УДК 621.3.019.3

Д.И. Могилевич

Военный институт телекоммуникаций и информатизации НТУУ “КПИ”, Киев

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ НАПРАВЛЕНИЯ СВЯЗИ ПО КРИТЕРИЮ СТОИМОСТИ С УЧЕТОМ КАТЕГОРИИ СРОЧНОСТИ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ И НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ

Предложена математическая модель, позволяющая обосновать оптимальную по экономическому критерию загрузку направления связи с учетом двух категорий срочности передаваемой информации и ограниченной надежности техники связи.

***Ключевые слова**: надежность элементов, критерий стоимости, телекоммуникационные сети.*

Введение

Системы массового обслуживания, в которых приборы подвержены случайным отказам, изучаются уже давно. Публикациям по этой тематике посвящено значительное количество работ [1 – 4]. Однако при исследовании надежности функционирования таких систем, в частности телекоммуникационных сетей необходимо рассматривать модели не только с учетом ограниченной надежности аппаратуры, но и с учетом категории срочности поступающих заявок. При этом представляет интерес решение оптимизационных задач по критерию стоимости.

Целью данной статьи является обоснование оптимальной по экономическому критерию загрузки направления связи с учетом приоритетности передаваемой информации и ограниченной надежности техники связи.

Постановка задачи

Рассмотрим следующую задачу, относящуюся к проблеме оптимального управления подачей требований в систему массового обслуживания. Пусть имеется одноканальная система с ожиданием, на вход которой поступают два независимых пуассоновских потока требований с параметрами λ_1 и λ_2. Требования имеют две категории срочности (срочные и простые) и не покидают систему, пока не обслужатся. Обслуживающий прибор обладает ограниченной надежностью и в процессе функционирования системы может отказывать и восстанавливаться. Наработка на отказ и время восстановления распределены по экспоненциальному закону с параметрами соответственно λ_0 и μ_0. Во время восстановления работоспособности прибора новые требования не принимаются. Будем считать, что отказ прибора возможен как в период обслуживания требований, так и в период, когда он свободен. Если отказ возник в момент обслуживания простого требования, то после восстановления прибора начинает обслуживаться срочное требование, если оно имеется в очереди. Примем допущение о том, что время обслуживания срочных и простых требований подчиняется экспоненциальному закону с параметрами соответственно μ_1 и μ_2. Дисциплина очереди такова, что срочные требования обслуживаются всегда раньше простых независимо от времени их поступления. Если на обслуживании находится простое требование и в систему поступает срочное, то текущее обслуживание завершается и только после этого на обслуживание поступает срочное требование, т.е. прерывания обслуживания не происходит. В пределах данной категории срочности требования обслуживаются в порядке их поступления.

Требуется определить оптимальную загрузку системы $\rho_{1опт} = \lambda_1/\mu_1$ и $\rho_{2опт} = \lambda_2/\mu_2$, которая минимизировала бы заданный стоимостный показатель качества системы. Этот показатель учитывает средние потери $C(\rho_1,\rho_2)$ в установившемся режиме, вызванные задержками в обслуживании требований, находящихся в системе, и простоем обслуживающего прибора в ожидании требований, т.е.

$$C(\rho_1,\rho_2) = c_1 M_1(\rho_1,\rho_2) + c_2 M_2(\rho_1,\rho_2) + c_3 P_0(\rho_1,\rho_2), \quad (1)$$

где c_1, c_2 – средние потери в единицу времени от задержки в обслуживании одного требования первой и второй категорий соответственно; $M_1(\rho_1,\rho_2)$, $M_2(\rho_1,\rho_2)$ – среднее количество требований в системе первой и второй категорий срочности соответственно; c_3 – средние потери от простоя обслуживающего прибора; $P_0(\rho_1,\rho_2)$ – вероятность простоя прибора. Заметим, что возможны случаи, когда $\rho_{1опт} = 0$ или $\rho_{2опт} = 0$. Кроме того, при определенных условиях оптимизация загрузки системы вообще невозможна. В дальнейшем эти условия будут определены.

