рис. 1. Граф состояний и переходов в одноканальной СМО с ненадежным оборудованием, профилактикой и переналадкой

$$\begin{cases} -(\lambda+\psi_1)P_{20}+\mu P_{11}=0, \\ -(\lambda+\psi_1)P_{21}+vP_{20^*1}=0, \\ -(\lambda+\psi_1)P_{2k}+\lambda P_{2,k-1}+vP_{20^*1}=0, \quad k\geq 2. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} -(\lambda+v+\psi_1)P_{20^*1}+\lambda P_{20}=0, \\ -(\lambda+v+\psi_1)P_{20^*2}+\lambda P_{20^*,k-1}=0, \quad k\geq 2. \end{cases} \quad (5)$$

Для того, чтобы найти решения систем (1) – (5), введем следующие производящие функции:

$$a_0(z)=\sum_{k\geq 1}P_{0k}z^k,\ a_0^*(z)=\sum_{k\geq 1}P_{0^*k}z^k,\ a_1(z)=\sum_{k\geq 1}P_{1k}z^k,$$

$$a_2(z)=\sum_{k\geq 0}P_{2k}z^k,\ a_2^*(z)=\sum_{k\geq 1}P_{20^*k}z^k.$$

После умножения обеих частей уравнений систем (1) – (5) на z^k, суммирования по k и несложных преобразований соответственно получаем следующие равенства:

$$(\rho+\beta_2-\rho z)\ a_0(z)-\gamma a_1(z)=0, \quad (6)$$

$$(\rho+\delta-\rho z)\ a_0^*(z)-\beta_1 a_2^*(z)-\beta_2 a_0(z)=\rho z P_{10}, \quad (7)$$

$$\begin{aligned}&(\rho z^2-z(1+\rho+\gamma)+1)\ a_1(z)+\\ &+\delta z a_0^*(z)+\beta_1 z a_2(z)=z(P_{11}+\beta_1 P_{20}),\end{aligned} \quad (8)$$

$$-(\rho+\beta_1-\rho z)\ a_2(z)+\delta a_2^*(z)=\rho z P_{20}-P_{11}, \quad (9)$$

$$(\rho+\delta+\beta_1-\rho z)\ a_2^*(z)=\rho z P, \quad (10)$$

где $\rho=\dfrac{\lambda}{\mu},\ \beta_i=\dfrac{\psi_i}{\mu},\ i=1,2,\ \delta=\dfrac{v}{\mu},\ \gamma=\dfrac{\chi}{\mu}.$

Из первых уравнений систем (3) и (4) составляем новую систему уравнений:

$$\begin{cases} -\rho P_{10}+\beta_1 P_{20}=0, \\ -(\rho+\beta_1)P_{20}+P_{11}=0. \end{cases}$$

Из последней системы уравнений легко находим

$$P_{20}=\frac{\rho}{\beta_1}P_{10}, \quad (11)$$

$$P_{11}=\frac{\rho(\rho+\beta_1)}{\beta_1}P_{10}. \quad (12)$$

Подставив выражения (11) и (12) в равенство (9), после несложных преобразований, получаем

$$a_2(z)=\frac{\rho}{\beta_1}P_{10}-\frac{\delta a_2^*(z)}{\rho z-\rho-\beta_1}. \quad (13)$$

Из уравнения (10) следует, что

$$a_2^*(z)=\frac{\rho^2 z\ P_{10}}{(\rho+\delta+\beta_1-\rho z)\beta_1}. \quad (14)$$

Теперь подставив равенство (13) в уравнение (7), находим

$$\begin{aligned}&(\rho+\delta-\rho z)a_0^*(z)-\beta_2 a_0(z)=\\ &=\frac{(2\rho+\delta+\beta_1-\rho z)}{\rho+\delta+\beta_1-\rho z}\rho z\ P_{10}.\end{aligned} \quad (15)$$

Из равенств (8), (11), (12) и (13) следует, что

$$\begin{aligned}&(\rho z^2-z(1+\rho+\gamma+1))\,a_1(z)+\delta z a_0^*(z)=\\ &=\frac{\rho z(\rho+\beta_1)}{\beta_1}P_{10}+\frac{\delta\beta_1 z a_2^*(z)}{\rho z-\rho-\beta_1}.\end{aligned} \quad (16)$$

