

**Кемеровский государственный университет
Томский государственный университет
Кемеровский научный центр Сибирского отделения РАН
Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске**

*Посвящается 65-летию Победы
в Великой Отечественной войне*



**НАУЧНОЕ
ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЕЖИ**

**Материалы XIV Всероссийской
научно-практической конференции**

15–16 апреля 2010 г.

Часть 1

Издательство Томского университета

2010

ББК 74+72

Н76

Научное творчество молодежи: Материалы XIV Всероссийской
Н76 научно-практической конференции (15-16 апреля 2010 г.). – Томск: Изд-
во Том. ун-та, 2010. – Ч. 1. – 240 с.

ISBN 978-5-7511-1939-3

В часть 1 вошли материалы секций «Математика. Прикладная
математика и математическое моделирование», «Информационные
технологии», «Экономика и менеджмент», «Биология, химия, физика».

ББК 74+72

Ред. коллегия:

д-р физ.-мат. наук, проф. Р. Т. Якупов,

канд. физ.-мат. наук, доц. И. Р. Гарайшина,

канд. техн. наук, доц. А. С. Шкуркин

ISBN 978-5-7511-1939-3 © Кемеровский государственный университет, 2010

© Филиал КемГУ в г. Анжеро-Судженске, 2010

© Коллектив авторов, 2010

МАТЕМАТИКА. ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОГО ПОТОКА ОБРАЩЕНИЙ В ДВУХФАЗНОЙ БЕСКОНЕЧНОЛИНЕЙНОЙ СМО С ПОВТОРНЫМИ ОБРАЩЕНИЯМИ

И. А. Ананина

Томский государственный университет

Рассматривается система массового обслуживания (СМО) с неограниченным числом приборов, на вход которой поступает простейший с параметром λ поток заявок. Поступившая заявка занимает одну из свободных линий, начиная обслуживание с первой фазы. Линия считается занятой, если занята любая из её фаз. Завершив обслуживание на первой фазе, с вероятностью $1-r_1$ заявка покидает систему, а с вероятностью r_1 обслуживается повторно: с вероятностью $1-q$ на той же первой фазе, а с вероятностью q на второй. Завершив обслуживание на второй фазе, заявка с вероятностью $1-r_2$ покидает систему, а с противоположной вероятностью r_2 обслуживается на этой фазе вновь. Продолжительности фаз обслуживания стохастически независимы и определяются функциями распределения $B_1(x)$ и $B_2(x)$ для первой и второй фаз соответственно. Процессы обслуживания для различных линий одинаковы и стохастически независимы. Таким образом, формируются потоки повторных заявок, описываемые случайными процессами $n_1(t)$, $n_2(t)$, где $n_k(t)$ – число повторных обращений к k -й фазе, реализованных за время наблюдения t (рис. 1).

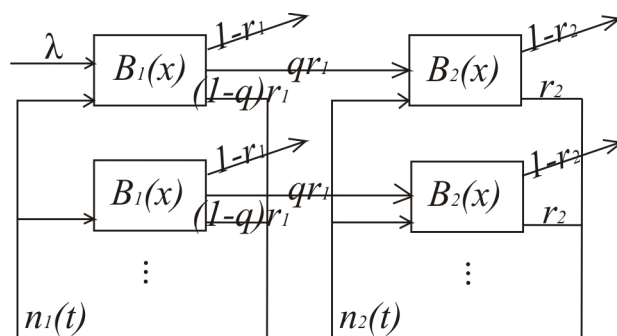


Рис. 1. Двухфазная СМО с неограниченным числом линий и повторными обращениями

Ставится задача исследования суммарного случайного процесса $n(t) = v(t) + n_1(t) + n_2(t)$ в рассматриваемой системе, где $v(t)$ – число первичных обращений к системе, и нахождение его производящей функции.

Для решения поставленной задачи предлагается метод предельной декомпозиции [1]. Суть этого метода заключается в следующем.

Входящий поток делится на N независимых простейших потоков с параметром λN , заявки каждого потока направляются для обслуживания на соответствующую линию. Таким образом, получаем совокупность N независимых однолинейных СМО. Будем полагать, что эти СМО с отказами.

То есть новая заявка, поступившая в систему, занятую обслуживанием, теряется. При $N \rightarrow \infty$ вероятностью потерь заявок можно пренебречь, и тогда суммарные характеристики совокупности N однолинейных СМО сходятся к характеристикам исходной модели. Таким образом, задача нахождения распределения вероятностей числа обращений в бесконечнолинейной СМО сводится к решению задачи нахождения распределения вероятностей числа обращений в однолинейной СМО с отказами.

Введем следующие обозначения: $k(t)$ – состояние прибора, то есть $k(t) = k$, когда занята k -я фаза, $k = 1, 2$ и $k(t) = 0$, когда линия свободна, $z(t)$ – длина интервала от текущего момента времени t до момента окончания текущего обслуживания, если линия занята.

Тогда $P_0(n, t, N) = P\{k(t) = 0, n(t, N) = n\}$ – вероятность того, что в момент времени t линия свободна и за это время к системе обратилось n заявок. $P_k(n, z, t, N) = P\{k(t) = k, n(t, N) = n, z(t) < z\}$ – вероятность того, что занята k -я фаза, за время t поступило n заявок и до конца обслуживания остается времени меньше z .

Составим Δt -методом прямую систему дифференциальных уравнений Колмогорова [2]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_0(n, t, N)}{\partial t} &= \sum_{k=1}^2 (1 - r_k) \frac{\partial P_k(n, 0, t, N)}{\partial z} - \frac{\lambda}{N} P_0(n, t, N), \\ \frac{\partial P_1(n, z, t, N)}{\partial t} &= \frac{\partial P_1(n, z, t, N)}{\partial z} - \frac{\partial P_1(n, 0, t, N)}{\partial z} + (1 - q)r_1 B_1(z) \frac{\partial P_1(n - 1, 0, t, N)}{\partial z} + \\ &\quad + \frac{\lambda}{N} P_0(n - 1, t, N) B_1(z), \\ \frac{\partial P_2(n, z, t, N)}{\partial t} &= \frac{\partial P_2(n, z, t, N)}{\partial z} - \frac{\partial P_2(n, 0, t, N)}{\partial z} + qr_1 B_2(z) \frac{\partial P_1(n - 1, 0, t, N)}{\partial z} + \\ &\quad + r_2 B_2(z) \frac{\partial P_2(n - 1, 0, t, N)}{\partial z}. \end{aligned}$$

Рассмотрим функции

$$\sum_{n=0}^{\infty} x^n P_0(n, t, N) = H_0(x, t, N), \quad \sum_{n=0}^{\infty} x^n P_k(n, z, t, N) = H_k(x, z, t, N), \quad k = 1, 2.$$

Перейдем к системе дифференциальных уравнений в частных производных [3] для $H_0(x, t, N)$, $H_1(x, z, t, N)$ и $H_2(x, z, t, N)$, решение которой будем искать в виде

$$H_0(x, t, N) = 1 - \frac{1}{N} F_0(x, t) + o(N^{-2}),$$

$$H_k(x, z, t, N) = \frac{1}{N} F_k(x, z, t) + o(N^{-2}), \quad k = 1, 2.$$

Тогда уравнения для $F_0(x, t)$, $F_1(x, z, t)$ и $F_2(x, z, t)$ имеют вид:

$$\frac{\partial F_0(x, t)}{\partial t} = \lambda - \sum_{k=1}^2 (1 - r_k) f_k(x, t),$$

$$\frac{\partial F_1(x, z, t)}{\partial t} = \frac{\partial F_1(x, z, t)}{\partial z} + \lambda x B_1(z) + (r_1(1-q)x B_1(z) - 1)f_1(x, t),$$

$$\frac{\partial F_2(x, z, t)}{\partial t} = \frac{\partial F_2(x, z, t)}{\partial z} + r_1 q x B_2(z) f_1(x, t) + (r_2 x B_2(z) - 1)f_2(x, t),$$

где $f_k(x, t) = \frac{\partial F_k(x, 0, t)}{\partial z}$, $k = 1, 2$.

Воспользуемся начальными условиями, которые определяются той же системой при $x = 1$, и получим частные решения:

$$F_0(x, t) = \frac{\lambda(r_1 q b_2 + (1-r_2)b_1)}{(1-r_2)(1-r_1(1-q))} + \lambda t + (r_1 - 1) \int_0^t f_1(x, s) ds + (r_2 - 1) \int_0^t f_2(x, s) ds,$$

$$F_1(x, z, t) = \frac{\lambda}{1-r_1(1-q)} \int_0^{z+t} (1-B_1(y)) dy +$$

$$+ \int_0^t [\lambda x B_1(z+t-s) + (r_1(1-q)x B_1(z+t-s) - 1)f_1(x, s)] ds,$$

$$F_2(x, z, t) = \frac{r_1 q \lambda}{(1-r_2)(1-r_1(1-q))} \int_0^{z+t} (1-B_2(y)) dy +$$

$$+ \int_0^t [r_1 q x B_2(z+t-s) f_1(x, s) + (r_2 x B_2(z+t-s) - 1)f_2(x, s)] ds.$$

Учитывая, что

$$G(x, t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{N} F_0(x, t) + \frac{1}{N} F_1(x, \infty, t) + \frac{1}{N} F_2(x, \infty, t) + o\left(\frac{1}{N^2}\right) \right)^N,$$

можно найти производящую функцию $G(x, t)$ случайного процесса $n(t)$:

$$G(x, t) = \exp \left\{ (x-1) \left\{ \lambda t + r_1 \int_0^t f_1(x, s) ds + r_2 \int_0^t f_2(x, s) ds \right\} \right\}.$$

Знание найденной производящей функции необходимо для определения основных числовых характеристик рассматриваемого процесса.

Литература

1. Морозова А. С., Моисеева С. П., Назаров А. А. Исследование СМО с повторным обращением и неограниченным числом обслуживающих приборов методом предельной декомпозиции // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 13, вып. 5. – С. 88–92.
2. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 448 с.
3. Эльцгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ СТРАХОВОГО КАПИТАЛА ПЕНСИОННОГО ФОНДА КАК КОМПОНЕНТЫ МНОГОМЕРНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

О. С. Балабойко, И. Р. Гарайшина

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Страховой капитал Пенсионного фонда образуется за счёт перечисляемых страховых взносов и расходуется на выплату страховой части пенсии, поэтому его изменение непосредственно связано с изменением численности работающих и пенсионеров. Для изучения процесса изменения величины страхового капитала фонда рассмотрим четырёхмерный случайный процесс $\{i(t), j(t), k(t), S(t)\}$, где $i(t)$ – число работающих застрахованных лиц, $j(t)$ – число пенсионеров, продолжающих работать, $k(t)$ – число пенсионеров, не занимающихся трудовой деятельностью, $S(t)$ – страховой капитал фонда в момент времени t .