Основные расчетные соотношения

Определим вначале формулы для $M_1(\rho_1,\rho_2)$, $M_2(\rho_1,\rho_2)$ и $P_0(\rho_1,\rho_2)$. В рассматриваемом случае функционирование системы может быть описано марковским процессом со счетным числом состояний. Используя стандартные приемы, нетрудно получить уравнения, связывающие вероятности состояний системы в стационарном режиме:

$$\begin{aligned}
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2)p_{00} = \mu_1 p_{01} + \mu_2 q_{10} + \mu_0 h_{00};\\
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\mu_1)p_{0k} = \lambda_1 p_{0,k-1} +\\
&+\mu_1 p_{0,k+1} + \mu_2 q_{1k} + \mu_0 h_{0k};\\
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\mu_1)p_{i1} = \lambda_2 p_{i-1,1} + \mu_1 p_{i2} +\\
&+\mu_2 q_{i+1,1} + \mu_0 h_{i1};\\
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\mu_1)p_{i,k+1} = \lambda_1 p_{ik} + \lambda_2 p_{i-1,k+1} +\\
&+\mu_1 p_{i,k+2} + \mu_2 q_{i+1,k+1} + \mu_0 h_{i,k+1};\\
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\mu_2)q_{i0} = \lambda_2 q_{i-1,0} + \mu_1 p_{i1} +\\
&+\mu_2 q_{i+1,0} + \mu_0 h_{i0};\\
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\mu_2)q_{1k} = \lambda_1 q_{1,k-1};\\
&(\lambda_0+\lambda_1+\lambda_2+\mu_2)q_{i+1,k} = \lambda_1 q_{i+1,k-1} + \lambda_2 q_{ik};\\
&\mu_0 h_{00} = \lambda_0 p_{00};\\
&\mu_0 h_{0k} = \lambda_0 p_{0k};\\
&\mu_0 h_{i0} = \lambda_0 q_{i0};\\
&\mu_0 h_{ik} = \lambda_0 p_{ik} + \lambda_0 q_{ik},
\end{aligned} \quad (2)$$

где p_{00} – вероятность того, что в момент $t(t\to\infty)$ в системе существуют требования и прибор работоспособен; h_{00} – вероятность того, что в момент t в системе отсутствуют требования и прибор восстанавливается; p_{ik} – вероятность того, что в системе в момент t находится k срочных $(k = 1,2,3,\ldots)$ и i простых $(i = 1,2,3,\ldots)$ требований, прибор работоспособен и обслуживает срочные требования; q_{ik} – вероятность того, что в системе в момент t находится k срочных и i простых требований, прибор работоспособен и обслуживает простое требование; h_{ik} – вероятность того, что в системе в момент t находится k срочных и i простых требований и прибор восстанавливается. Для получения интересующих нас характеристик используем метод производящих функций и находим [5, 6]:

$$M_1(\rho_1,\rho_2) = \frac{\rho_1}{1-\rho_1}\left[1+\frac{K_г\alpha_1\rho_2}{K_г+\alpha_0(1-K_г)}\right], \quad (3)$$

$$M_2(\rho_1,\rho_2) = \\ = \frac{\rho_2}{1-\rho_1}\times\left[\frac{\rho_1+\alpha_1(1-\rho_1)}{\alpha_1(1-\rho_1-\rho_2)} - \frac{K_г\rho_1}{K_г+\alpha_0(1-K_г)}\right], \quad (4)$$

$$P_0(\rho_1,\rho_2) = p_{00} = (1-\rho_1-\rho_2)K_г, \quad (5)$$

где $K_г = \frac{\mu_0}{\lambda_0+\mu_0}$; $\alpha_0 = \frac{\mu_0}{\mu_2}$; $\alpha_1 = \frac{\mu_1}{\mu_2}$.

Подставляя формулы (3) – (5) в (1), получаем выражение для показателя качества функционирования системы-стоимости средних потерь

$$\begin{aligned}
C(\rho_1,\rho_2) = {} & \frac{c_1\rho_1}{1-\rho_1}\left[1+\frac{K_г\alpha_1\rho_2}{K_г+\alpha_0(1-K_г)}\right] +\\
& + \frac{c_2\rho_2}{1-\rho_1}\left[\frac{\rho_1+\alpha_1(1-\rho_1)}{\alpha_1(1-\rho_1-\rho_2)} - \frac{K_г\rho_1}{K_г+\alpha_0(1-K_г)}\right] +\\
& + c_3(1-\rho_1-\rho_2)K_г.
\end{aligned} \quad (6)$$

