

Румянцев Н.В., д.э.н., проф., ДонНТУ
Румянцев М.В.
Rumyantsev M.V.
e-mail: mmme@dongu.donetsk.ua

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

АННОТАЦИЯ. В работе рассмотрена модель системы массового обслуживания с потерей требований во время переналадки прибора, неограниченной очередью позволяющая оценить основные параметры гибкой логистической системы.

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянута модель системи масового обслуговування з втратою вимог під час переналагодження приладу, необмеженою чергою, яка дозволяє оцінити основні параметри гнучкої логістичної системи.

SUMMARY. In work the model of system of mass service with loss of requirements during readjustment of the device is considered, unlimited turn allowing estimating key parameters of flexible logistical system.

Жизнеспособность предприятия во многом зависит от его ассортиментной политики и способности широко варьировать выпуском 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 (ГПЛС) [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.

Под 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:

- сбои и поломки основного оборудования;
- поломки режущего и другого вспомогательного инструмента;
- брак при изготовлении продукции;

- сбои 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 перехода (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 поведении 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, они 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:

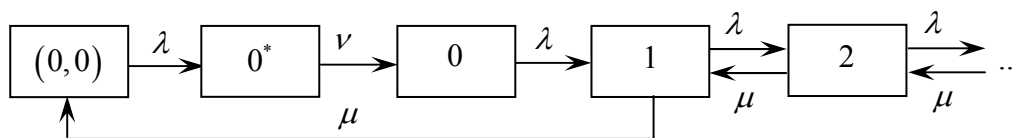


Рис. 1. Размеченный граф состояний, описывающий функционирование системы с переналадкой и потерей требований

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:

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

Решая систему (1), находим, что

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

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

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

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

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

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

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

Замечание 1. Формулы (2), (4)-(6) применимы когда $\nu < \infty$, т.е. когда время переналадки $\frac{1}{\nu} > 0$. Эти формулы неприменимы, когда $\nu \rightarrow \infty$, 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

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

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

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

Тогда вероятность того, что прибор производит переналадку, равна

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

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

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

Замечание. Для построения оптимальной управляемой системы с переналадкой (речь идет о выборе величин λ, ν) необходимо при построении функционала затрат использовать или формулы (4), (5), (6), или (8), (9), (10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. Лукинского. – Питер, 2003. – 175 с.
3. Рейнхард Юнеманн. Материальные потоки и логистика. – Берлин: Изд-во Шпрингер, 1989г.

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, № 6. – 1974.- с.125-131.
8. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания/Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко.– М.: Наука, 1987. – 336 с.