ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 519.95 : 62-50

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНО-КЛИРИНГОВОГО ЦЕНТРА КЛАСТЕРА

Али Найф Халил АльхЖуж
(Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина)

Представлен вариант модели расчетно-клирингового центра кластера в виде системы массового обслуживания, обеспечивающий эффективное прохождение финансовых потоков в сети кластера. Оценены параметры центра. Проведены вариантные расчеты эффективности в зависимости от размера трафика.

система массового обслуживания, клиринг, кластер, сеть, канал, поток заявок, пропускная способность, эффективность функционирования

Введение. Кластер нефтегазодобывающего профиля включает газодобывающие, газотранспортные предприятия, производственные и финансово-кредитные предприятия, учреждения инфраструктуры. Участники кластера связаны сложными финансово-договорными взаимоотношениями, которые задают ограничения на объемы денежных ресурсов, используемых ими для проведения расчетов.

В ряде случаев, в связи с задержкой финансирования, предприятия кластера вынуждены сокращать свою деятельность. Это происходит в силу того, что взаимоотношения между предприятиями кластера, предприятиями-дебиторами и предприятиями-кредиторами кластера и связанными с ними финансовыми структурами сильно разветвлены. Деньги зачастую должны пройти через десятки счетов, чтобы завершился полный цикл проплат. Обслуживание такой цепочки занимает длительный период. Все это время деньги находятся не в производственной сфере, а в банковской системе.

Такая ситуация складывается вследствие того, что у предприятий, как правило, нет оборотных средств, достаточных для оплаты своего долга. Чтобы произвести платеж предприятие должно дождаться, когда какой-либо из его должников оплатит свой долг. В свою очередь такие финансовые переплетения в несколько раз увеличивают время прохождения платежей и ведут к еще большему увеличению дебиторской и кредиторской задолженностей предприятий кластера, так как в результате свободные оборотные средства предприятий быстро исчерпываются.

Формулирование проблемы. Очевидно, чем быстрее проходят платежи, даже если брать во внимание только платежи между предприятиями кластера, тем меньше опасность роста дебиторской и кредиторской задолженностей предприятий кластера и предприятий, связанных договорными отношениями с ними. Выходом из такой ситуации, решением проблемы взаимозачета долгов является быстрое и эффективное перераспределение финансовых средств между предприятиями кластера.

Для кластера крайне актуальными являются задачи оперативного управления финансовыми потоками, а именно маневрирование дебиторской и кредиторской задолженностью подведомственных предприятий, ускорение и оптимизация расчетов за поставленный газ, увеличение оборачиваемости собственных средств подведомственных предприятий, консолидация финансовых ресурсов и контроль за их целевым использованием.

Представляется, что решение этих проблем может обеспечить создание расчетно-клирингового центра (расчетной палаты) кластера.

Суть вышеназванного центра состоит в построении унифицированной системы безналичных расчетов, позволяющей выразить в денежной форме и урегулировать все виды встречных обязательств и требований предприятий, участвующих в клиринговых расчетах через свои уполномоченные банки, создав таким образом эффективную альтернативу неденежным расчетным, операциям.

Расчетно-клиринговый центр кластера – небанковская кредитная организация, осуществляющая деятельность по определению взаимных обязательств предприятий, участвующих в клиринговых расчетах, ведущая счета участников клиринга и проводящая расчеты по результатам клиринга [1].

Задача состоит в построении математической модели расчетно-клирингового центра кластера.

Решение проблемы. Расчетно-клиринговый центр как система массового обслуживания. Расчетно-клиринговый центр представим в виде системы массового обслуживания (СМО) [2 – 4]. СМО используются для моделирования операций, реализующих многократное выполнение однотипных задач, именно поэтому они могут быть применены для рассматриваемого расчетно-клирингового центра, реализующего клиринговые расчеты между предприятиями кластера. Каждая СМО включает в свою структуру определенное число обслуживающих единиц, которые называют каналами обслуживания. Системы массового обслуживания могут быть одноканальными или многоканальными. В нашем случае роль канала обслуживания играет сам расчетно-клиринговый центр, поэтому его математическое представление предлагается реализовать в виде одноканальной СМО.

Каждая СМО предназначена для обслуживания некоторого потока заявок, поступающих на вход системы не регулярно, в случайные моменты времени. Обслуживание заявок, в общем случае, также длится случайное время. После обслуживания заявки канал освобождается и готов к приему следующей заявки. Случайный характер потока заявок и времени их обслуживания приводит к неравномерной загруженности СМО; в некоторые промежутки времени на входе СМО могут скапливаться необслуженные заявки, что приводит к перезагрузке СМО, в некоторые же другие интервалы времени на входе СМО заявок не будет, что приводит к недозагрузке СМО (простаиванию канала обслуживания). Заявки, скапливающиеся на входе СМО, либо «становятся» в очередь, либо по какой-то причине невозможности дальнейшего пребывания в очереди покидают СМО необслуженными.