При $\rho_2 = 0$ получаем

$$C(\rho_1, 0) = \frac{c_1\rho_1}{1-\rho_1} + c_3(1-\rho_1)K_г, \qquad (7)$$

а при $\rho_1 = 0$

$$C(0, \rho_2) = \frac{c_2\rho_2}{1-\rho_2} + c_3(1-\rho_2)K_г, \qquad (8)$$

Исследуем поведение функции стоимости $C(\rho_1, \rho_2)$ при $\rho_2 = \rho_{2опт}$ и изменении ρ_1. Для этого решим уравнение $\frac{dC(\rho_1,\rho_2)}{d\rho_2} = 0$ относительно ρ_2. В результате получим

$$\rho_{2опт} = (1-\rho_1)\times$$
$$\times\left[1 - \sqrt{\frac{c_2 m[\rho_1 + \alpha_1(1-\rho_1)]}{\alpha_1 K_г (1-\rho_1)[c_3 m(1-\rho_1) - \rho_1(c_1\alpha_1 - c_2)]}}\right], \qquad (9)$$

где $m = K_г + \alpha_0(1-K_г)$.

Число $\rho_{2опт}$ будет вещественным при выполнении условия:

$$\alpha_1 K_г(1-\rho_1)[c_3 m(1-\rho_1) - \rho_1(c_1\alpha_1 - c_2)] \ge$$
$$\ge c_2 m[\rho_1 + \alpha_1(1-\rho_1)]$$

или при
$$\rho_1 \le \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \qquad (10)$$

где
$$a = \alpha_1 K_г(c_2 - c_1\alpha_1 - c_3 m);$$
$$b = c_2 m(\alpha_1 - 1) - \alpha_1 K_г(c_2 - c_1\alpha_1 - 2c_3 m);$$
$$c = \alpha_1 m(c_2 - c_3 K_г).$$

Равенство в формуле (10) дает граничное значение $\rho_1 = \rho_1^*$, при котором $\rho_{2опт} = 0$. Следовательно, число $\rho_{2опт}$ будет вещественным и отличным от нуля в случае $0 \le \rho_1 < \rho_1^*$. Это означает, что при $0 < \rho_1 < \rho_1^*$ система обслуживает два потока требований $(\rho_1 > 0,\ \rho_2 > 0)$, а при $\rho_1^* \le \rho_1 < 1$ – только один поток срочных требований $(\rho_1 > 0,\ \rho_2 = 0)$. При граничном значении $\rho_1 = \rho_1^*$ функция $C(\rho_1, \rho_2)$ выражается формулой (7), с помощью которой получаем

$$\rho_{1опт} = 1 - \sqrt{\frac{c_1}{c_3 K_г}}. \qquad (11)$$

При $\rho_1 = 0$ для функции $C(0, \rho_2)$ справедлива формула (8), при этом

$$\rho_{2опт} = 1 - \sqrt{\frac{c_2}{c_3 K_г}}. \qquad (12)$$

Исследуя характер поведения функции стоимости $C(\rho_1, \rho_2)$ при изменении ρ_1 в интервале (0, 1) и при различных соотношениях c_1, c_2, c_3 (при этом $\rho_2 = \rho_{2опт}$), нетрудно убедиться, что возможны три случая поведения рассматриваемой функции, показанные на рис. 1.

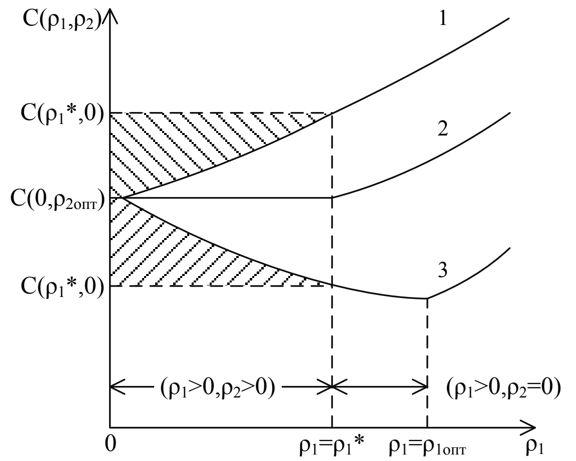

Рис. 1. Зависимость функции стоимости С (ρ_1, ρ_2) от загрузки системы срочными требованиями ρ_1 при различных соотношениях между c_1, c_2 и c_3 (при $\rho_2 = \rho_{2опт}$)

Очевидно, что каждый из этих случаев имеет место при выполнении следующих условий (рис. 1):