Для упрощения дальнейших рассуждений введем следующие обозначения:

$$d_1(z)=\rho+\beta_2-\rho z;\ d_2(z)=\rho z^2-z(1+\rho+\gamma)+1;$$

$$d_3(z)=\rho+\delta-\rho z;$$

$$d_4(z)=\frac{2\rho+\delta+\beta_1-\rho z}{\rho+\delta+\beta_1-\rho z}\rho z\,P_{10}=[\beta_1 a_2^*(z)+\rho z\,P_{10}];$$

$$d_5(z)=\frac{\rho z(\rho+\beta_1)}{\beta_1}P_{10}+\frac{\delta\beta_1 z a_2^*(z)}{\rho z-\rho-\beta_1}.$$

Из уравнений (6), (15) и (16) составляем систему уравнений, которая с учетом введенных обозначений принимает вид

$$\begin{cases} d_1(z)a_0(z)-\gamma a_1(z)=0, \\ -\beta_2 a_0(z)+d_3 a_0^*(z)=d_4(z), \\ d_2(z)a_1(z)+\delta z a_0^*(z)=d_5(z). \end{cases} \quad (17)$$

Система уравнений (17) позволяет выразить производящие функции $a_0(z)$, $a_1(z)$ и $a^*_0(z)$ через одну стационарную вероятность P_{10}.

В частности, из (17) легко получаем

$$a_1(z)=\frac{d_1(z)}{\gamma}a_0(z), \quad (18)$$

$$a_0^*(z)=\frac{d_4(z)}{d_3(z)}+\frac{\beta_2}{d_3(z)}a_0(z), \quad (19)$$

$$a_0(z)=\frac{\gamma(d_3(z)d_5(z)-\delta z d_4(z))}{d_1(z)d_2(z)d_3(z)+\gamma\delta\beta_2 z}. \quad (20)$$

Для вычисления неизвестной стационарной вероятности P_{10} воспользуемся условием нормировки

$$P_{10}+a_0^*(1)+a_0(1)+a_1(1)+a_2(1)+a_2^*(1)=1.$$

Тогда

$$a_1(1)=\frac{\beta_2}{\gamma}a_0(1),\ \ a_0^*(1)=\frac{d_4(1)}{\delta}+\frac{\beta_2}{\delta}a_0(1),$$

$$a_0(1)+a_1(1)+a_0^*(1)=\frac{\delta\gamma+\beta_2(\delta+\gamma)}{\delta\gamma}a_0(1)+\frac{d_4(1)}{\delta},$$

$$a_2(1)=\frac{\rho}{\beta_1}P_{10}+\frac{\delta a_2^*(1)}{\beta_1},\ \ \frac{d_4(1)}{\delta}=\frac{\beta_1}{\delta}a_2^*(1)+\frac{\rho}{\delta}P_{10},$$

$$a_2^*(1)=\frac{\rho^2 P_{10}}{\beta_1(\delta+\beta_1)}.$$

Следовательно, условие нормировки принимает вид:

$$\begin{aligned}&\frac{\delta\gamma+\beta_2(\delta+\gamma)}{\delta\gamma}a_0(1)+\frac{\beta_1}{\delta}a_2^*(1)+\frac{\rho}{\delta}P_{10}+\\ &+\frac{\rho}{\beta_1}P_{10}+\frac{\rho a_2^*(1)}{\beta_1}+a_2^*(1)=1.\end{aligned}$$

$$\frac{\delta\gamma+\beta_2(\delta+\gamma)}{\delta\gamma}a_0(1)+\frac{\delta\beta_1+\beta_1^2+\delta^2}{\delta\beta_1}a_2^*(1)+$$
$$+\frac{\rho(\delta+\beta_1)}{\delta\beta_1}P_{10}=1,$$

или, с учетом равенств (13), (14), (18) и (19),

$$\frac{\delta\gamma+\beta_2(\delta+\gamma)}{\delta\gamma}a_0(1)+\frac{\beta_1^2+\delta^2+\delta\beta_1}{\delta\beta_1}a_2^*(1)+$$
$$+\frac{\rho(\delta+\beta_1)+\delta\beta_1}{\delta\beta_1}P_{10}=1. \quad (21)$$

Таким образом, задача сводится к вычислению значения производящей функции $a_0(z)$ в точке $z = 1$.

