

УДК 519.218.31

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

Румянцев Николай Васильевич
д.э.н., профессор, заведующий кафедрой
«Экономическая кибернетика»,
Донецкий национальный технический университет

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

ГНУЧКІ ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ З ПЕРЕНАЛАГОДЖЕННЯМ В КІНЦІ ПЕРІОДУ ЗАЙНЯТОСТІ І ВТРАТОЮ ВИМОГ

Румянцев Микола Васильович
д.э.н., профессор, завідуючий кафедрою
«Економічна кібернетика»,
Донецький національний технічний університет

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.

FLEXIBLE LOGISTIC SYSTEMS WITH VACATION AT THE END OF BYSIE PERIOD OF EMPLOYMENT AND LOSS OF REQUIREMENTS

Rumyantsev Nicolaj Vasilyovich
Professor managing by a department
«Economic cybernetics»,
Donetsk national technical university

Annotation. 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.

ВВЕДЕНИЕ. 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. Снижение стоимости продукции достигается не традиционным увеличением продукции, а в результате логистической организации производственного процесса, увязки и синхронизации всех материальных потоков [3].

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 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.

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.

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 немедленно после завершения периода занятости, причем предполагалось, что требования, поступившие в систему во время переналадки оборудования, накапливаются в очереди и после окончания переналадки прибора, они немедленно принимаются к обслуживанию, а затем обслуживаются требования, поступившие в систему во время обработки деталей.

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 сбоек и поломок основного оборудования поломок режущего и другого вспомогательного инструмента во время работы 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 их

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 состояние переналадки, длительность которой имеет показательный закон распределения с параметром $\nu > 0$. Требования, поступающие в систему во время переналадки, теряются. После окончания переналадки прибор переходит в свободное состояние, которое будем называть состоянием «свободен-готов», находясь в котором, он способен обслуживать поступающие требования или заказы.

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

$E_1 = \{0^*, 0, 1, 2, \dots\}$, где состояния процесса характеризуется как:

0^* – гибкая производственная система находится в состоянии переналадки;

0 – гибкая производственная система свободна и готова к обработке заказов (свободна – готова);

$k (k \geq 1)$ - означает, что в системе находится k требований, причем одно из них обслуживается, а $(k - 1)$ – требование ожидает обработки.

Для упрощения составления уравнений Колмогорова, описывающих зависимость вероятностей состояний случайного процесса $\xi(t)$, заданного на фазовом пространстве E построим размеченный граф. Имеем:

Пусть $P_{0^*} = P\{\xi(t) = 0^*\}$, $P_k = P\{\xi(t) = k\}$, $k \geq 0$ - 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:

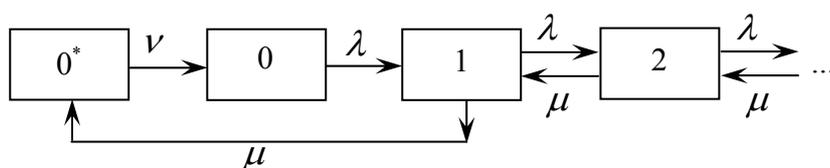


Рис. 1. Размеченный граф состояний, описывающий функционирование системы с переналадкой в конце периода занятости и потерей требований

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

Решая полученную систему (1), находим формулы, являющиеся обобщением формул Эрланга [8]:

$$P_{0^*} = \frac{\rho}{\delta} P_0, \quad P_k = \rho^k P_0, \quad k \geq 1 \quad (2)$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, $\delta = \frac{\nu}{\mu}$.

Вероятность P_0 находим из условия нормировки $P_{0^*} + P_0 + P_1 + \dots = 1$. После подстановки в него выражений из (2), находим, что

$$P_0 = \frac{\delta(1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta}, \quad (3)$$

при условии, что $\rho < 1$.

Теперь подставляя (3) в (2) получаем, что

$$P_k = \frac{\delta \rho^k (1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta}, \quad k \geq 1. \quad (4)$$

Замечание. Если предположить, что время переналадки стремится к нулю или, что равносильно тому, что $\delta \rightarrow \infty$, то из (3) находим величину

$$\begin{cases} P_{0^*} = 0, \\ P_k = \rho^k (1-\rho), \quad k \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

Итак, видим, что формулы (5) совпадают с формулами Эрланга [8] для одноканальной системы массового обслуживания.

Для описания и анализа гибкой производственной системы необходимо подсчитать основные ее характеристики:

1) вероятность отказа в обслуживании заказа в гибкой системе определяется вероятностью того, что она находится в состоянии (0^*) . Итак,

$$\text{вероятность отказа } P_{отк} \text{ равна } P_{отк}^{(1)} = P_{0^*} = \frac{\rho}{\delta} P_0 = \frac{\rho(1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta};$$

2) относительная пропускная способность системы равна $1 - P_{отк}$

$$P_{отн}^{(1)} = 1 - P_{отк} = 1 - P_{0^*} = 1 - \frac{\rho}{\delta} P_0 = \frac{\delta}{\rho(1-\rho) + \delta};$$

3) абсолютная пропускная способность A , равная среднему числу заказов, обрабатываемых в единицу времени, равна

$$A^{(1)} = \lambda P_{отн} = \lambda \left(1 - \frac{\rho}{\delta} P_0 \right) = \frac{\lambda \delta}{\rho(1-\rho) + \delta};$$