Будем исходить из предположений: сумма страховых взносов, ежемесячно перечисляемая за застрахованное лицо в бюджет Пенсионного фонда, и размер ежемесячно выплачиваемой страховой части пенсии являются случайными величинами с функциями распределения $A(x)$ и $B(x)$ соответственно; продолжительность трудовой деятельности до достижения пенсионного возраста, трудовой стаж пенсионера, а также длительность пребывания человека на пенсии без занятия трудовой деятельностью есть экспоненциально распределенные случайные величины с параметрами μ_1 , μ_2 , μ_3 соответственно. Считаем, что, достигнув пенсионного возраста, человек продолжает работать с вероятностью r_1 и впоследствии прекращает свою трудовую деятельность с вероятностью r_2 . Поток заявок на страхование полагаем простейшим с интенсивностью λ .

Обозначим $P(i, j, k, S, t) = P(i(t) = i, j(t) = j, k(t) = k, S \leq S(t) \leq S + dS)$.

Распределение $P(i, j, k, S, t)$ удовлетворяет уравнению

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(i, j, k, S, t)}{\partial t} + (\lambda + (\mu_1 + 12)i + (\mu_2 + 24)j + (\mu_3 + 12)k)P(i, j, k, S, t) = \\ = \lambda P(i - 1, j, k, S, t) + \mu_1 r_1 (i + 1)P(i + 1, j - 1, k, S, t) + \mu_1 (1 - r_1)P(i + 1, j, k, S, t) + \\ + \mu_2 r_2 (j + 1)P(i, j + 1, k - 1, S, t) + \mu_2 (1 - r_2)(j + 1)P(i, j + 1, k, S, t) + \\ + \mu_3 (k + 1)P(i, j, k + 1, S, t) + 12(i + j) \int_0^S P(i, j, k, S - u, t) dA(u) + \\ + 12(j + k) \int_0^\infty P(i, j, k, S + u, t) dB(u) \end{aligned} \quad (1)$$

и заданным начальным условиям $P(i, j, k, S, t_0) = P_0(i, j, k, S)$.

Исследование данной модели можно провести методом асимптотического анализа.

Рассмотрим предельный, при $\lambda \rightarrow \infty$, процесс $\{\alpha(t), \beta(t), \gamma(t), v(t)\}$ для четырёхмерной последовательности случайных процессов

$$\left\{ \frac{1}{\lambda} i(t), \frac{1}{\lambda} j(t), \frac{1}{\lambda} k(t), \frac{1}{\lambda} S(t) \right\}.$$

Обозначим $\frac{1}{\lambda} = \varepsilon$ и выполним в (1) замену $i\varepsilon = x$, $j\varepsilon = y$, $k\varepsilon = z$,

$S\varepsilon = v$, $\frac{1}{\varepsilon^4} P(i, j, k, S, t) = \pi(x, y, z, v, t, \varepsilon)$, тогда уравнение (1) примет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial t} + \lambda(1 + (\mu_1 + 12)x + (\mu_2 + 24)y + (\mu_3 + 12)z) \pi(x, y, z, v, t, \varepsilon) = \\ = \lambda \pi(x - \varepsilon, y, z, v, t, \varepsilon) + \mu_1 r_1 \lambda (x + \varepsilon) \pi(x + \varepsilon, y - \varepsilon, z, v, t, \varepsilon) + \\ + \mu_1 \lambda (1 - r_1) (x + \varepsilon) \pi(x + \varepsilon, y, z, v, t, \varepsilon) + \\ + \mu_2 r_2 \lambda (y + \varepsilon) \pi(x, y + \varepsilon, z - \varepsilon, v, t, \varepsilon) + \mu_2 (1 - r_2) \lambda (y + \varepsilon) \pi(x, y + \varepsilon, z, v, t, \varepsilon) + \\ + \mu_3 \lambda (z + \varepsilon) \pi(x, y, z + \varepsilon, v, t, \varepsilon) + 12\lambda(x + y) \int_0^{z/\varepsilon} \pi(x, y, z - u\varepsilon, v, t, \varepsilon) dA(u) + \\ + 12\lambda(y + z) \int_0^\infty \pi(x, y, z + u\varepsilon, v, t, \varepsilon) dB(u). \end{aligned}$$

Раскладывая функцию $\pi(x \pm \varepsilon, y \pm \varepsilon, z \pm \varepsilon, v \pm \varepsilon u, t, \varepsilon)$ в ряд по приращению аргумента с точностью до $o(\varepsilon)$ и выполняя предельный переход при $\varepsilon \rightarrow 0$, в результате несложных преобразований получим уравнение Фоккера-Планка для плотности $\pi(x, y, z, v, t)$ распределения вероятностей значений четырёхмерного диффузионного процесса:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi(x, y, z, v, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \{ (1 - \mu_1 x) \pi(x, y, z, v, t) \} - \frac{\partial}{\partial y} \{ (\mu_1 r_1 x - \mu_2 y) \pi(x, y, z, v, t) \} - \\ - \frac{\partial}{\partial z} \{ (\mu_2 r_2 y - \mu_3 z) \pi(x, y, z, v, t) \} - \frac{\partial}{\partial v} \{ (12a_1(x + y) - 12b_1(y + z)) \pi(x, y, z, v, t) \}, \end{aligned}$$

где a_1 , b_1 – первые начальные моменты случайных величин, определяемых функциями распределения $A(x)$ и $B(x)$. Тогда процессы $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$ и $v(t)$ удовлетворяют системе обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \alpha'(t) = 1 - \mu_1 \alpha(t), \\ \beta'(t) = r_1 \mu_1 \alpha(t) - \mu_2 \beta(t), \\ \gamma'(t) = r_2 \mu_2 \beta(t) - \mu_3 \gamma(t), \\ v'(t) = (12a_1(\alpha(t) + \beta(t)) - 12b_1(\beta(t) + \gamma(t))). \end{cases}$$

В результате решения находим асимптотические средние процессов изменения численности застрахованных лиц и величины страхового капитала Пенсионного фонда:

$$\begin{aligned}\alpha(t) &= a_0 e^{-\mu_1(t-t_0)} + \frac{1}{\mu_1} (1 - e^{-\mu_1(t-t_0)}), \\ \beta(t) &= \frac{r_1}{\mu_2 - \mu_1} (e^{-\mu_1(t-t_0)} - e^{-\mu_2(t-t_0)}) (\mu_1 a_0 - 1) + \frac{r_1}{\mu_2} (1 - e^{-\mu_2(t-t_0)}) + \beta_0 e^{-\mu_2(t-t_0)}, \\ \gamma(t) &= r_1 r_2 \mu_1 \mu_2 \left(\frac{e^{(\mu_3 - \mu_1)(t-t_0)} - 1}{(\mu_3 - \mu_1)(\mu_2 - \mu_1)} - \frac{e^{(\mu_3 - \mu_2)(t-t_0)} - 1}{(\mu_3 - \mu_2)(\mu_2 - \mu_1)} \right) \left(a_0 - \frac{1}{\mu_1} \right) + \\ &\quad + \frac{r_1 r_2}{\mu_3} (e^{\mu_3(t-t_0)} - 1) - \frac{r_1 r_2}{\mu_3 - \mu_2} (e^{(\mu_3 - \mu_2)(t-t_0)} - 1) + \\ &\quad + \beta_0 \frac{r_1 r_2 \mu_1 \mu_2}{\mu_3 - \mu_2} (e^{(\mu_3 - \mu_2)(t-t_0)} - 1) + \gamma_0 e^{-\mu_3(t-t_0)}, \\ v(t) &= \int_{t_0}^t (12(\alpha(s) + \beta(s))a_1(s) - 12(\beta(s) - \gamma(s))b_1(s))ds + v_0, \quad (2)\end{aligned}$$

где $\alpha_0 = \alpha(t_0)$, $\beta_0 = \beta(t_0)$, $\gamma_0 = \gamma(t_0)$, $v_0 = v(t_0)$.

Далее проведем исследование процесса отклонения процессов $\frac{i(t)}{\lambda}$, $\frac{j(t)}{\lambda}$, $\frac{k(t)}{\lambda}$, $\frac{S(t)}{\lambda}$ от найденных средних $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$, $v(t)$. Для этого рассмотрим предельный, при $\lambda \rightarrow \infty$, процесс для последовательности

$$\left\{ \frac{i(t) - \lambda \alpha(t)}{\sqrt{\lambda}}, \frac{j(t) - \lambda \beta(t)}{\sqrt{\lambda}}, \frac{k(t) - \lambda \gamma(t)}{\sqrt{\lambda}}, \frac{S(t) - \lambda v(t)}{\sqrt{\lambda}} \right\}.$$

Выполнив в уравнении (1) замену

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{\lambda}, \quad i\varepsilon^2 = \alpha(t) + \varepsilon x, \quad j\varepsilon^2 = \beta(t) + \varepsilon y, \quad k\varepsilon^2 = \gamma(t) + \varepsilon z, \quad s\varepsilon^2 = v(t) + \varepsilon v,$$

$$\frac{P(i, j, k, s, t)}{\varepsilon^4} = H(x, y, z, v, t, \varepsilon),$$

получим:

$$\begin{aligned}& \frac{\partial H(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial t} - \frac{\alpha'(t)}{\varepsilon} \frac{\partial H(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial x} - \frac{\beta'(t)}{\varepsilon} \frac{\partial H(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial y} - \\ & - \frac{\gamma'(t)}{\varepsilon} \frac{\partial H(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial z} - \frac{v'(t)}{\varepsilon} \frac{\partial H(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial v} + (\lambda + \lambda(\alpha(t) + \varepsilon x)(\mu_1 + 12) + \\ & + \lambda(\beta(t) + \varepsilon y)(\mu_2 + 24) + \lambda(\gamma(t) + \varepsilon z)(\mu_3 + 12))H(x, y, z, v, t, \varepsilon) = \\ & = \lambda H(x - \varepsilon, y, z, v, t, \varepsilon) + \lambda r_1 \mu_1 (\alpha(t) + \varepsilon(x + \varepsilon))H(x + \varepsilon, y, z, v, t, \varepsilon) + \\ & + \lambda(1 - r_1) \mu_1 (\alpha(t) + \varepsilon(x + \varepsilon))H(x + \varepsilon, y, z, v, t, \varepsilon) +\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +\lambda r_2 \mu_2 (\beta(t) + \varepsilon(y + \varepsilon)) H(x, y + \varepsilon, z - \varepsilon, v, t, \varepsilon) + \\
& +\lambda(1 - r_2) \mu_2 (\beta(t) + \varepsilon(y + \varepsilon)) H(x, y + \varepsilon, z, v, t, \varepsilon) + \\
& + (12\lambda(\alpha(t) + \varepsilon x) + 12\lambda(\beta(t) + \varepsilon y)) \int_0^{\frac{v(t) + \varepsilon u}{\varepsilon^2}} H(x, y, z, v - u\varepsilon) dA(u) + \\
& + (12\lambda(\beta(t) + \varepsilon y) + 12\lambda(\gamma(t) + \varepsilon z)) \int_0^\infty H(x, y, z, v + u\varepsilon) dB(u).
\end{aligned}$$