Если в равенстве (20) перейти к пределу при $z \to 1$, то можно показать, что

$$a_0(z)\xrightarrow[z\to 1]{}\frac{\gamma\rho((\rho(\delta+\beta_1)\beta_1\delta)P_{10}+(\beta_1^2+\delta^2+\delta\beta_1)a_2^*)}{\beta_1(\beta_2\delta-\rho(\gamma\delta+\gamma\beta_2+\beta_2\delta))}. \quad (22)$$

Из соотношения (22) находим условие существования стационарных вероятностей:

$$\rho<\frac{\beta_2\delta}{\gamma(\delta+\beta_2)+\beta_2\delta}. \quad (23)$$

Наконец, найденное значение подставляем в условие нормировки (21), которое после преобразований принимает вид:

$$\frac{\beta_2}{\beta_1}\cdot\frac{KP_{10}}{\beta_2\delta-\rho(\delta\gamma+\beta_2(\delta+\gamma))}=1,$$

где $K=\rho(\delta+\beta_1)+\beta_1\delta+\dfrac{\rho^2(\beta_1^2+\delta^2+\delta\beta_1)}{\beta_1(\delta+\beta_1)}.$

Таким образом, искомая стационарная вероятность имеет вид

$$P_{10}=\frac{\beta_1(\beta_2\delta-\rho(\delta\gamma+\beta_2\delta+\beta_2\gamma))}{\beta_2K},$$

или

$$P_{10}=\frac{\beta_1^2(\delta+\beta_1)(\beta_2\delta-\rho(\delta\gamma+\beta_2\delta+\beta_2\gamma))}{(\beta_1\left(\rho(\delta+\beta_1)+\beta_1\delta\right)(\delta+\beta_1)+\rho^2(\beta_1^2+\delta^2+\delta\beta_1))\beta_2}.$$

Найденное значение P_{10} позволяет найти все вероятности состояний рассматриваемой СМО. В частности, вероятность того, что оборудование находится на профилактике и в системе нет требований, равна

$$P_{20}=\frac{\rho\beta_1(\delta+\beta_1)(\beta_2\delta-\rho(\delta\gamma+\beta_2\delta+\beta_2\gamma))}{(\beta_1(\rho(\delta+\beta_1)+\beta_1\delta)(\delta+\beta_1)+\rho^2(\beta_1^2+\delta^2+\delta\beta_1))\beta_2}.$$

Это позволяет найти вероятность того, что возникнет необходимость привлечения второй бригады, занимающейся профилактикой оборудования.

Также с помощью стационарной вероятности P_{10} можно определить вероятность того, что потребуется первая (ремонтная) бригада или обе бригады одновременно. Значения этих вероятностей позволяют оценить экономическую целесообразность аутсорсинга на предприятии. При этом в зависимости от значений указанных вероятностей, а также различных стоимостных характеристик предприятие может передавать сторонним организациям или профилактику, или ремонт оборудования, или сразу оба процесса.

ВЫВОДЫ

Получены стационарные вероятности СМО с ненадежным оборудованием, профилактикой и переналадкой с привлечением двух обслуживающих бригад, что позволяет решать вопрос о целесообразности ремонтного аутсорсинга. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. **Румянцев Н. В.** Производственные системы с ненадежными станками, профилактикой и переналадкой в начале работы / Н. В. Румянцев, М. И. Медведева // В моногр. : Моделирование социально-экономических систем: Теория и практика / Под ред. В. С. Пономаренко, Т. С. Клебановой, Н. А. Кизима. – Харьков : ФЛП Александрова К. М. ; ИД «ИНЖЭК». – 2012. – 592 с. – С. 554 – 570. – ISBN 978-966-2194-41-8.

2. **Омельченко В. Я.** Управление материальными потоками в микроэкономике / В. Я. Омельченко, А. П. Омельченко, В. Г. Кузнецов. – Севастополь : Вебер, 2003. – 263 с.