В нашем, случае поступающие от предприятий требования на сокращение дебиторско-кредиторской задолженности путем проведения клиринговых расчетов, в совокупности от нескольких предприятий, рассматриваются как заявки СМО.

В рассматриваемой СМО заявка, поступившая в момент занятости канала обслуживания (т.е. в момент выполнения оперативных задач расчетно-клиринговым центром кластера), становится в очередь и ожидает возможности расчетно-клирингового центра принять ее к обслуживанию.

Таким образом, математическое представление расчетно-клирингового центра будет иметь вид одноканальной системы массового обслуживания с ожиданием.

Целью математического описания расчетно-клирингового центра в виде системы массового обслуживания является построение математической модели, связывающей заданные условия работы СМО (производительность канала обслуживания, характер потока заявок и т.п.) с показателями эффективности функционирования СМО, описывающими ее способность справляться с потоком заявок. Одноканальная система массового обслуживания с ожиданием, описывающая расчетно-клиринговый центр, может находиться в одном из бесконечного множества состояний: S_0 – канал свободен (следовательно, очереди нет); S_1 – канал занят и очереди нет, т.е. в СМО находится (под обслуживанием) одна заявка; S_2 – канал занят и в очереди стоит одна заявка; S_k – канал занят и в очереди – $k - 1$ заявка.

Размеченный граф состояний данной системы может быть представлен следующим образом – рис. 1. Входящий поток ($П_{вх}$) заявок и поток обслуживании ($П_б$) заявок – простейшие потоки, обладающие свойствами: *ординарности*, *отсутствия последействия*, *стационарности*.

Переходы СМО из состояния в состояние по стрелкам слева направо (поступление от предприятий требований на сокращение задолженностей) происходят под воздействием одного и того же входящего потока ($П_{ex}$) заявок с интенсивностью λ. Поэтому плотности вероятностей переходов равны $\lambda_{k-1,k} = \lambda,\ k = 1,\ 2,\ \dots$.

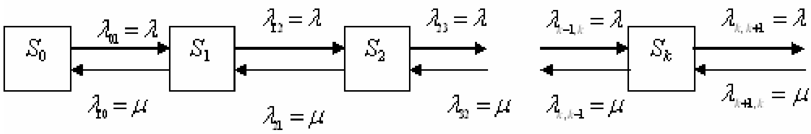

Рис. 1. Граф состояний одноканальной системы массового обслуживания

Переходы СМО из состояния в состояние по стрелкам справа налево (обслуживание заявок расчетно-клиринговым центром) порождаются потоком обслуживаний ($П_{об}$) с интенсивностью μ. $\lambda_{k-1,k} = \mu,\ k = 1, 2, \dots$

Выполнение неравенства $\lambda \geq \mu$ (интенсивность поступления от предприятий требований на сокращение задолженности $\geq$ интенсивности обслуживания заявок расчетно-клиринговым центром) означает, что интенсивность λ, равная среднему числу заявок, поступивших в систему за единицу времени, не меньше интенсивности μ, равной среднему числу обслуживаемых заявок за то же время при непрерывно работающем канале. Очевидно, что очередь неограниченно растет. В этом случае предельный режим не устанавливается. При условии $\lambda \leq \mu$, т.е. при нагрузке на систему $\rho = \lambda / \mu < 1$ установится предельный режим и предельные вероятности состояний существуют. Протекающий в СМО процесс является процессом «гибели и размножения» с бесконечным числом состояний. Зафиксируем число состояний, равное m, а затем устремим m к бесконечности. Поэтому обозначив через $p_0(t),\ p_1(t),\ \dots,\ p_k(t)$ вероятности состояний системы $S_0, S_1, \dots, S_{k-1}$ в момент времени t, можно записать для них систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\begin{cases} p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t); \\ p_1'(t) = \lambda p_0(t) - (\lambda + \mu) p_1(t) + \mu p_2(t); \\ \qquad \dots \\ p_k'(t) = \lambda p_{k-1}(t) - (\lambda + \mu) p_k(t) + \mu p_{k+1}(t),\ k = 2, \dots; \\ \qquad \dots \end{cases} \tag{1}$$

которая решается при начальных условиях:

$$p_0(0) = 1, p_1(0) = \dots = p_k(0) = p_m(0) = 0,$$

означающих, что в начальный момент времени t = 0 СМО находилась в состоянии S_0, т.е. канал был свободен.