Раскладывая функцию $H(x \pm \varepsilon, y \pm \varepsilon, z \pm \varepsilon, v \pm \varepsilon, t, \varepsilon)$ по приращениям аргументов в ряд Тейлора с точностью до $o(\varepsilon^2)$, после преобразований получим:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial H(x, y, z, v, t, \varepsilon)}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(-\mu_1 x H(x, y, z, v, t)) - \frac{\partial}{\partial y}((\mu_1 r_1 x - \mu_2 y) H(x, y, z, v, t)) - \\
& -\frac{\partial}{\partial z}((\mu_2 r_2 y - \mu_3 z) H(x, y, z, v, t)) - \frac{\partial}{\partial v}(12((x + y)a_1 - (y + z)b_1) H(x, y, z, v, t)) + \\
& + \frac{1}{2}(1 + \mu_1 \alpha(t)) \frac{\partial^2 H(x, y, z, v, t)}{\partial x^2} + \frac{1}{2}(\mu_1 r_1 \alpha(t) + \mu_2 \beta(t)) \frac{\partial^2 H(x, y, z, v, t)}{\partial y^2} + \\
& + \frac{1}{2}(\mu_2 r_2 \beta(t) + \mu_3 \gamma(t)) \frac{\partial^2 H(x, y, z, v, t)}{\partial z^2} + \\
& + \frac{1}{2}(12(\alpha(t) + \beta(t))a_2 + 12(\beta(t) + \gamma(t))b_2) \frac{\partial^2 H(x, y, z, u, t)}{\partial u^2} + \\
& + \mu_1 r_1 \alpha(t) \frac{\partial^2 H(x, y, z, v, t)}{\partial x \partial y} - \mu_2 r_2 \beta(t) \frac{\partial^2 H(x, y, z, v, t)}{\partial y \partial z}.
\end{aligned}$$

Данное уравнение является уравнением Фоккера-Планка для плотности распределения вероятностей значений четырехмерного диффузионного процесса $\{x(t), y(t), z(t), v(t)\}$ с коэффициентами переноса

$$A_1 = -\mu_1 x, \quad A_2 = \mu_1 r_1 x - \mu_2 y, \quad A_3 = \mu_2 r_2 y - \mu_3 z,$$

$$A_4 = 12(x + y)a_1 - 12(y + z)b_1$$

и коэффициентами диффузии

$$B_{11}(t) = 1 + \mu_1 \alpha(t), \quad B_{22}(t) = \mu_1 r_1 \alpha(t) + \mu_2 \beta(t), \quad B_{33}(t) = \mu_2 r_2 \beta(t) + \mu_3 \gamma(t),$$

$$B_{44}(t) = 12(\alpha(t) + \beta(t))a_2 + 12(\beta(t) + \gamma(t))b_2;$$

$$B_{12} = -\mu_1 r_1 \alpha(t), \quad B_{23}(t) = -\mu_2 r_2 \beta(t), \quad B_{13}(t) = B_{14}(t) = B_{24}(t) = B_{34}(t) = 0.$$

В работе показано, что процессы $x(t), y(t), z(t), v(t)$ определяются системой уравнений

$$\begin{cases} dx(t) = -\mu_1 x dt + \sigma_{11}(t) dw_1(t), \\ dy(t) = (\mu_1 r_1 y - \mu_2 y) dt + \sigma_{21}(t) dw_1(t) + \sigma_{22}(t) dw_2(t), \\ dz(t) = (\mu_2 r_2 y - \mu_3 z) dt + \sigma_{33}(t) dw_3(t), \\ dv(t) = (12xa_1 + 12ya_1 - 12yb_1 - 12zb_1) dt + \sigma_{44}(t) dw_4(t), \end{cases} \quad (3)$$

где $w_1(t)$, $w_2(t)$, $w_3(t)$, $w_4(t)$ – независимые винеровские процессы, а параметры $\sigma_{11}(t)$, $\sigma_{21}(t)$, $\sigma_{22}(t)$, $\sigma_{33}(t)$, $\sigma_{44}(t)$ имеют вид:

$$\sigma_{11}(t) = \sqrt{B_{11}(t)}, \quad \sigma_{22}(t) = \sqrt{B_{22}(t)} - \frac{B_{12}(t)}{\sqrt{B_{11}(t)}}, \quad \sigma_{33}(t) = \sqrt{B_{33}(t)},$$

$$\sigma_{44}(t) = \sqrt{B_{44}(t)}, \quad \sigma_{21}(t) = \frac{B_{12}(t)}{\sqrt{B_{11}(t)}}.$$

В силу выполненной замены процесс $S(t)$ изменения страхового капитала Пенсионного фонда имеет вид

$$S(t) = \lambda v(t) + \sqrt{\lambda} v(t),$$

где детерминированная функция $v(t)$ определяется формулой (2), а $v(t)$ – гауссовский случайный процесс, определяемый системой (3) стохастических дифференциальных уравнений. Очевидно, что математическое ожидание процесса $S(t)$ составляет $\lambda v(t)$. Зная математическое ожидание и найдя корреляционную функцию, нетрудно получить другие характеристики изучаемого процесса.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», проект № 4761.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ РЕССЛЕРА

В. Г. Борисов, Е. И. Штаб

Кемеровский государственный университет

Исследуются бифуркации периодических решений системы дифференциальных уравнений Ресслера [1], описывающей модельную химическую реакцию:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = -(y_2 + y_3), \\ \dot{y}_2 = y_1 + \alpha y_2, \\ \dot{y}_3 = \alpha + y_3(y_1 - \mu). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь y_1 , y_2 , y_3 – концентрации реагирующих веществ, α , μ – числовые параметры. Периодические решения системы исследуются численно с помощью метода отображений Пуанкаре, описанного в [2]. Суть метода состоит в том, что периодическим решениям сопоставляются неподвижные точки отображения Пуанкаре, соответствующие некоему трансверсальному многообразию S фазового пространства. Отображе-

ние Пуанкаре строится численным интегрированием системы (1), дополненной уравнениями, описывающими вариацию начальных условий вдоль многообразия S . Точка покоя отображения Пуанкаре строится методом Ньютона. Численная аппроксимация дифференциала отображения Пуанкаре, необходимого для реализации метода Ньютона, получается интегрированием упомянутых выше уравнений в вариациях. Дифференциал отображения Пуанкаре, в его неподвижной точке представляет собой матрицу монодромии соответствующего периодического решения, и поведение собственных значений этой матрицы (мультипликаторов) характеризует устойчивость цикла и его бифуркации [3].

Описанная выше методика реализована в программе, позволяющей по начальному условию, заданному на многообразии S в достаточной близости от предельного цикла, строить неподвижную точку отображения Пуанкаре и выводить мультипликаторы соответствующего ей цикла. Кроме того, программа позволяет методом продолжения по параметру строить серию периодических решений, используя в качестве начального приближения для следующего значения параметра, точку покоя отображения Пуанкаре, полученную при предыдущем значении параметра. Начальную точку на многообразии S , в случае наличия в системе устойчивого цикла, можно попытаться построить методом стабилизации [2]. Численное интегрирование траекторий проводится BDF методом [4].

Ниже приводятся результаты численного исследования периодических решений системы (1) при фиксированном значении параметра $\alpha = 0,2$.

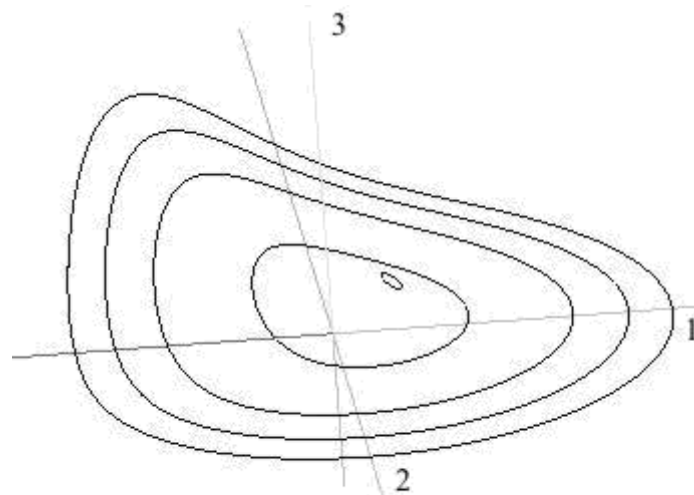


Рис. 1. Устойчивые однократные циклы

Значение параметра μ варьируется. В качестве начального значения параметра берется значение $\mu = 0,4$, при котором происходит рождение изолированного однократного цикла, далее при увеличении параметра исследуются бифуркации циклов с использованием данных об их мультипликаторах. В качестве многообразия S для всех циклов выбрана плоскость $y_I = 0$

Таблица

Значения мультипликаторов циклов

k	μ	λ_1	λ_2
1	0,403	$0.964139 + 0.070237i$	$0.964139 - 0.070237i$
1	1	0.512074	-0.262834
1	2	-0.125057	-0.540484
1	2,6	-0.264773	-0.776362
1	2,8	-0.283507	-0.863400
1	3,1	-0.297636	-0.993550
1	3,2	-0.299604	-1.036291
2	3,2	0.275493	0.187908
1	3,6	-0.297862	-1.202735
2	3,6	-0.585808	-0.943667
1	3,7	-0.295540	-1.243145
2	3,7	-0.737808	-0.985919
1	3,9	-0.289176	-1.322524
2	3,9	-0.912239	-1.166513
4	3,9	-0.741641	0.583801

На рис. 1 изображены циклы системы при значениях параметра μ , равных 0,403, 1,0, 2,0, 2,6 и 3,1. Значения мультипликаторов λ_1 , λ_2 циклов кратности k при некоторых значениях параметра μ приведены в таблице. Из этих данных видно, что при увеличении значения параметра μ в интервале (0,4, 3,1] диаметр цикла увеличивается, мультипликаторы цикла изменяются, оставаясь внутри единичного круга комплексной плоскости, следовательно [3] цикл остается устойчивым. При значении $\mu=3,1$ мультипликатор λ_2 находится вблизи границы единичного круга и при дальнейшем росте параметра пересекает эту границу. Как видно из таблицы, при некотором значении параметра μ_1 , принадлежащем интервалу (3,1, 3,2), мультипликатор пересекает границу единичного круга, при этом исследуемый цикл теряет устойчивость, и в его окрестности возникает двукратный цикл (рис. 2). Родившийся двукратный цикл, судя по его мультипликаторам, приведенным в таблице, является устойчивым, но при дальнейшем росте значений параметра μ он также теряет устойчивость, и в его окрестности возникает устойчивый четырехкратный цикл. С дальнейшим ростом значений параметра μ последовательность бифуркаций периодических решений приводит к возникновению в системе (1) хаотического аттрактора.