3. **Ламонов Д.** Пять проблем при аутсорсинге / Д. Ламонов. – Ярославский центр субконтрактации [Электронный режим]. – Режим доступа : http://yarcs.yartpp.ru/outsourcing_5problem.htm

4. **Адлер М.** Как выбрать аутсорсера и зачем он нужен? / М. Адлер. – Ярославский центр субконтрактации [Электронный режим]. – Режим доступа : http://yarcs.yartpp.ru/outsourcing_vybor.htm

5. **Сальникова Л.** Аутсорсинг: экономия чужими руками / Л. Сальникова. – Ярославский центр субконтрактации [Электронный режим]. – Режим доступа : http://yarcs.yartpp.ru/outsourcing_econom.htm

6. **Овчаренко А. В.** Использование стратегии аутсорсинга в продовольственных логистических системах / А. В. Овчаренко, Е. В. Володина // Инженерный вестник Дона. Электронный научно-инновационный журнал. – 2010. – № 4 [Электронный режим]. – Режим доступа : http:// www. indon. ru

7. **Румянцев Н. В.** Управление производственными системами на основе аутсорсинга / Н. В. Румянцев, М. И. Медведева // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем», 9 – 10 квітня 2012 р., м. Харьків. – Харьків : ФОП Александрова К. М., ВД «ІНЖЕК», 2012. – С. 46 – 51. – ISBN 978-966-2194-40-1.

REFERENCES

Adler, M. “Kak vybrat autsorsera i zachem on nuzhen?“ [How to choose the outsourcer and why is it needed?]. http://yarcs.yartpp.ru/outsourcing_vybor.htm

Lamonov, D. “Piat problem pri autsorsinge“ [Five issues in outsourcing]. http://yarcs.yartpp.ru/outsourcing_5problem.htm

Omelchenko, V. Ya., Omelchenko, A. P., and Kuznetsov, V. G. *Upravlenie materialnymi potokami v mikroekonomike* [Materials management in microeconomics]. Sevastopol: Veber, 2003.

Ovcharenko, A. V., and Volodina, E. V. “Ispolzovanie strategii autsorsinga v prodovolstvennykh logisticheskikh sistemakh“

[Using outsourcing strategy in food logistics systems]. http://www.indon.ru

Rumiantsev, N. V., and Medvedeva, M. I. "Proizvodstvennye sistemy s nenadezhnymi stankami, profilaktikoy i perenaladkoy v nachale raboty" [Production systems with unreliable machines, prevention and readjustment at the beginning]. In *Modelirovanie sotsialno-ekonomicheskikh sistem: Teoriia i praktika*, 554-570. Kharkov: FLP Aleksandrova K. M.; ID «INZhEK», 2012.

Salnikova, L. "Autsorsing: ekonomiia chuzhimi rukami" [Outsourcing: saving someone else's hands]. http://yarcs.yart-pp.ru/outsourcing_econom.htm

Rumiantsev, N. V., and Medvedeva, M. Y. "Upravlenye proyzvodstvennymy systemamy na osnove autsorsynha" [Management of production systems through outsourcing]. In *Suchasni problemy modeliuvannia sotsialno-ekonomichnykh system*, 46-51. Kharkiv: FOP Aleksandrova K. M., VD «INZhEK», 2012.

УДК 330.4

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ И ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

ПОЛШКОВ Ю. Н.

УДК 330.4

Полшков Ю. Н. О прогнозировании макроэкономических показателей с помощью конечно-разностных уравнений и эконометрических методов

В статье рассматриваются данные о валовом внутреннем продукте, потребительских расходах, валовых инвестициях, объёме внешней торговли для национальной экономики. Предполагается, что время является дискретной переменной с шагом в один год. Используются конечно-разностные уравнения. Рассматриваются модели с высокой степенью регуляторной функции государства по отношению к потребительскому рынку. Эконометрическая составляющая базируется на гипотезе, что каждый из названных выше макроэкономических показателей в данном году зависит от валового внутреннего продукта за предыдущие временные периоды. Такое предположение даёт возможность задействовать метод наименьших квадратов для построения линейных моделей парной регрессии. Получена модель временного ряда, которая позволяет строить точечные и интервальные прогнозы для валового внутреннего продукта будущего года, опираясь на значения валового внутреннего продукта в текущем и предыдущем годах. Сделан вывод о том, что такие прогнозы можно признать состоятельными хотя бы в краткосрочной перспективе. Построенная модель с математической точки зрения является неоднородным конечно-разностным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами. Обсуждаются особенности таких уравнений. Аналитический вид решений конечно-разностного уравнения проиллюстрирован графически. Это даёт основание различать национальные экономики как экономики устойчивого роста, «однобокие», слабые или находящиеся в стадии удачного реформирования. Проведено сопоставление перечисленных типов с конкретными экономиками современных государств.