4) достаточно важной характеристикой системы является средняя длина очереди $\bar{q}^{(1)}$. Она, в нашем случае вычисляется по формуле

$$\bar{q}^{(1)} = 0 \cdot (P_{0^*} + P_0 + P_1) + P_2 + 2P_3 \dots = \sum_{k=1}^{\infty} k P_{k+1} = \frac{\rho^2 P_0}{(1-\rho)^2} = \frac{\rho^2 \delta}{(\delta + \rho(1-\rho))^2 (1-\rho)};$$

5) среднее время ожидания заявок в очереди $\bar{t}_{ож}$ совпадает со средним временем ожидания в системе $M/M/1$ и равно

$$\bar{t}_{ож}^{(1)} = \frac{\bar{q}}{\lambda} = \frac{\rho^2 P_0}{\lambda(1-\rho)^2} = \frac{\rho^2 \delta}{\lambda(1-\rho)[\delta + \rho(1-\rho)]^2};$$

6) важной характеристикой, учитываемой при определении качества работы гибкой производственной системы, является коэффициент занятости, который в нашем случае равен просто вероятности занятости системы $K_{зан}$ и которая вычисляется как

$$K_{зан} = P_1 + P_2 + \dots = \sum_{k \geq 1} P_k = \sum_{k \geq 1} \rho^k P_0 = \frac{\rho P_0}{1-\rho} = \frac{\rho \delta}{\delta + \rho(1-\rho)}.$$

Итак, в заключение отметим, что для характеристики работы гибкой производственной системы еще необходимо знать три основные характеристики, влияющие на эффективность работы предприятия:

– вероятность переналадки, определяющая среднее время, в течение которого гибкая система производит переналадку, т.е. если время t – это время функционирования системы, то в состоянии переналадки она находилась в

$$\text{среднем } t \cdot P_0^* \text{-времени, т.е. } t \cdot P_0^* = \frac{t(1-\rho)}{\delta(\rho(1-\rho)+\delta)};$$

– вероятность простоя P_0 системы, которая означает, что в течение времени $t \cdot P_0$, т.е. в течение времени, $t \cdot P_0 = \frac{\delta t(1-\rho)}{\rho(1-\rho)+\delta}$ гибкая производственная система простаивает;

– вероятность занятости системы $P_{зан}$, которая определяет среднее время работы, т.е. время, в течение которого прибор работал, равна

$$t \cdot P_{зан} = \frac{t\rho\delta}{\rho(1+\rho)+\delta}.$$

Если предположить, что число заказов или, так называемый, динамический портфель заказов в гибкой системе ограничен числом m заказов, находящихся в системе, то легко можно найти вероятности состояний данной ГПС, описываемой системой массового обслуживания с ограниченной очередью. В этом случае легко получаем, что

$$P_0^* = \frac{\rho}{\delta} P_0, P_k = \rho^k P_0, k = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

Вероятность P_0 определяем из условия нормировки, имеющая в данном случае следующий вид: $P_0^* + P_0 + P_1 + \dots + P_m = 1$ и которое дает, что

$$P_0 = \frac{\delta(1-\rho)}{\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1})}. \quad (7)$$

С учетом полученного значения (7) вероятность P_0^* равна

$$P_0^* = \frac{\rho(1-\rho)}{\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1})}. \quad (8)$$

Следует отметить тот факт, что в соотношениях (7) и (8) ρ – величина загрузки прибора может принимать любые значения, т.е. $\rho > 0$.

Вычислим основные характеристики ГПС с ограниченным динамическим портфелем заказов.

1) Вероятность отказа в обслуживании равна сумме вероятностей P_0^* и P_m ,

т.е.
$$P_{отк}^{(2)} = \frac{\rho(1-\rho)(1+\delta\rho^{m-1})}{\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1})};$$

2) Относительная пропускная способность данной системы равна

$$П_{отн}^{(2)} = 1 - P_{отк} = \frac{\delta(1-\rho^m)}{\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1})};$$

3) Абсолютная пропускная способность гибкой производственной системы, равная, как уже отмечалось раньше, среднему числу заказов, обслуживаемых в единицу времени, вычисляется по формуле

$$A^{(2)} = \lambda(1 - P_{отк}) = \frac{\lambda\delta(1-\rho^m)}{\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1})};$$

4) Средняя длина очереди в данном случае определяется по формуле

$$\bar{q}^{(2)} = \sum_{k=1}^{m-1} kP_{k+1} = \frac{\rho^2\delta(1+\rho^{m-1}(m\rho-m-\rho))}{(1-\rho)(\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1}))};$$

5) Среднее время ожидания начала обслуживания заявок или работ в ГПС

равно
$$\bar{t}_{ож}^{(2)} = \frac{\bar{q}^{(2)}}{\lambda} = \frac{\rho^2\delta[1+\rho^{m-1}(m\rho-m-\rho)]}{\lambda(1-\rho)(\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1}))};$$

6) Вероятность занятости ГПС обработкой заказов равна

$$P_{зан}^{(2)} = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{k=1}^m \rho^k P_0 = \frac{1-\rho^{n+1}}{1-\rho} P_0 = \frac{\delta(1-\rho^{m+1})}{\rho(1-\rho)+\delta(1-\rho^{m+1})}.$$

Выводы

На основании введенных характеристик можно строить всевозможные показатели, оценивающие затраты в гибкой производственной системе и, как следствие, находить ее оптимальные параметры.

Отметим, что, как и в случае классических систем массового

обслуживания, можно ставить вопрос об управлении гибкой производственной системой, минимизируя

а) вероятность отказа в обслуживании клиентов, или, максимизируя абсолютную пропускную способность. В этом случае основным показателем является доход, получаемый гибкой системой от обслуживания клиентов;

б) длину очереди, и как следствие, среднее время ожидания исполнения заказа.

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.