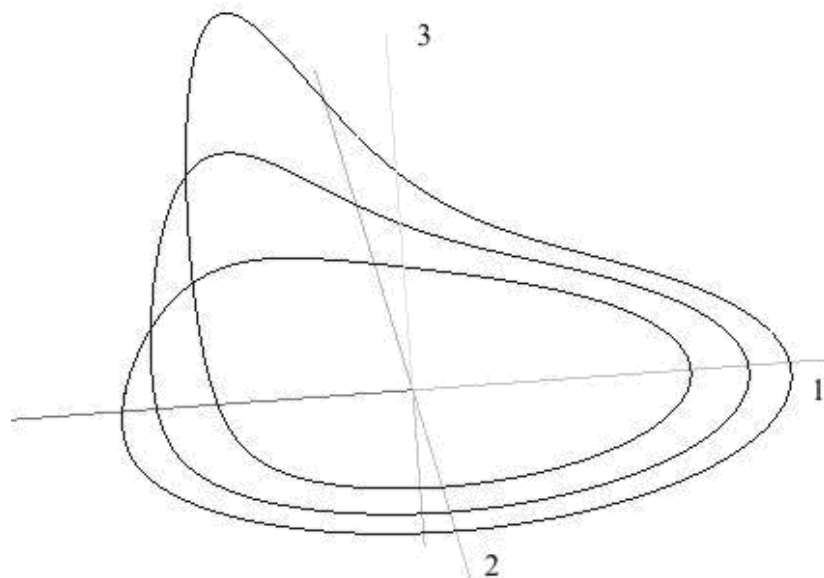


Рис. 2. Одно- и двукратный циклы системы (1) при $\mu = 3.2$

Литература

1. Ressler O. E. Chemical Turbulence: Chaos in a small reaction-diffusion system. – Z. Naturforsch. – а 31, 1168-1172, 1976.
2. Штаб Е. И., Борисов В. Г. Локализация и численное исследование бифуркаций периодических решений ОДУ // Информационные Недра Кузбасса. IT-технологии. – Кемерово: Изд-во КемГУ, 2008. – С. 449–451.
3. Холоднюк М., Клич А., Кубичек М., Марек М. Методы анализа нелинейных динамических моделей. – М.: Марек; М.: Мир, 1991.
4. Хайпер Э., Нёрсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных. – М.: Мир, 1990.

ПОСТРОЕНИЕ КОЛЬЦА ИНВАРИАНТОВ ЛИНЕЙНОЙ ГРУППЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ МАТНЕМАТИСА

А. А. Брусенцова, И. М. Новик

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук Т. Ю. Войтенко

Лесосибирский педагогический институт – филиал

Сибирского федерального университета

Пусть P – поле нулевой характеристики и $G \subset GL(n, P)$ – конечная линейная группа. Многочлен $f(\mathbf{x}) \in P[x_1, \dots, x_n]$ называют *инвариантом* (относительно) группы G , если $f(\mathbf{x}) = f(A\mathbf{x})$ при всех $A \in G$. Множество $P[x_1, \dots, x_n]^G$ всех инвариантных многочленов группы G образует подкольцо в кольце $P[x_1, \dots, x_n]$. Многочлен f инвариантен относительно группы G тогда и только тогда, когда инвариантны все его однородные компоненты.

Важным инструментом изучения колец $P[x_1, \dots, x_n]^G$ является оператор Рейнольдса, определяемой формулой

$$R_G(f) = \frac{1}{|G|} \sum_{A \in G} f(A\mathbf{x}),$$

где $f(\mathbf{x}) \in P[x_1, \dots, x_n]$. Линейный оператор R_G обладает следующими важными свойствами:

- 1) R_G является линейным по f ;
- 2) $R_G(f) \in P[x_1, \dots, x_n]^G$ для любого $f \in P[x_1, \dots, x_n]$;
- 3) $R_G(f) = f$ для любого $f \in P[x_1, \dots, x_n]^G$.

Кроме того, оператор Рейнольдса переводит любой однородный многочлен в однородный многочлен той же степени.

С помощью оператора Рейнольдса доказывается один из важнейших результатов теории инвариантов.

Теорема (Э. Нетер). Пусть $G \subset GL(n, P)$ – конечная линейная группа. Тогда

$$P[x_1, \dots, x_n]^G = P[R_G(a^\beta)],$$

где a^β – любые мономы с полной степенью β , удовлетворяющей условию $\beta \leq |G|$.

Из этой теоремы, в частности, вытекает, что кольцо $P[x_1, \dots, x_n]^G$ порождается конечным числом однородных инвариантов.

Приведенная теорема позволяет найти все инварианты, порождающие кольцо $P[x_1, \dots, x_n]^G$. Однако, не все из найденных инвариантов могут оказаться алгебраически независимыми. Алгебраические соотношения между образующими инвариантами можно описать, вычислив базис Грёбнера идеала, содержащего все нетривиальные алгебраические соотношения между образующими кольца $P[x_1, \dots, x_n]^G$. Нахождение конечной системы образующих кольца инвариантов в каждом конкретном случае является трудной задачей.

Рассмотрим пример построения множества образующих кольца инвариантов для конечной линейной группы G , порожденной матрицей $A = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \in GL(2, P)$. Для вычисления базиса Грёбнера воспользуемся системой компьютерной алгебры Mathematica.

Кольцо инвариантов группы $G = \left\{ \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$ будет состоять из всех многочленов $f \in P[x, y]$, удовлетворяющих условию $f(x, y) = f(-y, x - y)$. Оператор Рейнольдса группы G задается формулой

$$R_G(f)(x, y) = \frac{1}{3}(f(x, y) + f(-y, x - y) + f(-x + y, -x)).$$

По теореме Нётер все образующие инварианты кольца $P[x, y]^G$ следует искать среди однородных многочленов $R_G(x^i y^j)$, $i + j \leq 3$. Результаты вычислений для каждого такого многочлена приведены в таблице.

$x^i y^j$	$R_G(x^i y^j)$
x	0
y	0
x^2	$\frac{2}{3}(x^2 + y^2 - xy)$
xy	$\frac{1}{3}(x^2 + y^2 - xy)$
y^2	$\frac{2}{3}(x^2 + y^2 - xy)$
x^3	$x^2 y - xy^2$
$x^2 y$	$\frac{1}{3}(-x^3 - y^3 + 3x^2 y)$
xy^2	$\frac{1}{3}(-x^3 - y^3 + 3xy^2)$
y^3	$-x^2 y + xy^2$

Следовательно, кольцо $P[x, y]^G$ порождается инвариантами $x^2 + y^2 - xy$, $x^2 y - xy^2$, $-x^3 - y^3 + 3x^2 y$, $-x^3 - y^3 + 3xy^2$. Опишем алгебраические соотношения между порождающими многочленами. Для этого положим

$$\begin{cases} u = x^2 + y^2 - xy, \\ v = x^2 y - xy^2, \\ w = -x^3 - y^3 + 3x^2 y, \\ s = -x^3 - y^3 + 3xy^2. \end{cases}$$

Тогда идеал соотношений будет определяться исключением x, y из заданной системы. Вычислим базис Грёбнера идеала $\langle u - x^2 - y^2 + xy, v - x^2 y + xy^2, w + x^3 + y^3 - 3x^2 y, s + x^3 + y^3 - 3xy^2 \rangle$ с упорядочением $x > y > u > v > w > s$. Результаты вычислений в системе Mathematica приведены на рис. 1.

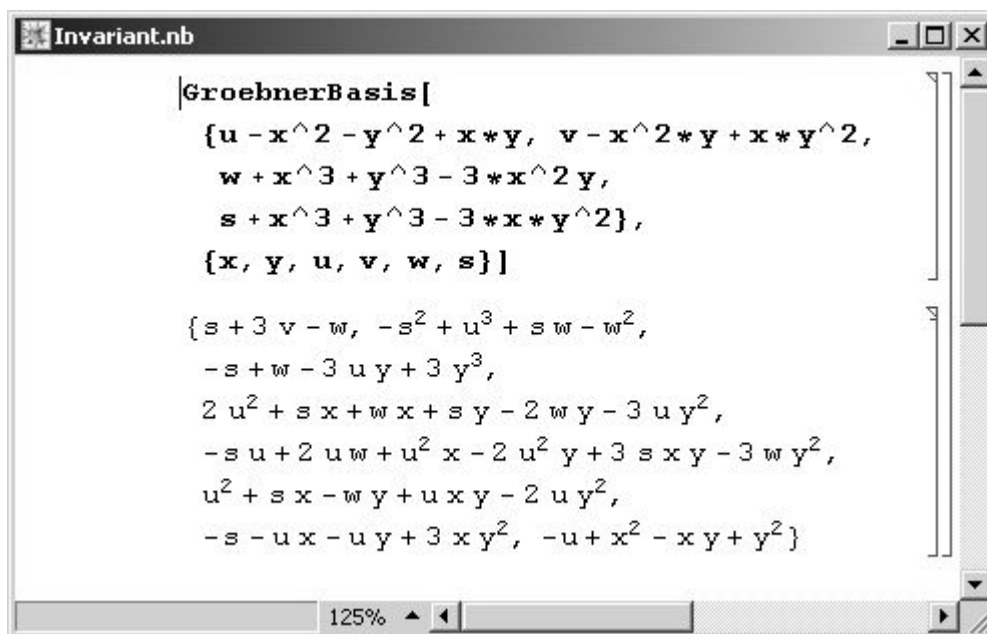


Рис. 1. Построение базиса Грёбнера

Первое соотношение раскрывает линейную зависимость между s , v и w . Следовательно, многочлен $-x^3 - y^3 + 3xy^2$ можно исключить из списка образующих. Оставшиеся образующие связаны нетривиальным соотношением $u^3 - 9v^2 + 3vw - w^2$. Таким образом,

$$P[x, y]^G = [x^2 + y^2 - xy, x^2y - xy^2, -x^3 - y^3 + 3x^2y],$$

и все соотношения между образующими инвариантами порождаются соотношением

$$\begin{aligned}
 & (x^2 + y^2 - xy)^3 = \\
 & = 9(x^2y - xy^2)^2 - 3(x^2y - xy^2)(-x^3 - y^3 + 3x^2y) + (-x^3 - y^3 + 3x^2y)^2.
 \end{aligned}$$

Литература

1. Кокс Д., Литтл Дж., О'Ши Д. Идеалы, многообразия и алгоритмы. – М. : Мир, 2000. – 687 с.
2. Винберг Э. Б. Курс алгебры. – М. : Факториал Пресс, 2002. – 544 с.

ВЕРОЯТНОСТЬ РАЗОРЕНИЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ ПРИ ДВАЖДЫ СТОХАСТИЧЕСКОМ ПОТОКЕ СТРАХОВЫХ ВЫПЛАТ

Я. С. Бублик

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

1. Математическая модель страховой компании

Классическая модель страховой компании строится в предположении, что основные характеристики, определяющие изменение капитала страховой компании: скорость поступления денежных средств s и интенсивность потока страховых выплат λ – не зависят от времени, однако эти характеристики могут изменяться за счет, например, сезонных изменений.

