

4. **Малярец Л. М., Рижих І. Ю.** Застосування QR-розкладу прямокутних матриць Хаусхолдеровими відображеннями в регресійному аналізі // Економіка розвитку.– Харків : ХНЕУ.– 2009.– № 1(49).– С. 16 – 20.

5. **Малярец Л. М., Никольский І. А.** Об одной математической проблеме многомерного регрессионного анализа // Бизнес Информ.– Харьков : ИД «ІНЖЕК».– 2009.– № 8.– С. 81 – 87.

6. **Малярец Л. М., Азаренков Г. Ф.** Особенности параметров линейных регрессионных моделей в реальных экономических задачах / У монографії: «Лібермановські читання: економічна спадщина та сучасні проблеми / Під заг. ред. д. е. н., проф. Пономаренка В. С., Кизима М. О., к. е. н., доц. Зими О. Г.– Харків : ФОП Лібуркіна Л. М.; ВД «ІНЖЕК», 2009.– 296 с.

7. **Лук'яненко І. Г.** Економетрика : підручник. / І. Г. Лук'яненко, Л. І. Краснікова.– К. : Тов. «Знання», КОО, 1998.– 494 с.

УДК 519.218.31

## ГИБКИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕНАЛАДКОЙ В НАЧАЛЕ ПЕРИОДА ЗАНЯТОСТИ И ПОТЕРЕЙ ТРЕБОВАНИЙ

**РУМЯНЦЕВ Н. В.**

*доктор экономических наук*

**Донецк**

**Ж**изнеспособность предприятия во многом зависит от его ассортиментной политики и способности широко варьировать выпуск продукции без ущерба для развития предприятия. До 1970-х годов гибкость сбыта обеспечивалась за счет создания на складах большого запаса готовой продукции. Изменение ассортимента выпускаемой продукции в условиях функционирования больших предприятий являлось делом довольно сложным, так как требовалось много времени и средств на замену, установку и наладку новой техники и оборудования [1, 2].

С появлением логистического подхода акцент с создания запасов готовой продукции переносится на создание запасов производственной мощности, т. е. предлагается переход к созданию и организации производства по типу гибких производственно-логистических систем (ГПАС) [1, 2], которые способны быстро реагировать на изменения конъюнктуры рынка. Кроме этого, стремление сохранить преимущества массового производства и учесть тенденции к его индивидуализации также убеждает предпринимателей в прогрессивности организации производства по типу гибких производственных систем. Снижение стоимости продукции достигается не традиционным увеличением продукции, а в результате логистической организации производственного процесса, увязки и синхронизации всех материальных потоков. В структуре издержек производства значительная доля приходится на выполнение логистических операций. Снижение этих затрат влечет непосредственное снижение себестоимости продукции уже на этапе производства. Например, в промышленности на долю логистики приходится в среднем около 30% общей суммы производственных издержек, причем они распределены следующим образом: 41% логистических расходов приходится на транспорт; 21% – на хранение товаров; 23% – на материальные запасы; 15% – административные расходы [3].

Гибкие производственно-логистические системы обладают свойством автоматизированной переналадки при производстве продукции произвольной номенклатуры или оказании услуг в установленных пределах. Ориентируясь на создание гибких производственных систем, прежде всего, необходимо определиться с категорией гибкости. Под гибкостью понимают способность производственно-логистической системы оперативно адаптироваться к изменению условий функционирования с минимальными затратами и без потерь, а в исключительных случаях с минимальным снижением производительности. Гибкость является одним из эффективных средств обеспечения устойчивости производственного процесса.

**П**од системной гибкостью, в самом общем смысле, понимают предельную способность системы к изменению своих состояний, при котором не ухудшается ее эффективность [4, 5]. Под гибкостью предприятия понимают его способность переходить из одного работоспособного функционального состояния в другое, с минимальными затратами или потерями или вообще без таковых [4]. Гибкая производственно-логистическая система представляет собой совокупность в разных сочетаниях оборудования с числовым программным управлением, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования, систем обеспечения функционирования гибких переналаживаемых систем в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени.

Основные организационно-производственные критерии, предъявляемые к производственно-логистическим системам, заключаются в поддержании стабильного уровня выходных параметров (объема и ритма выпуска, качества и стоимости продукции), то есть в обеспечении организационно-экономической устойчивости промышленного производства при наличии множества различных внешних и внутренних возмущений.

Поскольку гибкость изначально заложена в структуру предприятия и проявляется как потенциал к преодолению различных возмущений, то естественно предположить, что наиболее объективная методика расчета гибкости должна быть направлена на анализ и учет возмущающих факторов.

Проявлением воздействия внешних факторов отклоняющих воздействий на производственно-логистическую систему могут быть:

- ✦ обновление ассортимента продукции в соответствии с рыночным спросом;
- ✦ изменение объемов выпуска продукции, а следовательно и размеров партий запуска;
- ✦ нарушение ритмичности материально-технического снабжения, в том числе срыва сроков поставки заготовок;
- ✦ конструктивные модификации, влекущие необходимость переналадки и переподготовки производства.