Предельные вероятности состояний рассматриваемой СМО из системы (1) могут быть найдены следующим образом:

$$\begin{cases} p_0 = \left[\sum\limits_{k=0}^{m+1} (\lambda/\mu)^k\right]^{-1}; \\ p_k = (\lambda/\mu)^k p_0,\ k = 1, 2, ..., m, ... \end{cases} \tag{2}$$

или, что то же самое

$$\begin{cases} p_0 = \left[\sum\limits_{k=0}^{m+1} \rho^k\right]^{-1}; \\ p_k = \rho^k p_0,\ k = 1, 2, ..., m, ..., \end{cases} \tag{3}$$

где $\rho = \lambda/\mu$ – трафик.

Так как

$$\sum_{k=0}^{m+1} \rho^k = \frac{1-\rho^{m+2}}{1-\rho} (\rho \neq 1), \tag{4}$$

как сумма m + 2 членов геометрической прогрессии с первым членом 1 и значениями $\rho \neq 1$, то предельные вероятности системы (3) будут иметь следующий вид

$$\begin{cases} p_0 = \dfrac{1-\rho}{1-\rho^{m+2}}; \\ p_k = \rho^k p_0,\ k = 1, 2,\ ..., m, ... \end{cases} \tag{5}$$

Устремляя m к бесконечности в формуле (5) при $\rho < 1$, получим выражения для предельных вероятностей рассматриваемой СМО при

$$\lim_{m\to\infty} \rho^k p_0 = \rho^k \lim_{m\to\infty} \frac{1-\rho}{1-\rho^{m+2}} = \rho^k (1-\rho). \tag{6}$$

Используя методы теории массового обслуживания, можно найти предельные характеристики эффективности функционирования рассматриваемой СМО, описывающие ее способность справляться с потоком заявок: вероятность отказа в обслуживании заявок $p_{отк}$; вероятность того, что поступившая заявка будет принята в систему (т.е. не получит отказа) $p_{сис}$; относительную пропускную способность СМО Q; абсолютную пропускную способность СМО A; интенсивность выходящего потока обслуженных заявок ν; среднее число заявок, находящихся в очереди, $\overline{N}_{оч}$; среднее число заявок, находящихся под обслуживанием., $\overline{N}_{об}$; среднее число заявок, находящихся в системе (как в очереди, так и под обслуживанием), $\overline{N}_{сис}$; среднее время ожидания заявки в очереди $T_{оч}$; среднее время пребывания заявки в системе (как в очереди, так и под обслуживанием) $\overline{T}_{сис}$. В табл. 1 и 2 приведены параметры и предельные характеристики эффективности расчетно-клирингового центра, описываемого одноканальной СМО с ожиданием.

Таблица 1

Параметры расчетно-клирингового центра кластера, представленного одноканальной СМО с ожиданием

№	Параметры	Обозначения	Наименования единиц
1	Число каналов обслуживания	n	1
2	Максимальная длина очереди (максимальное число мест в очереди)	m	$+\infty$
3	Интенсивность входящего простейшего потока, заявок $П_{вх}$	$inП_{вх} = \lambda = const$	60 заявок/день
4	Производительность канала –интенсивность простейшего потока «обслуживании» $П_{об}$ (среднее число заявок, обслуживаемое каналом за единицу времени при непрерывной работе)	$inП_{об} = \mu = const$	100 заявок/день
5	Соотношение между л и м	$\lambda < \mu$	60<100

Таблица 2

Предельные характеристики эффективности функционирования расчетно-клирингового центра кластера, представленного одноканальной СМО с ожиданием

№ п/п	Параметры	Обозначения	Наименования единиц
1	2	3	4
1	Нагрузка (трафик) системы	$\rho = \lambda / \mu < 1$	0,6
2	Вероятности состояний	$p_k = \rho^k (1-\rho)$, $k = 0, 1, 2, \ldots$	p_0=0,4; p_1=0,24; p_2=0,144; p_3=0,0864; …
3	Вероятность отказа в обслуживании	$p_{отк} = 0$	0
4	Вероятность того, что заявка будет принята в систему	$p_{сис} = 1$	1
5	Относительная пропускная способность СМО	Q = 1	1
6	Абсолютная пропускная способность СМО	$A = \lambda$	60
7	Интенсивность выходящего потока заявок	$\nu = \lambda$	60
8	Среднее число заявок в очереди	$\overline{N}_{оч} = \rho^2 /(1-\rho)$	0,9
9	Среднее число заявок под обслуживанием	$\overline{N}_{об} = \rho$	0,6