Подходящей моделью потока страховых выплат при этом является дважды стохастический пуассоновский поток с переменной интенсивностью $\lambda(t)$. Будем предполагать, что интенсивность $\lambda(t)$ является однородной цепью Маркова с непрерывным временем и n состояниями. Переход из состояния i в состояние j задаётся матрицей инфинитезимальных характеристик $Q = [q_{ij}]$ ранга $n-1$. Таким образом, переход из состояния i в состояние j за малое время Δt имеет вероятность

$$\begin{aligned} P_{ij}(\Delta t) &= q_{ij}\Delta t + o(\Delta t), \quad i \neq j, \\ P_{ii}(\Delta t) &= 1 + q_{ii}\Delta t + o(\Delta t), \quad i = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $q_{ij} \geq 0$ при $i \neq j$ и

$$\sum_{j=1}^n q_{ij} = 0. \quad (2)$$

Будем считать, далее, что страховые выплаты являются независимыми случайными величинами с плотностью распределения $\psi(x)$, средним значением $M\{x\} = a$ и вторым моментом $M\{x^2\} = a_2$. Наконец, в соответствии с классической моделью страховой компании будем считать, что страховые премии поступают непрерывно во времени с постоянной скоростью c , так что за время Δt приращение капитала за счет страховых премий равно $c\Delta t$.

Можно показать, что при $t \gg 1$ средний капитал в момент времени t

$$\overline{S}(t) \sim (c - \lambda_0 a)t, \quad (3)$$

где λ_0 – средняя интенсивность потока страховых выплат. Отсюда следует, что при $t \gg 1$ и $\theta > 0$ капитал компании в среднем монотонно возрастает, если

$$c = (1 + \theta)\lambda_0 a. \quad (4)$$

При $\theta < 0$ компания разоряется. Параметр θ , как и в классической модели, – нагрузка страховой премии.

2. Уравнения для вероятностей разорения

Пусть $T = \inf\{t : S(t) < 0\}$ и $T = \infty$, если $S(t) > 0 \forall t$. Случайная величина T – момент разорения. Обозначим через $p_i(s) = P\{T < \infty\}$ – вероятность разорения страховой компании при условии, что в начальный момент времени ее капитал равен s и значение интенсивности $\lambda = \lambda_i$. Наконец, считая, что начальное распределение вероятностей состояний интенсивностей совпадает с финальными вероятностями π_i , обозначим

$$p(s) = \sum_{i=1}^n \pi_i p_i(s) \quad (5)$$

– вероятность разорения страховой компании при условии, что начальный капитал равен s . Можно показать, что вероятности разорения $p_i(s)$ удовлетворяют системе уравнений:

$$c\dot{p}_i(s) = \lambda_i p_i(s) - \sum_{j=1}^n q_{ij} p_j(s) - \lambda_i \int_0^s p_i(s-x) \psi(x) dx - \lambda_i \int_s^\infty \psi(x) dx, \quad (6)$$

с граничным условием

$$\lim_{s \rightarrow \infty} p_i(s) = 0. \quad (7)$$

Для решения системы уравнений (6) можно применить преобразование Лапласа. Обозначим

$$F_i(\omega) = \int_0^\infty p_i(s) e^{-\omega s} ds, \quad Y(\omega) = \int_0^\infty \psi(s) e^{-\omega s} ds, \quad X(\omega) = \frac{1 - Y(\omega)}{\omega}.$$

Применяя преобразование Лапласа к системе (6), получим систему уравнений относительно $F_i(\omega)$:

$$\sum_{j=1}^n q_{ij} F_j(\omega) + \omega(c - \lambda_i X(\omega)) F_i(\omega) = c p_i(0) - \lambda_i X(\omega). \quad (8)$$

Для определения вероятностей разорения $p_i(s)$ нужно теперь решить систему уравнений (6) и вычислить обратные преобразования Лапласа. Из соотношений (8) можно получить значение вероятности разорения $p(0)$ при нулевом начальном капитале:

$$p(0) = \frac{1}{1 + \theta}. \quad (9)$$

Таким образом, как и в классической модели страховой компании, вероятность разорения при нулевом начальном капитале зависит только от нагрузки страховой премии.

3. Вероятность разорения при малой нагрузке страховой премии

Получить точное решение системы уравнений (6) не удастся. Поэтому рассмотрим далее асимптотический случай, когда нагрузка страховой премии $\theta \ll 1$. Решение системы уравнений (6) будем искать в виде

$$p_i(s) = \frac{1}{1 + \theta} \varphi_i(\theta s, \theta). \quad (10)$$

Относительно функций $\varphi_i(z, \theta)$ будем предполагать, что они являются дважды дифференцируемыми по своим аргументам. Подставляя (10) в уравнения (6) и сделав замену переменной $\theta s = z$, получим уравнения относительно функций $\varphi_i(z, \theta)$

$$\begin{aligned}
c\theta\dot{\varphi}_i(z, \theta) = \lambda_i\varphi_i(z, \theta) - \sum_{j=1}^n q_{ij}\varphi_j(z, \theta) - \lambda_i \int_0^{\frac{z}{\theta}} \varphi_i(z - \theta x) \psi(x) dx - \\
- \lambda_i(1 + \theta) \int_{\frac{z}{\theta}}^{\infty} \psi(x) dx
\end{aligned} \tag{11}$$

Обозначим

$$\varphi_i(z) = \lim_{\theta \rightarrow 0} \varphi_i(z, \theta).$$

Переходя в (11) к пределу при $\theta \rightarrow 0$, получим, что

$$\sum_{j=1}^n q_{ij}\varphi_j(z) = 0. \tag{12}$$

Так как по условию $\text{Rang}[q_{ij}] = n - 1$, то из сравнения систем уравнений (2) и (12) получаем, что $\varphi_i(z) = \varphi(z) \quad \forall i$, где $\varphi(z)$ неизвестная пока функция. Представим теперь функции $\varphi_i(z, \theta)$ в виде

$$\varphi_i(z, \theta) = \varphi(z) + B_i(z)\theta + C_i(z)\theta^2 + o(\theta^2).$$

Можно показать, что функции $B_i(z)$ и $C_i(z)$ удовлетворяют уравнениям:

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^n q_{ij}B_j(z) &= (\lambda_i - \lambda_0)a\dot{\varphi}(z), \\
\sum_{j=1}^n q_{ij}C_j(z) - (\lambda_i - \lambda_0)a\dot{B}_i(z) + \lambda_i \frac{a_2}{2}\ddot{\varphi}(z) + \lambda_0 a\dot{\varphi}(z) &= 0.
\end{aligned}$$

Исключая из получившейся системы уравнений функции $B_i(z)$ и $C_i(z)$, получим уравнение относительно $\varphi(z)$:

$$A_1\ddot{\varphi}(z) + A_2\dot{\varphi}(z) = 0,$$

$$\text{где } A_1 = \frac{\lambda_0 a_2}{2} - a^2 \sum_{i=1}^{n-1} (\lambda_i - \lambda_0) \pi_i \sum_{j=1}^{n-1} R_{ij} (\lambda_j - \lambda_0), \quad A_2 = \lambda_0 a.$$

$$\text{Откуда } \varphi(z) = U_1 + U_2 e^{-\frac{A_2}{A_1} z}.$$

Из условий $P(+\infty) = 0$ и $P(0) = \frac{1}{1 + \theta}$ получим, что $U_1 = 0$, $U_2 = 1$, и при $\theta \ll 1$

$$p_i(s) = \frac{1}{1 + \theta} e^{-\frac{A_2}{A_1} \theta s} + O(\theta). \tag{14}$$

Работа выполнена при поддержке АБЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ИССЛЕДОВАНИЕ $SM|M|_{\infty}$ В УСЛОВИЯХ ПРЕДЕЛЬНО РЕДКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ SM-ПОТОКА И РАСТУЩЕГО ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

А. Е. Горбатенко, С. В. Лопухова

Томский государственный университет

Математическая модель

Рассмотрим систему массового обслуживания с неограниченным числом приборов, на вход которой поступает полумарковский поток (SM-поток) [1–4]. Продолжительности обслуживания различных заявок стохастически независимы, одинаково распределены и имеют экспоненциальное распределение с параметром μ . Поступившая заявка занимает любой из свободных приборов, завершив обслуживание, заявка покидает систему.

Полумарковский поток определяется полумарковской матрицей $A(x)$ с элементами $A_{vk}(x)$,

$$A_{vk}(x) = P\{\xi(n+1) = k, \tau(n+1) < x | \xi(n) = v\},$$

где $\xi(n)$ – эргодическая цепь Маркова с дискретным временем [5] и матрицей $P = [p_{vk}]$ вероятностей перехода за один шаг; процесс $\tau(n)$ принимает неотрицательные значения из непрерывного множества.

Для элементов полумарковской матрицы в общем случае имеет место мультипликативная форма, которую можно записать в виде

$$A_{vk}(x) = G_{vk}(x) p_{vk},$$

где $G_{vk}(x)$ – условная функция распределения длины интервала полумарковского потока при условии, что в начале этого интервала вложенная цепь Маркова приняла значение v , а в конце его примет значение k .

Матрицу $A(x)$ можно записать в виде произведения Адамара

$$A(x) = G(x) * P \quad (1)$$

двух матриц $G(x)$ и P , и можно полагать, что полумарковский поток задан двумя матрицами $G(x)$ и P .

Условие предельно редких изменений состояний SM-потока

Исследование системы $SM|M|_{\infty}$ будем проводить в условии предельно редких изменений состояний (ПРИС) входящего потока [6, 7].

Условие предельно редких изменений состояний полумарковского потока формализуется следующим равенством для матрицы $P(\delta)$ вероятностей переходов его вложенной цепи Маркова

$$P(\delta) = I + \delta \cdot Q, \quad (2)$$

где δ – некоторый малый параметр ($\delta \rightarrow 0$), а I – единичная диагональная матрица.

Матрица Q с элементами q_{vk} аналогична матрице инфинитезимальных характеристик и имеет такие же свойства, то есть при $k \neq v$ элементы матрицы $q_{vk} > 0$, а также выполняются равенства

$$\sum_k q_{vk} = 0, \quad \sum_{k \neq v} q_{vk} = -q_{kk}.$$

Пусть система функционирует в стационарном режиме [5-6]. Обозначим $i(t)$ – число приборов, занятых в момент времени t , тогда стационарное распределение вероятностей значений процесса $i(t)$ обозначим $\pi(i) = P\{i(t) = i\}$.

Рассмотрим трехмерный процесс $\{s(t), z(t), i(t)\}$, который является марковским [4]. Здесь процесс $z(t)$ – длина интервала от момента времени t до момента наступления очередного события в рассматриваемом SM-потоке, процесс $s(t)$ принимает и сохраняет то значение, которое вложенная по моментам наступления событий в полумарковском потоке цепь Маркова $\xi(n)$ принимает в конце рассматриваемого интервала.

Для распределения вероятностей процесса $\{s(t), z(t), i(t)\}$ $P(s, z, i, t) = P\{s(t) = s, z(t) < z, i(t) = i\}$, из которого затем получим одномерное маргинальное распределение $\pi(i) = \sum_s P(s, \infty, i)$, нетрудно составить

систему дифференциальных уравнений Колмогорова, которую перепишем для стационарного распределения вероятностей $P(s, z, i) \equiv P(s, z, i, t)$ в условии ПРИС [7] в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(s, z, i, \delta)}{\partial z} - \frac{\partial P(s, 0, i, \delta)}{\partial z} - P(s, z, i, \delta)i\mu + P(s, z, i+1, \delta)(i+1)\mu + \\ + \sum_v \frac{\partial P(v, 0, i-1, \delta)}{\partial z} A_{vs}(z, \delta) = 0. \end{aligned}$$

Обозначив $H(s, z, u, \delta) = \sum_{i=0}^{\infty} e^{ju i} P(s, z, i, \delta)$, для функций $H(s, z, u, \delta)$

получим систему уравнений, которую перепишем в матричном виде

$$\frac{\partial H(z, u, \delta)}{\partial z} + ju(1 - e^{-ju}) \frac{\partial H(z, u, \delta)}{\partial u} + \frac{\partial H(0, u, \delta)}{\partial z} \{e^{ju} A(z, \delta) - I\} = 0, \quad (3)$$

решение $H(z, u, \delta)$ которого, удовлетворяющее условию

$$H(z, 0, \delta) = R(z, \delta), \quad (4)$$

определяет характеристическую функцию числа $i(t)$ приборов, занятых в стационарном режиме в системе $SM|M|\infty$, равенством $h(u) = Me^{ju i(t)} = H(\infty, u)E$.

Здесь вектор $R(z, \delta)$ с компонентами $R(s, z, \delta)$, имеет вид

$$R(z, \delta) = \kappa_1(\delta) r \int_0^z (P(\delta) - A(x, \delta)) dx,$$

где r – стационарное распределение вероятностей значений вложенной цепи Маркова, величина $\kappa_1(\delta)$ определяется равенством

$$\kappa_1(\delta) = \frac{1}{rA(\delta)E},$$

а матрица $A(\delta)$ имеет вид

$$A(\delta) = \int_0^{\infty} (P(\delta) - A(x, \delta)) dx.$$

В соответствии с теоремой Пуанкаре [9] об аналитической зависимости решения от параметра существует предел

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} H(u, z, \delta) = H(u, z). \quad (5)$$

Тогда в уравнении (3), с учетом (5), выполним предельный переход при $\delta \rightarrow 0$. Для функций $H(u, z, t)$, с учетом вида матрицы $A(z)$, получим совокупность независимых дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial H(s, z, u)}{\partial z} + j\mu(1 - e^{-ju}) \frac{\partial H(s, z, u)}{\partial u} + \frac{\partial H(s, 0, u)}{\partial z} \{e^{ju} G_{ss}(z) - 1\} = 0. \quad (6)$$

Условие растущего времени обслуживания

Будем решать уравнение (6) в асимптотическом условии растущего времени обслуживания [4, 6, 8], полагая, что $\mu \rightarrow 0$. Обозначим $\mu = \varepsilon$ и в уравнении (6) выполним замены

$$u = \varepsilon w, \quad H(s, z, u) = F_1(s, z, w, \varepsilon), \quad (7)$$

для $F_1(s, z, w, \varepsilon)$ получим уравнение

$$\frac{\partial F_1(s, z, w, \varepsilon)}{\partial z} + j(1 - e^{-j\varepsilon w}) \frac{\partial F_1(s, z, w, \varepsilon)}{\partial w} + \frac{\partial F_1(s, 0, w, \varepsilon)}{\partial z} \{e^{j\varepsilon w} G_{ss}(z) - 1\} = 0. \quad (8)$$

Рассмотрим такой класс решений $H(s, z, u)$ уравнения (6), для которых, в силу (7), функции $F_1(s, z, w, \varepsilon)$ обладают следующими свойствами: существуют конечные пределы при $\varepsilon \rightarrow 0$ функций $F_1(s, z, w, \varepsilon)$ и их производных по w , по z и по z в нуле

Теорема. При $\varepsilon \rightarrow 0$ решение уравнения (8) имеет вид

$$F_1(s, z, w) = R(s, z) \exp\{jw\kappa_1\}, \quad (9)$$

где стационарное распределение $R(z)$ двумерного марковского процесса

$\{s(t), z(t)\}$ имеет вид $R(z) = \kappa_1 r \int_0^z (P - A(x)) dx$. Здесь $A(x) = \lim_{\delta \rightarrow 0} A(x, \delta)$ – полумарковская матрица, $P = \lim_{\delta \rightarrow 0} P(\delta)$ – стохастическая матрица вероятностей переходов вложенной цепи Маркова, r – стационарное распределение вероятностей значений вложенной цепи Маркова, а величина κ_1 определяется равенством $\kappa_1 = \frac{1}{rAE}$, где матрица A определяется равенством

$A = \int_0^{\infty} (P - A(x)) dx$.

Следствие. Функцию

$$h_1(u) = \exp\left\{\frac{j\mu\kappa_1}{\mu}\right\}$$

будем называть асимптотикой первого порядка характеристической функции $h(u)$ стационарного процесса $i(t)$.

Заключение

В данной работе найдено асимптотическое распределение вероятностей числа занятых приборов в системе в условии предельно редких изменений состояний в SM-поток и условии растущего времени обслуживания. Полученное распределение может быть многомодальным.

Литература

1. Lucantoni D. New results for the single server queue with a batch Markovian arrival process // Stochastic Models. – 1991. – V. 7. – P. 1–46.
2. Lucantoni D. M., Meier-Hellsten K. S., Neuts M. F. A single-server queue with server vacations and a class of non-renewal arrival processes // Adv. Appl. Prob. – 1990. – №22. – P. 676–705.
3. Neuts M. F. A versatile Markovian arrival process // Journal of Appl. Prob. – 1979. – V. 16. – P. 764–779.
4. Лопухова С. В. Асимптотические и численные методы исследования специальных потоков однородных событий: дис. ... канд. физ.-мат. наук // Лопухова Светлана Владимировна. – Томск, 2008.
5. Назаров А. А. Теория вероятностей и случайных процессов: учебное пособие. – Томск: Изд. НТЛ, 2006.
6. Назаров А. А. Методы асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: НТЛ, 2006.
7. Горбатенко А. Е., Назаров А. А. Метод асимптотического анализа МАР-потока в условии предельно редких изменений состояний потока // Современные информационные компьютерные технологии: сб. науч. ст.: в 2 ч. – Ч. 2 (mcIT – 2008). – Гродно: ГрГУ, 2008. – С. 30–32.
8. Горбатенко А. Е. Исследование квазиразложимого поумарковского потока // Теория вероятностей, математическая статистика и приложения: Материалы международной научной конференции. – Минск, 2010. – С. 53–59.
9. Эльсгольц Л. Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.

Работа выполнена при поддержке АБЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН С ПОГРУЖЕННЫМ В ИДЕАЛЬНУЮ НЕСЖИМАЕМУЮ ЖИДКОСТЬ ТВЕРДЫМ ТЕЛОМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И. В. Григорьева, И. Л. Теплова

Кемеровский государственный университет

Работа посвящена численному моделированию взаимодействия волн с погруженным телом в идеальной несжимаемой жидкости методом граничных элементов в линейной пространственной постановке. В качестве тестовых выбраны две различные задачи: задача о колебаниях

твердой сферы под свободной поверхностью и задача о распространении волн в прямоугольном бассейне.

1. Постановка задачи

Пусть область течения $\Omega(t)$ ограничена сверху свободной поверхностью Γ_1 , которая описывается функцией подъема свободной поверхности $z = \eta(x, y, t)$, снизу – твердой стенкой Γ_2 . Боковые границы Γ_3 , Γ_4 , Γ_5 и Γ_6 области $\Omega(t)$ представляют собой открытые границы. Под свободной поверхностью Γ_1 расположено твердое тело с поверхностью S . В области $\Omega(t)$ происходит безвихревое потенциальное движение однородной несжимаемой жидкости. На жидкость действует поле сил тяжести с потенциалом gz [2].

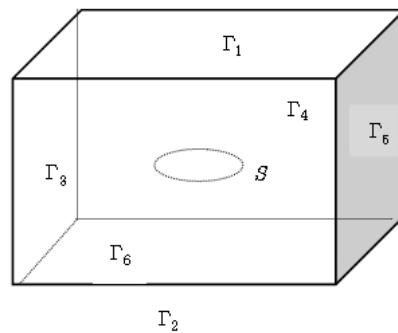


Рис. 1. Погруженное тело

Постановка задачи в безразмерных переменных имеет вид [1]. Потенциал поля скоростей $\varphi = \varphi(t, \vec{x})$ удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\Delta \varphi = 0, \quad \vec{x} \in \Omega(t), \quad (1)$$

а также кинематическому и динамическому условиям на свободной границе

$$\frac{\partial \varphi}{\partial z} = \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \varphi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y}, \quad \vec{x} \in \Gamma_1, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2} |\nabla \varphi|^2 + g\eta = 0, \quad \vec{x} \in \Gamma_1. \quad (3)$$

Кроме того, потенциал φ удовлетворяет условию непротекания на границе Γ_2 и на поверхности погруженного тела S .

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0, \quad \vec{x} \in \Gamma_1, S, \quad (4)$$

где $\vec{n}$ – внешняя по отношению к жидкости нормаль.

Потенциал поля скоростей представляется в виде суммы $\varphi = \varphi_i + \varphi_s$, где φ_i – волновой потенциал, φ_s – потенциал, учитывающий распространение возмущений, генерируемых погруженным телом [2].

На открытой границе задается условие, учитывающее, что возмущения, порождаемые погруженным телом, не доходят до свободной границы

$$\varphi = \varphi_i, \vec{x} \in \Gamma_3, \Gamma_4, \Gamma_5, \Gamma_6. \quad (5)$$

Необходимо задать начальные условия: положение свободной границы в начальный момент времени $t = 0$ и распределение потенциала на ней:

$$\Gamma_1|_{t=0} = \Gamma_0, \varphi|_{t=0} = \varphi(0, \vec{x}). \quad (6)$$

Из уравнения (1), граничных условий (2), (3), (4) и (5), а также начальных условий (6) нужно определить форму свободной поверхности и распределение потенциала на ней во все последующие моменты времени.

2. Метод граничных элементов

В качестве основного соотношения МГЭ используется третья формула Грина, записанная для потенциала поля скоростей φ и его нормальной производной $q = \frac{\partial \varphi}{\partial n}$.

$$\begin{aligned} & - \int_{\Gamma_1} \varphi^*(\vec{x}, \vec{\xi}) q(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}) + \int_S q^*(\vec{x}, \vec{\xi}) \varphi(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}) - \int_{\Gamma_3} \varphi^*(\vec{x}, \vec{\xi}) q(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}) - \\ & - \int_{\Gamma_4} \varphi^*(\vec{x}, \vec{\xi}) q(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}) - \int_{\Gamma_5} \varphi^*(\vec{x}, \vec{\xi}) q(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}) - \int_{\Gamma_6} \varphi^*(\vec{x}, \vec{\xi}) q(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}) - \\ & - \int_{\Gamma_2} \varphi^*(\vec{x}, \vec{\xi}) q(\vec{x}, \vec{\xi}) d\Omega(\vec{\xi}), \end{aligned}$$

где φ^* – фундаментальное решение уравнения Лапласа, которое в пространственном случае записывается в виде $\varphi^* = 1/4\pi r(\vec{x}, \vec{\xi})$, $r(\vec{x}, \vec{\xi})$ – расстояние между точками $\vec{x}$ и $\vec{\xi}$, расположенными на границе области $\Omega(t)$ [1].

3. Результаты вычислений

В качестве тестовых были выбраны две различные задачи. Первая – задача о колебаниях твердой сферы под свободной поверхностью [2]. Задача выбрана в качестве тестовой потому, что в начальный момент времени жидкость покоится, соответственно $\varphi_i = 0$. Возмущение свободной поверхности Γ_2 вызвано колебаниями тела. Для данной задачи была выбрана симметричная относительно центральной оси расчетная область. Радиус расчетной области в безразмерных переменных равен 3, высота столба жидкости – 4, центр сферы радиусом 0,2 располагается на расстоянии 0,4 под свободной поверхностью Γ_2 . Движение твердой сферы начинается с опускания, амплитуда колебаний сферы – 0.06, период колебаний – 0.012. В процессе колебаний сферы в центре свободной поверхности Γ_2 формируется возвышение, которое на этапе погружения сферы опускается и переходит во впадину. В процессе колебаний возмущения распространяются от центра свободной поверхности Γ_2 к краям расчетной области, при этом осевая симметрия течения сохраняется.

Вторая тестовая задача – это задача о распространении волн в прямоугольном бассейне [2]. Ввиду отсутствия тела $\Phi_s=0$ и движение жидкости обусловлено волновым потенциалом $\Phi_i = \frac{H}{2} \frac{g}{\delta} \frac{\cosh[k(h+z)]}{\cosh[kh]}$ и функцией возмущения свободной поверхности $\eta_i = \frac{H}{2} \cos(kx - \delta t)$, где δ – радиальная частота, вычисляемая из соотношения $\delta^2 = gk \tanh(kh)$, H – высота волны, $k = 2\pi/L$ – волновое число, с длиной волны L . В этом случае волны заданной высоты распространяются вдоль оси абсцисс и выходят за границу расчетной области, сохраняя свою форму.

Литература

1. Afanasiev K. E., Grigorieva I. V. Numerical investigation of three-dimensional bubble dynamics // Journal of Engineering Mathematics. – Volume 55. – Springer, 2006. – 65 p.
2. Vimal V. V. Boundary-Integral Analysis of Nonlinear Diffraction Forces on a Submerged Body. – Florida Atlantic University, 2003. – 118 p.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАПИТАЛА СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ С УЧЕТОМ ИНВЕСТИЦИЙ В БЕЗРИСКОВЫЕ АКТИВЫ И ПРИ НАЛИЧИИ НЕЯВНОЙ РЕКЛАМЫ

Д. Д. Даммер

Томский государственный университет

В настоящее время широкий интерес вызывают математические модели так называемой актуарной математики, изучающей различные аспекты страхового дела. В большинстве работ последнего времени рассматривается как классическая модель страховой компании, так и модели, приближенные к реальности [1]. В данной работе определяются характеристики капитала страховой компании при нестационарном потоке входящих страховых рисков, при вложении денежных средств компании в безрисковые активы и с учетом неявной рекламы.

Пусть страховая компания в момент времени t характеризуется капиталом $S(t)$ и числом застрахованных рисков $k(t)$. Модель страховой компании будем исследовать с учетом следующих предположений:

1. В компанию поступает поток новых рисков, который мы будем считать пуассоновским потоком событий переменной интенсивности $\lambda(t) + \beta(t)k(t)$. Первое слагаемое отражает поток новых рисков, которые клиенты страхуют по не зависящим от неё обстоятельствам. Второе слагаемое характеризует поток рисков, пришедших в компанию благодаря распространению информации о компании среди незастрахованных клиентов, и величина $\beta(t)$ определяет скорость распространения информации, т. е. имеет место так называемая неявная реклама. Каждый новый риск вносит в капитал компании премию ξ , размер которой является случайной

величиной с функцией распределения $F_{\xi}(x)$ и с $M\{\xi\}=a_1$, $M\{\xi^2\}=a_2$. Так как величина первого страхового взноса – это прерогатива компании и устанавливаться по её усмотрению, то будем считать, что величины a_1 , a_2 зависят от времени, т. е. $a_1(t)$, $a_2(t)$.

2. Каждый из застрахованных рисков выплачивает дополнительные взносы в размере случайной величины ζ с функцией распределения $F_{\zeta}(z)$, $M\{\zeta\}=c_1$, $M\{\zeta^2\}=c_2$. Также считаем, что $c_1(t)$, $c_2(t)$ являются функциями времени. Предполагается, что взносы осуществляются независимо друг от друга с интенсивностью $\mu_2 k(t)$.

3. Будем считать, что с каждым риском может наступить страховой случай с интенсивностью $\mu_1 k(t)$ и эти страховые случаи для различных рисков независимы. При этом компания выплачивает страховое возмещение в размере случайной величины η с функцией распределения $F_{\eta}(y)$, и $M\{\eta\}=b_1$, $M\{\eta^2\}=b_2$. Предполагаем, что средние выплаты и величина b_2 зависят от времени.

4. Введем детерминированную функцию $\rho(t)$, определяющую ставку доходности по безрисковым активам. Предположим, что страховая компания вкладывает все свои денежные средства в эти самые активы.

5. Функции $\lambda(t)$, $\beta(t)$, $a_1(t)$, $a_2(t)$, $c_1(t)$, $c_2(t)$, $b_1(t)$, $b_2(t)$, $\rho(t)$ являются непрерывными либо функциями, которые имеют разрывы только первого рода.

6. Наконец, с интенсивностью $\mu k(t)$ страховое время некоторых рисков заканчивается, и они покидают компанию независимо от поведения других рисков.

Рассмотрим интервал времени $[t, t + \Delta t]$. Обозначим через $S(t + \Delta t)$ величину капитала в момент $t + \Delta t$. Имеем основное соотношение

$$S(t + \Delta t) = S(t) + \rho(t)S(t)\Delta t + \Delta S(t),$$

где в силу предположений 1–6 имеем

$$\Delta S(t) = \begin{cases} \xi(t), & \text{с вероятностью } (\lambda(t) + \beta(t)k(t))\Delta t + o(\Delta t), \\ -\eta(t), & \text{с вероятностью } \mu_1 k(t)\Delta t + o(\Delta t), \\ \zeta(t), & \text{с вероятностью } \mu_2 k(t)\Delta t + o(\Delta t), \\ 0, & \text{с вероятностью } 1 - (\lambda + \beta(t)k(t) + \mu_1 k(t) + \mu_2 k(t))\Delta t + o(\Delta t). \end{cases}$$

После применения методики, изложенной в [2], получим выражение для функции капитала компании при $M\{S(t_0)\} \equiv S_0$

$$\begin{aligned} M\{S(t)\} = S_1(t) = S_0 \exp\left\{\int_{t_0}^t \rho(u)du\right\} + \int_{t_0}^t \lambda(z)a_1(z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u)du\right\} dz + \\ + \int_{t_0}^t Q(z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u)du\right\} k_1(z) dz, \end{aligned} \quad (1)$$

где $Q(z) = a_1(z)\beta(z) - b_1(z)\mu_1 + c_1(z)\mu_2$, $k_1(z)$ – среднее число рисков, застраховавшихся в компании. Формула для $k_1(z)$ найдена в [2], имеет вид

$$k_1(t) = \int_0^\infty \lambda(t-v) \exp\left\{-\mu v + \int_{t-v}^t \beta(x) dx\right\} dv. \quad (2)$$

Обозначим $M\{S^2(t)\} = S_2(t)$. Запишем выражение для дисперсии капитала $D_S(t) = S_2(t) - S_1^2(t)$, тогда

$$\frac{dD_S(t)}{dt} = \frac{dS_2(t)}{dt} - 2S_1(t) \frac{dS_1(t)}{dt}. \quad (3)$$

Запишем выражение для производной второго момента капитала, учитывая, что

$$S^2(t + \Delta t) = S^2(t) + (\Delta S(t))^2 + 2S^2(t)\rho(t)\Delta t + 2S(t)\Delta S(t) + 2\rho(t) \times \\ \times S(t)\Delta S(t) + o(\Delta t).$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} \frac{dS_2(t)}{dt} = & 2\rho(t)S_2(t) + \lambda(t)a_2(t) + (a_2(t)\beta(t) + b_2(t)\mu_1 + c_2(t)\mu_2)k_1(t) + \\ & + 2\lambda(t)a_1(t) \int_{t_0}^t (\lambda(z)a_1(z) + Q(z)k_1(z)) \exp\left\{\int_z^t \rho(u) du\right\} dz + \\ & + 2Q(t)k_1(t) \int_{t_0}^t \lambda(z)a_1(z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u) du\right\} dz + 2Q(t) \int_{t_0}^t Q(z)\tilde{C}(t,z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u) du\right\} dz, \end{aligned}$$

где $Q(t)$, $k_1(t)$ определены выше, а $\tilde{C}(t,z) = M\{k(t)k(z)\}$ – корреляционная функция числа рисков компании. Запишем дифференциальное уравнение для дисперсии капитала в соответствии с (3)

$$\begin{aligned} \frac{dD_S(t)}{dt} = & 2D_S(t)\rho(t) + \lambda(t)a_2(t) + [a_2(t)\beta(t) + b_2(t)\mu_1 + c_2(t)\mu_2]k_1(t) + \\ & + Q(t) \int_{t_0}^t Q(z)C_k(t,z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u) du\right\} dz, \end{aligned} \quad (4)$$

где $C_k(t_1, t_2) = D_k(\min(t_1, t_2)) \exp\left\{-\mu|t_2 - t_1| + \int_{\min(t_1, t_2)}^{\max(t_1, t_2)} \beta(x) dx\right\}$ – ковариационная

функция числа рисков, а $D_k(t)$ – дисперсия $k(t)$, найденная в [2]. Решение уравнения (4) при $t = 0$, когда капитал компании считается точно известным и $D_S(0) = 0$, определяет дисперсию капитала компании.

Найдем выражение для ковариации капитала и числа рисков в один и тот же момент времени $C_{Sk}(t) = M\{S(t)k(t)\} - S_1(t)k_1(t)$. Имеем

$$M\{S(t)k(t)\} = k_1(t)\lambda \int_{t_0}^t a_1(z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u) du\right\} dz + \int_{t_0}^t Q(z) \exp\left\{\int_z^t \rho(u) du\right\} \tilde{C}(t,z) dz.$$

Так как выражения для $S_1(t)$ и $k_1(t)$ найдены ранее, то после несложных преобразований можем записать формулу для искомой функции

$$C_{sk}(t) = \int_{t_0}^t Q(z) \exp \left\{ \int_z^t \rho(u) du \right\} C_k(t, z) dz. \quad (5)$$

Таким образом, процесс $k(t)$ является управляющим процессом для капитала компании, так как в силу выбранной модели все изменения капитала связаны с застрахованными рисками, их приходом и уходом.