1) $C(0, \rho_{2опт}) - C(\rho_1^*, 0) < 0,$
$$C(\rho_1^*, 0) - C(\rho_1 > \rho_1^*, 0) < 0;$$
2) $C(0, \rho_{2опт}) - C(\rho_1^*, 0) = 0,$
$$C(\rho_1^*, 0) - C(\rho_1 > \rho_1^*, 0) < 0;$$
3) $C(0, \rho_{2опт}) - C(\rho_1^*, 0) > 0,$
$$C(\rho_1^*, 0) - C(\rho_1 > \rho_1^*, 0) > 0.$$

Из рис. 1 видно, что в случае 1 минимум функции $C(\rho_1, \rho_2)$ достигается при $\rho_1 = 0$ и значении $\rho_2 = \rho_{2опт}$, определяемый формулой (12). Необходимым условием этого является выполнение следующих соотношений:

$$c_1 > c_2,\ c_1 < c_3,\quad c_2 < c_3;$$
$$c_1 > c_2,\ c_1 > c_3,\quad c_2 < c_3; \qquad (13)$$
$$c_1 = c_3,\ c_2 < c_1 = c_3.$$

В этом нетрудно убедится, если подставить формулу (12) в (8), а (10) при $c_2 = 0$ в (7). Получим:

$$C(0, \rho_{2опт}) < C(\rho_1^*, 0).$$

В случае $\rho_1 > 0$ и $\rho_{2опт} > 0$ (см. рис. 1) $\frac{dC(\rho_1, \rho_{2опт})}{d\rho_1} > 0$ при любых значениях ρ_1 в интервале $(0, \rho_1^*)$.

Следовательно, загрузка системы $\rho_1 = 0$ и $\rho_{2опт}$ (формула 12) для принятых условий является оптимальной, обеспечивающей наименьшее значение функции стоимости $C(\rho_1, \rho_2)$.

В случае 2 (см. рис. 1) минимум функции $C(\rho_1, \rho_2)$ достигается при поступлении на вход системы двух потоков $(\rho_{1опт} > 0,\ \rho_{2опт} > 0)$ или одного только потока требований первой или второй категорий срочности $(\rho_{1опт} > 0,\ \rho_{2опт} = 0)$ или $(\rho_{1опт} = 0,\ \rho_{2опт} > 0)$. Для этого необходимо выполнение условия:

$$c_1 = c_2 < c_3. \qquad (14)$$

Нетрудно убедиться в том, что при выполнении условия (14) $\frac{dC(\rho_1,\ \rho_{2опт})}{d\rho_1} = 0$, $\left(0 < \rho_1 < \rho_1^*\right)$ и выражение (9) приводится к виду:

$$\rho_{2опт} = (1-\rho_1)\times$$
$$\times\left[1-\sqrt{\frac{c_2 m[\rho_1+\alpha_1(1-\rho_1)]}{\alpha_1 K_г(1-\rho_1)[c_3 m(1-\rho_1)-\rho_1 c_2(\alpha_1-1)]}}\right]. \qquad (15)$$

При заданном значении ρ_1 (в этом случае $\rho_1 = \rho_{1опт}$, $0 \le \rho_{1опт} \le \rho_1^*$) по формуле (15) определяется $\rho_{2опт}$. Как видно из формулы (15), $\rho_{2опт} > 0$ (при $\rho_{1опт} = 0$) будет в случае выполнения условия:

$$1-\sqrt{c_2/(c_3 K_г)} > 0,$$

откуда получаем

$$K_г > c_2/c_3. \qquad (16)$$

В случае 3 наименьшее значение функции $C(\rho_1,\rho_2)$ обеспечивается при $\rho_2 = 0$ и $\rho_1 = \rho_{1опт}$ (формула (11)). Это достигается при выполнении условий:

$$\begin{aligned} &c_1 < c_2, \quad c_1 < c_3, \quad c_2 < c_3; \\ &c_1 < c_2, \quad c_1 < c_3, \quad c_2 > c_3; \\ &c_1 < c_2 = c_3. \end{aligned} \qquad (17)$$

Для указанных соотношений между c_1, c_2, c_3 выполняется неравенство $\frac{dC(\rho_1,\ \rho_{2опт})}{d\rho_1} < 0$ при любых значениях ρ_1 в интервале $\left(0,\ \rho_1^*\right)$. Следовательно, минимум функции $C(\rho_1,\rho_2)$ находится при $\rho_1 > \rho_1^*$, а это означает, что $\rho_{2опт} = 0$.