Окончание табл. 2

1	2	3	4
10	Среднее число заявок в системе	$\overline{N}_{сис} = \rho/(1-\rho)$	1,5
11	Среднее время ожидания заявки в очереди	$\overline{T}_{оч} = \rho/[\mu(1-\rho)$	0,015
12	Среднее время пребывания заявки в системе (как в очереди, так и под обслуживанием)	$\overline{T}_{сис} = \rho/[\lambda(1-\rho)$	0,025

Анализируя табл. 1 и 2, можно сделать вывод о том, что работа расчетно-клирингового центра кластера, представленного одноканальной СМО с ожиданием, при возможностях (100 заявок/день) проведения расчетов центром и поступающих требований (60 заявок/день) на сокращение задолженностей от подведомственных предприятий кластера, расчетно-клиринговый центр будет в состоянии эффективно обслуживать расчеты предприятий кластера по клиринговым схемам.

Варианты изменения основных характеристик эффективности функционирования расчетно-клирингового центра кластера, связанных с возможными изменениями во входящем потоке заявок, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Варианты предельных характеристик эффективности функционирования расчетно-клирингового центра кластера, представленного одноканальной СМО с ожиданием

№ п/п	Параметры	Обозначения	Наименования единиц
1	2	3	4
Для интенсивности входящего простейшего потока заявок: л = 70 заявок/день			
1	Нагрузка (трафик) системы	$\rho = \lambda/\mu < 1$	0,7
2	Вероятности состояний	$p_k = \rho^k(1-\rho)$, $k = 0, 1, 2, \ldots$	p_o=0,3; p_1=0,21; p_2=0,147;…
3	Абсолютная пропускная способность СМО	$A = \lambda$	70
4	Среднее число заявок в очереди	$\overline{N}_{оч} = \rho^2/(1-\rho)$	1,6(3)
5	Среднее число заявок под обслуживанием	$\overline{N}_{об} = \rho$	0,7
6	Среднее число заявок в системе	$\overline{N}_{сис} = \rho/(1-\rho)$	2,3(3)
7	Среднее время ожидания заявки в очереди	$\overline{T}_{оч} = \rho/[\mu(1-\rho)]$	0,02(3)

Окончание табл. 3

1	2	3	4
8	Среднее время пребывания заявки в системе (как в очереди, так и под обслуживанием)	$\overline{T}_{сис} = \rho/[\lambda(1-\rho)]$	0,03(3)
Для интенсивности входящего простейшего потока заявок: л = 40 заявок/день			
1	Нагрузка (трафик) системы	$\rho = \lambda/\mu < 1$	0,4
2	Вероятности состояний	$p_k = \rho^k(1-\rho)$, $k = 0, 1, 2, \ldots$	$p_0 = 0,6$; $p_1 = 0,24$; $p_2 = 0,096$;…
3	Абсолютная пропускная способность СМО	$A = \lambda$	40
4	Среднее число заявок в очереди	$\overline{N}_{оч} = \rho^2/(1-\rho)$	0,26(6)
5	Среднее число заявок под обслуживанием	$\overline{N}_{об} = \rho$	0,4
6	Среднее число заявок в системе	$\overline{N}_{сис} = \rho/(1-\rho)$	0,6(6)
7	Среднее время ожидания заявки в очереди	$\overline{T}_{оч} = \rho/[\mu(1-\rho)]$	0,00(6)
8	Среднее время пребывания заявки в системе (как в очереди, так и под обслуживанием)	$\overline{T}_{сис} = \rho/[\lambda(1-\rho)]$	0,01(6)

Заключение. В результате исследования получены: параметры и предельные характеристики эффективности функционирования расчетно-клирингового центра кластера, представленного одноканальной СМО с ожиданием.

Направлением дальнейших исследований и разработок может стать определение структуры расчетно-клирингового центра кластера с целью оценивания возможной величины затрат в рамках его деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гроші та кредит: Підручник / М.І. Савлук, А.М. Мороз, М.Ф. Пудовкіна та ін.; За заг. ред. М.І. Савлука. – К.: КНЕУ, 2001. – 602 с.*
2. *Королюк В.С. Стохастические модели систем. – К.: Наук думка, 1989. – 205 с.*
3. *Прабху Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами. – М.: Машиностроение, 1969. – 365 с.*
4. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М: Радио и связь, 1983. – 416 с.*

Поступила 2.02.2006

Рецензент: доктор технических наук, профессор Г.Н. Жолткевич, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина.