

РУМЯНЦЕВ Н.В.

д.э.н., профессор

Донецкий национальный технический университет

ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕНАЛАДКОЙ В НАЧАЛЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА И ПОТЕРЕЙ ЗАКАЗОВ

Аннотация. *В работе рассмотрены две модели функционирования гибких производственных систем с переналадкой в начале и в конце периода занятости и потерей заказов, поступающих во время переналадки обслуживающего прибора в предположении, что входной поток-пуассоновский с параметром λ , времена обслуживания и переналадки имеют показательные распределения с параметрами μ и ν , соответственно. Найдены основные характеристики для указанных моделей.*

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. В данной работе исследуются вопросы определения числовых характеристик гибких производственных систем в предположении, что требования, поступившие в систему во время переналадки прибора, теряются.

СХЕМА I. 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 нахождения числовых характеристик вышеописанной системы, рассмотрим случайный марковский процесс $\xi(t)$, описывающий поведение ГПС, фазовое пространство которого имеет вид $E = \{(0,0), 0,0^*, 1,2,3,\dots\}$, причем состояния

$(0,0)$ - 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:

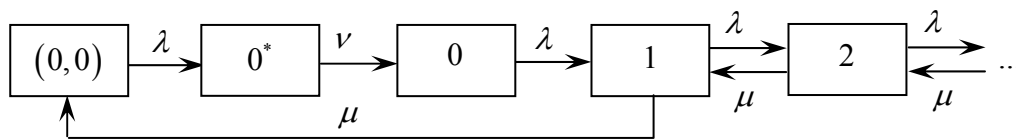


Рис. 1. Размеченный граф состояний, описывающий функционирование системы с переналадкой и потерей требований

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

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

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 :

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

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).

СХЕМА II. Опишем и в данной схеме более подробно процесс подготовки производства к выпуску новой партии товара, причем считаем, что сбоев 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 нахождения числовых характеристик системы рассмотрим случайный марковский процесс $\xi(t)$, описывающий поведение ГПС, 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:

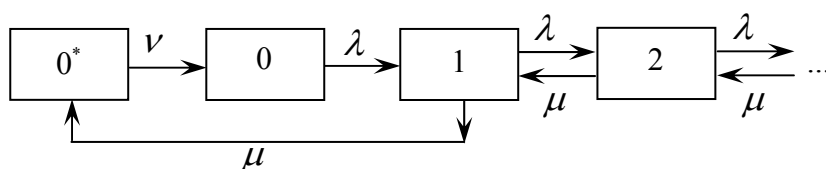


Рис. 1. Размеченный граф состояний, описывающий функционирование системы с переналадкой в конце периода занятости и потерей требований

$$\begin{cases} -\nu P_{0^*} + \mu P_1 = 0 \\ -\lambda P_0 + \nu P_{0^*} = 0 \\ -(\lambda + \mu)P_k + \lambda P_{k-1} + \mu P_{k+1} = 0, k \geq 1. \end{cases} \quad (11)$$

Решая полученную систему (11), находим формулы, являющиеся обобщением формул Эрланга [8]:

$$P_{0^*} = \frac{\rho}{\delta} P_0, \quad P_k = \rho^k P_0, \quad k \geq 1 \quad (12)$$

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 (12), находим, что

$$P_0 = \frac{\delta(1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta}, \quad (13)$$

при условии, что $\rho < 1$.

Теперь подставляя (13) в (12) получаем, что

$$P_k = \frac{\delta \rho^k (1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta}, \quad k \geq 1. \quad (14)$$

Замечание. Если предположить, что время переналадки стремится к нулю или, что равносильно тому, что $\delta \rightarrow \infty$, то из (13) находим величину

$$\begin{cases} P_{0^*} = 0, \\ P_k = \rho^k (1-\rho), \quad k \geq 0. \end{cases} \quad (15)$$

Итак, видим, что формулы (15) 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 среднем $t \cdot P_0^*$ -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

$$P_0^* = \frac{\rho}{\delta} P_0, P_k = \rho^k P_0, k = 1, 2, \dots, m. \quad (16)$$

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

$$P_0 = \frac{\delta(1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta(1-\rho^{m+1})}. \quad (17)$$

С учетом полученного значения (17) вероятность P_0^* равна

$$P_0^* = \frac{\rho(1-\rho)}{\rho(1-\rho) + \delta(1-\rho^{m+1})}. \quad (18)$$

Следует отметить тот факт, что в соотношениях (17) и (18) 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

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

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

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

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/ В.Е. Николайчук, В.Г. Кузнецов - Донецк: ДонГУ, «КИТИС», 1999. – 413 с.
2. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие под ред. В.С. Лукинскогo/ В.С. Лукинский – Питер, 2003. – 175 с.
3. Рейнхард Юнеманн. Материальные потоки и логистика/ Ю. Рейнхард– 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/ В.Н. Самочкин– М.: Дело, 1999. – 336 с.
6. Румянцев Н.В. Моделирование гибких производственно-логистических систем. Коллективная монография / Н.В. Румянцев. – Донецк: Изд-во Юго-Восток, 2004. – 235 с.

7. Рыжиков Ю.И. Расчет системы массового обслуживания с порогом включения и «разогревом» / Ю.И. Рыжиков // 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.