Заметим, что при выполнении соотношений

$$\begin{aligned} &c_1 < c_2, \qquad c_1 > c_3, \qquad c_2 > c_3; \\ &c_1 > c_2, \qquad c_1 > c_3, \qquad c_2 > c_3; \\ &c_1 = c_2 > c_3, \quad c_1 > c_2 = c_3, \quad c_2 > c_1 = c_3. \end{aligned} \qquad (18)$$

оптимизация системы обслуживания невозможна, поскольку при этом $\rho_{1опт} < 0$ и $\rho_{2опт} < 0$ (этот случай нас не интересует).

В виду того, что рассмотренные случаи 1 – 3 не пересекаются и в совокупности исчерпывают все возможные поведения функции $C(\rho_1,\rho_2)$, полученные условия (13), (14), (17) являются не только необходимыми, но и достаточными.

Приведенное выше исследование позволяет сформулировать полученные результаты в виде следующих теорем:

Теорема 1. При выполнении условия (14) функция стоимости $C(\rho_1,\rho_2)$ имеет минимум при поступлении в систему обслуживания двух потоков требований различной категории срочности; оптимальная загрузка системы определяется по формуле (15).

Теорема 2. При выполнении условий (17) функция стоимости $C(\rho_1,\rho_2)$ достигает минимума при поступлении в систему только первого потока требований; оптимальная загрузка определяется по формуле (11).

Теорема 3. При выполнении условий (13) функция стоимости $C(\rho_1,\rho_2)$ достигает минимума при поступлении в систему только второго потока требований; оптимальная загрузка определяется по формуле (12).

Для случая, когда обслуживающий прибор абсолютно надежен (т.е. при $K_г = 1$ и $m = 1$) расчет оптимальной загрузки системы необходимо проводить по следующим формулам:

при выполнении условия теоремы 1

$$\rho_{2опт} = (1-\rho_1)\times$$
$$\times\left[1-\sqrt{\frac{c_2[\rho_1+\alpha_1(1-\rho_1)]}{\alpha_1(1-\rho_1)[c_3(1-\rho_1)-c_2\rho_1(\alpha_1-1)]}}\right], \qquad (19)$$

где $\alpha_1 = \mu_1/\mu_2$, $0 \le \rho_1 = \rho_{1опт} < \rho_1^*$, а ρ_1^* определяется выражением:

$$\rho_1^* \le \left(-b+\sqrt{b^2-4ac}\right)\Big/(2a), \qquad (20)$$

где $a = \alpha_1(c_2 - c_3 - c_1\alpha_1)$; $b = \alpha_1^2 c_1 + 2\alpha_1 c_3 - c_2$; $c = \alpha_1(c_2 - c_3)$;

при выполнении условий теоремы 2

$$\rho_{1опт} = 1-\sqrt{c_1/c_3}; \qquad (21)$$

при выполнении условий теоремы 3

$$\rho_{2опт} = 1-\sqrt{c_2/c_3}. \qquad (22)$$

Пример

Рассмотрим систему обслуживания, которая характеризуется следующими данными:

$$c_1 = c_2 = 1 \text{ у.е.};\ c_3 = 2 \text{ у.е.};$$
$$\alpha_0 = \mu_0/\mu_2 = 0{,}5;\quad \alpha_1 = \mu_1/\mu_2 = 2.$$

Требуется определить значения оптимальной загрузки системы $\rho_{1опт}$, $\rho_{2опт}$ и минимальных средних потерь $C(\rho_{1опт},\rho_{2опт})$ при увеличении коэффициента готовности обслуживающего канала $K_г$ от 0,9 до 1,0 (за счет уменьшения интенсивности отказов λ_0).

Решение. Нетрудно видеть, что для принятых исходных данных выполняются условия теоремы 1, а также неравенство (16). Поэтому, используя формулу 10 (при знаке равенства), получаем граничные значения $\rho_1 = \rho_1^* = f(K_г)$при различных значениях коэффициента готовности

$$K_г = 0{,}9; 0{,}93; 0{,}96; 0{,}99; 1{,}0.$$

Далее задаем значение $\rho_1 = \rho_{1опт} = 0{,}05 < \rho_1^*$ и по формуле (15) вычисляем значения оптимальной загрузки $\rho_{2опт} = f(K_г)$ для требований первой категории срочности. Подставляя в формулу (6) значения $\rho_{1опт} = 0{,}05$ и $\rho_{2опт}$, соответствующие различным значениям коэффициента готовности $K_г$, находим количественную зависимость минимальных средних потерь $C(\rho_{1опт}, \rho_{2опт})$ от $K_г$ для принятых исходных данных. Все результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов в примере