Факторами внутренних возмущающих воздействий, влекущих нарушение производственного процесса, могут быть:

- ✦ сбой и поломки основного оборудования;
- ✦ поломки режущего и другого вспомогательного инструмента;
- ✦ брак при изготовлении продукции;
- ✦ сбой и отклонения в работе производственного персонала.

В процессе организации производства и формировании производственно-логистических подсистем, обеспечивающих устойчивость соответствующих процессов, необходимо иметь представление о типах и особенностях гибких производственных систем [1, 2].

Различают два типа гибкости производственно-логистических систем: качественная и количественная гибкость. Качественная гибкость достигается за счет наличия универсального оборудования, способного в процессе производства к переналадке для выпуска произвольной номенклатуры, а также универсального обслуживающего персонала. Она включает в себя следующие элементы: гибкость оборудования; ассортиментную гибкость; технологическую гибкость; гибкость объемов производства; гибкость расширения системы (конструктивную гибкость); универсальность системы; уровень оперативной автономности.

В работе рассматривается один вид гибкости, а именно: гибкость оборудования, которая характеризуется длительностью и стоимостью переналадки или переориентации оборудования с изготовления одного вида продукции (деталей) на другой в рамках закрепленного в производственном плане ассортимента. Показателем данной гибкости является количество деталей, изготавливаемых в промежутках между переналадками. Поэтому в процессе организации производства важно вначале определить оптимальный размер данной партии. Оптимальной партией изделий считается такая партия, при которой затраты в расчете на одно изделие будут минимальными. Для решения задачи выбора размера оптимальной партии принято считать, что себестоимость продукции складывается из прямых затрат на изготовление продукции и издержек на хранение запасов. Вопросы определения оптимального числа продукции, выпускаемой от одной переналадки до другой, были рассмотрены автором в монографии [6].

Вопросы определения числовых характеристик гибких производственных систем рассматривались в работе [7] при различных поведеньях гибкой системы до начала переналадки прибора и после ее окончания. Отметим, что в данных работах рассматривались системы массового обслуживания с переналадкой прибора, который наступает после поступления требования в свободную систему, причем предполагалось, что требования, поступившие в систему во время переналадки производства, накапливаются в очереди и после окончания переналадки прибора немедленно принимаются к обслуживанию этих и поступающих в дальнейшем заказов.

**Постановка задачи.** В данной работе исследуются вопросы определения числовых характеристик гибких производственных систем в предположении, что требования, поступившие в систему во время переналадки прибора, теряются. Опишем подробно процесс подготовки производства к выпуску новой партии товара, причем считаем, что сбоев и поломок основного оборудования поломок режущего и другого вспомогательного инструмента не допускается. Итак, предположим, что некоторое предприятие или производство интерпретируется одноканальной системой массового обслуживания, на вход которой поступает пуассоновский поток заявок интенсивности  $\lambda > 0$ . Обслуживание требований производится в порядке поступления, причем длительность обслуживания имеет показательный закон распределения с параметром  $\mu > 0$ . Прибор обладает особенностью, состоящей в том, что после обслуживания требований, находящихся в системе, он переходит в свободное состояние, которое будем называть состоянием «свободен-неготов». Первое требование, поступившее в систему, теряется, однако оно вызывает переналадку прибора, длительность которой имеет показательный закон распределения с параметром  $\nu > 0$ . Все требования, поступающие во время переналадки прибора, теряются. После окончания переналадки прибор переходит в свободное состояние, которое будем называть состоянием «свободен-готов».

Описанная система обслуживания является моделью большого числа реальных систем: телекоммуникационных, производственно-транспортных, процессов хранения и распределения продукции.

**Решение задачи.** Для решения вышеописанной системы рассмотрим случайный марковский процесс  $\xi(t)$ , фазовое пространство которого имеет вид  $E = \{(0, 0), 0, 0^*, 1, 2, 3, \dots\}$ , где состояние  $(0, 0)$  – означает, что прибор свободен-неготов;  $0^*$  – означает, что прибор проводит переналадку;  $0$  – означает, что прибор свободен и готов к обслуживанию требований (свободен-готов);  $k (k \geq 1)$  – означает, что в системе находится  $k$  требований, причем одно из них обслуживается, а  $(k - 1)$  – требование ожидает обработки.