***Ключевые слова:** динамическая модель, эконометрическое уравнение, макроэкономические показатели, прогноз.*
***Рис.:** 2. **Табл.:** 1. **Формул:** 16. **Библ.:** 10.*

***Полшков Юлиан Николаевич** – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра математики и математических методов в экономике, Донецкий национальный университет (ул. Университетская, 24, Донецк, 83001, Украина)*
***E-mail:** yul-pol@yandex.ua*

УДК 330.4

Полшков Ю. М. Про прогнозування макроекономічних показників за допомогою кінцево-різницевих рівнянь та економетричних методів

У статті розглядаються дані про валовий внутрішній продукт, споживчі витрати, валові інвестиції, обсяг зовнішньої торгівлі для національної економіки. Припускається, що час є дискретною змінною з кроком в один рік. Використовуються кінцево-різницеві рівняння. Розглядаються моделі з високим ступенем регуляторної функції держави по відношенню до споживчого ринку. Економетрична складова базується на гіпотезі, що кожний з названих вище макроекономічних показників в даному році залежить від валового внутрішнього продукту за попередні часові періоди. Таке припущення надає можливість застосувати метод найменших квадратів для побудови лінійних моделей парної регресії. Отримана модель часового ряду, яка дозволяє будувати точкові та інтервальні прогнози для валового внутрішнього продукту наступного року, спираючись на значення валового внутрішнього продукту в поточному та попередньому роках. Зроблено висновок про те, що такі прогнози можна признати слушними хоча б у короткостроковій перспективі. Побудована модель з математичної точки зору є неоднорідним кінцево-різницевим рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами. Обговорюються особливості таких рівнянь. Аналітичний вигляд рішень кінцево-різницевих рівнянь проілюстровано графічно. Це надає підставу розрізняти національні економіки як економіки стійкого зростання, «однобічні», слабкі або ті, що перебувають у стадії вдалого реформування. Проведено зіставлення наведених типів з конкретними економіками сучасних держав.

***Ключові слова:** динамічна модель, економетричне рівняння, макроекономічні показники, прогноз.*
***Рис.:** 2. **Табл.:** 1. **Формул:** 16. **Бібл.:** 10.*

***Полшков Юліан Миколайович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедра математики і математичних методів в економіці, Донецький національний університет (вул. Університетська, 24, Донецьк, 83001, Україна)*
***E-mail:** yul-pol@yandex.ua*

UDC 330.4

Polshkov Yu. M. On Forecasting Macro-Economic Indicators with the Help of Finite-Difference Equations and Econometric Methods

The article considers data on the gross domestic product, consumer expenditures, gross investments and volume of foreign trade for the national economy. It is assumed that time is a discrete variable with one year iteration. The article uses finite-difference equations. It considers models with a high degree of the regulatory function of the state with respect to the consumer market. The econometric component is based on the hypothesis that each of the above said macro-economic indicators for this year depends on the gross domestic product for the previous time periods. Such an assumption gives a possibility to engage the least-squares method for building up linear models of the pair regression. The article obtains the time series model, which allows building point and interval forecasts for the gross domestic product for the next year based on the values of the gross domestic product for the current and previous years. The article draws a conclusion that such forecasts could be considered justified at least in the short-term prospect. From the mathematical point of view the built model is a heterogeneous finite-difference equation of the second order with constant ratios. The article describes specific features of such equations. It illustrates graphically the analytical view of solutions of the finite-difference equation. This gives grounds to differentiate national economies as sustainable growth economies, one-sided, weak or being in the stage of successful re-formation. The article conducts comparison of the listed types with specific economies of modern states.

***Key words:** dynamic model, econometric equation, macro-economic indicators, forecast.*
***Pic.:** 2. **Tabl.:** 1. **Formulae:** 16. **Bibl.:** 10.*

***Polshkov Yulian M.**– Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Mathematics and Mathematical Methods in Economics, Donetsk National University (vul. Universytetska, 24, Donetsk, 83001, Ukraine)*
***E-mail:** yul-pol@yandex.ua*