Значения ρ_1^*, $\rho_{2опт}$, $C(\rho_{1опт}, \rho_{2опт})$	Значения коэффициента готовности $K_г$				
	0,9	0,93	0,96	0,99	1,0
Граничные значения загрузки ρ_1^*	0,175	0,185	0,193	0,2	0,205
Оптимальные значения загрузки $\rho_{2опт}$ (при $\rho_{1опт} = 0{,}05$)	0,203	0,216	0,228	0,239	0,243
Минимальные средние потери в единицу времени $C(\rho_{1опт}, \rho_{2опт})$	1,686	1,73	1,774	1,817	1,832

Оценим относительное увеличение $\Delta_з$ оптимальной загрузки системы $\rho_{2опт}$ при увеличении коэффициента готовности от значения $K_{г1}$ до значения $K_{г2}$, используя формулу:

$$\Delta_з = \frac{\rho_{2опт}(K_{г2}) - \rho_{2опт}(K_{г1})}{\rho_{2опт}(K_{г1})} 100\%. \qquad (23)$$

Пусть $K_{г1} = 0{,}96$, а $K_{г2} = 0{,}99$. Подставляя в формулу (23) значения $\rho_{2опт}(K_{г1})$ и $\rho_{2опт}(K_{г2})$ из табл. 1, получаем величину относительного увеличения

$$\Delta_з = \frac{0{,}239 - 0{,}228}{0{,}228} 100\% = 4{,}82\%.$$

Следовательно, для принятых исходных данных увеличение коэффициента готовности обслуживающего прибора с 0,96 до 0,99 позволяет увеличить оптимальную загрузку системы $\rho_{2опт}$ требованиями второй категории срочности (при $\rho_{1опт}$) почти на 5%.

Вывод

Таким образом, в работе предложена математическая модель, получены расчетные соотношения и определены условия, позволяющие обосновать оптимальную по экономическому критерию загрузку направления связи с учетом категорий срочности передаваемой информации и надежности аппаратуры.

Список литературы

1. *Приоритетные системы обслуживания / Б.В. Гнеденко, Э.А. Даниелян, Б.Н. Дмитриев [и др.] // Изд-во Московского университета. – 1973. – 447 с.*

2. *Башарин Г. П. Один прибор с конечной очередью и заявки нескольких видов / Г. П. Башарин // Теория вероятностей и её применения. – Т. 10. №2. – М.: Наука, 1965. – С. 282 – 296.*

3. *Rao S. Subba. Queueing models with balking, reneging, and interruptions / Rao S. Subba // Operat. Res.– 1965.– v.13 (4). – P. 596-608.*

4. *Афанасьева Л. Г. Системы массового обслуживания с циклическими управляющими процессами / Л. Г. Афанасьева // Кибернетика и системный анализ. – К.: Институт кибернетики НАН Украины, 2005. – № 1. – С. 54 – 68.*

5. *Гуменюк В. Е. Вопросы исследования одноканальной двухприоритетной системы с ожиданием без прерывания обслуживания и с ненадежно работающим прибором/ В. Е. Гуменюк // В сб.: Теория надежности и массовое обслуживание. – М.: Наука, 1969. – С. 240 – 252.*

6. *Гнеденко Б.В. / Введение в теорию массового обслуживания // Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко – М.: Наука, 1987. – 336 с.*

Поступила в редколлегию 22.10.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф.Б.П. Креденцер, Военный институт телекоммуникаций и информатизации НТУУ "КПИ", Киев.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ НАПРЯМКУ ЗВ'ЯЗКУ ЗА КРИТЕРІЄМ ВАРТОСТІ З УРАХУВАННЯМ КАТЕГОРІЇ ТЕРМІНОВОСТІ ПЕРЕДАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ Й НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ

Д.І. Могилевич

Запропоновано математичну модель, що дозволяє обґрунтувати оптимальне за економічним критерієм завантаження напрямку зв'язку з урахуванням двох категорій терміновості переданої інформації й обмеженої надійності техніки зв'язку.

Ключові слова: *надійність елементів, критерій вартості, телекомунікаційні мережі.*

LOAD OPTIMIZATION AREAS OF CRITERION VALUE WITH THE CATEGORIES OF URGENCY IMPART INFORMATION AND RELIABILITY OF THE COMPONENTS

D.I. Mogylevych

A mathematical model that enables us to justify on economic criterion optimal loading direction of the relationship with the two categories of the urgency of the transmitted information and the limited reliability of the communications equipment.

Keywords: *reliability of the elements, the criterion value, telecommunication networks.*