Построим размеченный граф состояний процесса  $\xi(t)$ . Имеем (рис. 1):

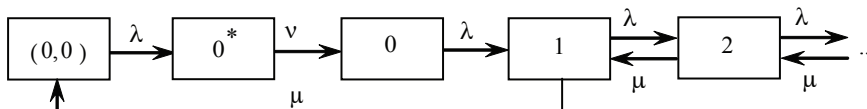


Рис. 1. Размеченный граф состояний, описывающий функционирование системы с переналадкой и потерей требований

Пусть  $P_{00} = P \{ \xi(t) = (0,0) \}$ ,  $P_{0^*} = P \{ \xi(t) = 0^* \}$ ,  $P_k = P \{ \xi(t) = k \}$ ,  $k \geq 0$  – стационарные вероятности состояний данной системы. Тогда на основании размеченного графа состояний легко можно составить систему уравнений для стационарных вероятностей состояний данной системы, которые имеют вид:

$$\begin{cases} -\lambda P_{00} + \mu P_1 = 0 \\ -v P_{0^*} + \lambda P_{00} = 0 \\ -\lambda P_0 + v P_{0^*} = 0 \\ -(\lambda + \mu) P_k + \lambda P_{k-1} + \mu P_{k+1} = 0, k \geq 1. \end{cases} \quad (1)$$

Решая систему (1), находим, что

$$P_{00} = P_0, P_{0^*} = \frac{\lambda}{v} P_0, P_k = \rho^k P_0, k \geq 0, \quad (2)$$

где  $\rho = \lambda/\mu$ .

Вероятность  $P_0$  находится из условия нормировки

$$P_{00} + P_{0^*} + \sum_{k \geq 0} P_k = 1. \quad (3)$$

После подстановки в (3) выражений из (2) находим, что

$$P_0 = \frac{v(1-\rho)}{v + (\lambda + v)(1-\rho)}. \quad (4)$$

Теперь можно определить укрупненные характеристики гибкой логистической системы, которые используются при количественном анализе эффективности функционирования данной системы.

1) Вероятность того, что прибор находится в состоянии переналадки, равна

$$P_{0^*} = \frac{\lambda(1-\rho)}{v + (\lambda + v)(1-\rho)}. \quad (5)$$

2) Вероятность того, что прибор свободен-неготов  $P_{00}$  равна (4), а вероятность того, что прибор занят обслуживанием требований

$$P_{зан} = \sum_{k \geq 1} P_k = \frac{\rho P_0}{1-\rho} = \frac{v\rho}{v + (\lambda + v)(1-\rho)}. \quad (6)$$

**Замечание 1.** Формулы (2), (4) – (6) применимы

когда  $v < \infty$ , т. е. когда время переналадки  $\frac{1}{v} > 0$ . Эти

формулы неприменимы, когда  $v \rightarrow \infty$ , т. е. когда время переналадки очень мало, или отсутствует. В данном случае необходимо использовать классические формулы Эрланга [8].

**Замечание 2.** Если предположить, что в системе имеется ограничение на величину очереди, т. е. предположим, что длина очереди не превосходит  $k$ , то в данном случае формулы (2) будут принимать вид

$$P_{00} = P_0, P_{0^*} = \frac{\lambda}{v} P_0, P_k = \rho^k P_0, k = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Подставляя (7) в условие нормировки (3) находим величину  $P_0$ :

$$P_0 = \frac{(\lambda + v)(1-\rho) + v(1-\rho^{n+1})}{v(1-\rho)}. \quad (8)$$

Тогда вероятность того, что прибор производит переналадку, равна

$$P_{0^*} = \frac{\lambda(1-\rho)}{(\lambda + v)(1-\rho) + v(1-\rho^{n+1})}. \quad (9)$$

Вероятность того, что прибор свободен-неготов так же равна (8), а вероятность того, что прибор занят обслуживанием требований

$$P_{зан} = \sum_{k=1}^n P_k = \frac{v\rho(1-\rho^n)}{(\lambda + v)(1-\rho) + v(1-\rho^{n+1})}. \quad (10)$$

**Замечание 3.** Для построения оптимальной управляемой системы с переналадкой (речь идет о выборе величин  $\lambda, v$ ) необходимо при построении функционала затрат использовать или формулы (4), (5), (6), или (8), (9), (10). ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николайчук В. Е., Кузнецов В. Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция) : Монография. – Донецк : ДонГУ, «КИТИС», 1999. – 413 с.
2. Модели и методы теории логистики : Учебное пособие / Под ред. В. С. Лукинського. – СПб. : Питер, 2003. – 175 с.
3. Рейнхард Юнеманн. Материальные потоки и логистика. – Берлин : Изд-во Шпрингер, 1989.
4. Комплексные оценки в системе рейтингового управления предприятием / А. П. Белый, Ю. Г. Лысенко, А. А. Мадых, К. Г. Макаров. – Донецк : Юго-Восток, 2003. – 117 с.
5. Самочкин В. Н. Гибкое развитие предприятия. Анализ и планирование. – М. : Дело, 1999. – 336 с.
6. Румянцев Н. В. Моделирование гибких производственно-логистических систем : Монография. – Донецк : Изд-во Юго-Восток, 2004. – 235 с.
7. Рыжиков Ю. И. Расчет системы массового обслуживания с порогом включения и «разогревом» // Техническая кибернетика. – 1974. – № 6. – С. 125 – 131.
8. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М. : Наука, 1987. – 336 с.