Литература

1. Глухова Е. В., Змеев О. А., Лившиц К. И. Математические модели страхования. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 180 с.
2. Даммер Д. Д. Математическая модель страховой компании с нестационарным потоком входящих рисков и с учётом перестраховки // Теория вероятностей, математическая статистика и их приложения: Материалы международной конференции. – Минск, 2010. – С. 80–85.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ $MMP^{(2)} / M / \infty$ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ

М. Д. Жалкеева, И. А. Ивановская

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Рассмотрим торговую компанию, в которую поступает поток некоторых товаров на реализацию. Будем считать, что товары двух типов, а входящий поток – MMP .

Реализация товаров занимает некоторое время, которое является случайной величиной. Будем считать, что время реализации экспоненциальное.

Для товаров первого типа – $F(x) = 1 - e^{-\mu_1 x}$, второго типа – $F(x) = 1 - e^{-\mu_2 x}$.

Для расчета затрат, связанных с хранением товаров, необходимо знать характеристики двумерного случайного процесса $\{n_1(t), n_2(t)\}$, характеризующего число товаров каждого типа, находящихся на реализации. Для этого в дальнейшем рассмотрим систему массового обслуживания $MMP^{(2)} / M / \infty$.

Рассмотрим систему массового обслуживания с двумя блоками обслуживания, каждый из которых содержит неограниченное число обслуживающих приборов. На вход системы поступает $MMP^{(2)}$ – поток сдвоенных заявок, заданный матрицей инфинитезимальных характеристик Q и набором неотрицательных чисел λ_k . В момент наступления событий в рассматриваемом потоке в систему одновременно поступают две заявки.

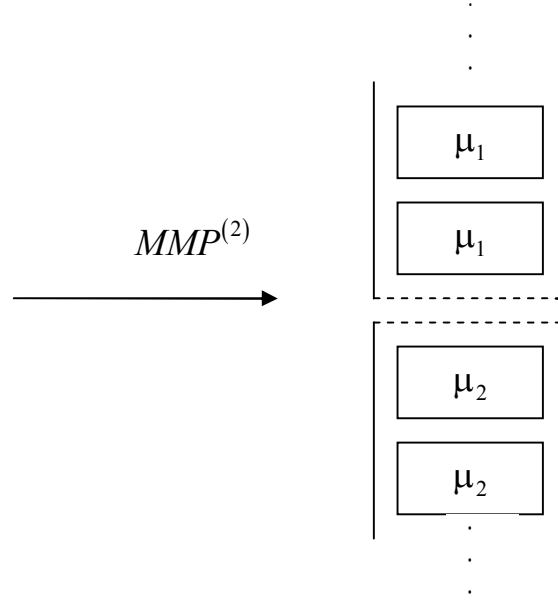


Рис. 1. СМО с параллельным обслуживанием кратных заявок

Дисциплина обслуживания определяется тем, что одна из этих заявок поступает в первый, а другая во второй блоки обслуживания и занимает любой из свободных приборов, на котором выполняется ее обслуживание в течение случайного времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметрами μ_1 и μ_2 соответственно (рис. 1).

Введем обозначения

$$P(k, n_1, n_2, t) = P\{k(t) = k, n_1(t) = n_1, n_2(t) = n_2\},$$

где $k(t)$ – состояние управляющей цепи Маркова, $n_1(t), n_2(t)$ – число заявок в каждом блоке обслуживания.

Тогда для распределения вероятностей $P(k, n_1, n_2, t)$ запишем систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(k, n_1, n_2, t)}{\partial t} = & (-\lambda_k - n_1\mu_1 - n_2\mu_2 + q_{kk})P(k, n_1, n_2, t) + \\ & + \lambda_k P(k, n_1 - 1, n_2 - 1, t) + (n_1 + 1)\mu_1 P(k, n_1 + 1, n_2, t) + \\ & + (n_2 + 1)\mu_2 P(k, n_1, n_2 + 1, t) + \sum_{v \neq k} P(v, n_1, n_2, t) q_{vk}. \end{aligned} \quad (1)$$

Для дальнейшего исследования рассмотрим характеристические функции следующего вида:

$$H(k, u, w, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} e^{jun_1} e^{jwn_2} P(k, n_1, n_2, t).$$

Учитывая, что

$$\frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial u} = j \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} n_1 e^{jun_1} e^{jwn_2} P(k, n_1, n_2, t),$$

$$\frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial w} = j \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} n_2 e^{jun_1} e^{jwn_2} P(k, n_1, n_2, t).$$

Из (1) получаем уравнения для $H(k, u, w, t)$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial t} = & -\lambda_k H(k, u, w, t) + \mu_1 j \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial u} + \mu_2 j \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial w} + \\
& + \lambda_k e^{j(u+w)} H(k, u, w, t) - \mu_1 j e^{-ju} \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial u} - \\
& - \mu_2 j e^{-jw} \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial w} + \sum_v H(v, u, w, t) q_{vk}.
\end{aligned} \quad (2)$$

Для дальнейшего исследования введем обозначения:

$$\begin{aligned}
H(u, w, t) &= \{H(1, u, w, t), H(2, u, w, t), \dots\}, \\
\frac{\partial H(u, w, t)}{\partial t} &= \left\{ \frac{\partial H(1, u, w, t)}{\partial t}, \frac{\partial H(2, u, w, t)}{\partial t}, \dots \right\},
\end{aligned}$$

Q – матрица инфинитезимальных характеристик q_{vk} , Λ – диагональная матрица с элементами λ_k по главной диагонали.

Начальное условие $H(k, u, w, 0) = R(k) = H(k, 0, 0, t)$.

Тогда систему характеристических уравнений для функций $H(u, w, t)$, запишем в матричном виде:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial H(u, w, t)}{\partial t} = & \mu_1 j (1 - e^{-ju}) \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial u} + \mu_2 j (1 - e^{-jw}) \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial w} + \\
& + H(u, w, t) [\Lambda(e^{j(w+u)} - 1) + Q].
\end{aligned} \quad (3)$$

Далее рассмотрим стационарное решение

$$\begin{aligned}
- \left(\mu_1 j (1 - e^{-ju}) \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial u} + \mu_2 j (1 - e^{-jw}) \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial w} \right) = \\
= H(u, w, t) [\Lambda(e^{j(w+u)} - 1) + Q].
\end{aligned}$$

Следовательно,

$$\begin{aligned}
\mu_1 j (e^{-ju} - 1) \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial u} + \mu_2 j (e^{-jw} - 1) \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial w} = \\
= H(u, w, t) [\Lambda(e^{j(w+u)} - 1) + Q].
\end{aligned} \quad (4)$$

Затем методом моментов найдем моменты первого порядка. Учитывая, что

$$\left. \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial u} \right|_{\substack{w=0 \\ u=0}} = j m_1(k), \quad \left. \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial w} \right|_{\substack{w=0 \\ u=0}} = j m_2(k),$$

где $\sum_k m_2(k) = m_2$, $\sum_k m_1(k) = m_1$, m_1, m_2 – среднее число заявок в блоке.

Продифференцируем (4) по u

$$\begin{aligned}
\mu_1 j (-j) e^{-ju} \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial u} + \mu_1 j (e^{-ju} - 1) \frac{\partial^2 H(u, w, t)}{\partial u^2} = \\
= \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial u} [\Lambda(e^{j(w+u)} - 1) + Q] + H(u, w, t) [\Lambda e^{j(w+u)} j].
\end{aligned} \quad (5)$$

Подставляем $u = w = 0$.

Учитывая, что $H(u, w, t) = [R(1), \dots] = R$,

$$\bar{m}_1^{-1} = [\mu_1 I - Q]^{-1} R \Lambda.$$

Или так как $\bar{m}_1 E = m_1$, $QE = 0$, $RE = 1$, получаем, что для первого блока обслуживания момент первого порядка имеет вид

$$\mu_1 m_1 = R \Lambda E, \quad m_1 = \frac{1}{\mu_1} R \Lambda E.$$

Аналогично для второго блока обслуживания момент первого порядка

$$m_2 = \frac{1}{\mu_2} R \Lambda E.$$

Проведя аналогичные выкладки, запишем моменты второго порядка для двух блоков обслуживания.

$$\begin{aligned} \bar{m}_1^2 &= R \Lambda \left\{ I + [\mu_1 I - Q]^{-1} (\mu_1 I - 2\Lambda) \right\} (2\mu_1 I + Q)^{-1} E, \\ \bar{m}_2^2 &= R \Lambda \left\{ I + [\mu_2 I - Q]^{-1} (\mu_2 I - 2\Lambda) \right\} (2\mu_2 I + Q)^{-1} E. \end{aligned}$$

Литература

1. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: КомКнига, 2005. – 408 с.
2. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 228 с.
3. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория вероятностей и случайных процессов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.
4. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 112 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ГОРЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

И. Ю. Зыков, А. П. Боровикова, Е. А. Гришаева

Кемеровский государственный университет

Моделирование распространения волны горения энергетических материалов является важным этапом идентификации механизма взрывного разложения образца. Основные сложности связаны с необходимостью решения системы жестких дифференциальных уравнений. Целью данной работы является создание пакета прикладных программ для моделирования распространения волны горения энергетических материалов, создания методики расчета пространственно-временных параметров стационарной волны реакции горения и ее апробация на примере азида серебра.

Модель распространения волны горения в общем случае [1] имеет вид

$$\frac{dT}{dx} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} + \frac{Q}{c} k_0 n e^{-\frac{E}{kT}}, \quad (1)$$

$$\frac{dn}{dt} = -k_0 e^{-\frac{E}{kT}}, \quad (2)$$

где α – коэффициент температуропроводности, c – теплоёмкость вещества, Q – тепловыделение.

Расчёт проводился в декартовой системе координат. Теплоёмкость вещества принималась постоянной и не зависящей от температуры, не рассматривались фазовые переходы, считалось, что термализация происходит мгновенно.

Для расчёта кристалл разбивался на ячейки, в которых и проходил расчёт, и дальше результат суммировался по всем ячейкам. Размер ячейки должен быть меньше ширины зоны химической реакции, определяемой выражением [1]

$$L = \left(\frac{Q}{\alpha c} \frac{E}{RT_1^2} k_0 e^{-\frac{E}{RT_1}} \right)^{-1/2} = 2,6 \text{ Å} \quad (3)$$

при T_1 , равной адиабатической температуре взрыва азида серебра (~4700 K). Поэтому в расчётах использовалась ячейка размером в 1 Å.

В качестве начальных условий было задано следующее распределение температуры и концентраций:

$$T = T_0 + T_n e^{-\frac{X^2}{S^2}}, \quad (4)$$

$$n = 1 - e^{-\frac{X^2}{S^2}}, \quad (5)$$

где $S=30 \text{ Å}$, $T_0=300 \text{ K}$, $T_n=4400 \text{ K}$.

Для получения стационарного фронта волны горения использовалась следующая процедура: вначале проводили расчёт с начальными условиями (4), (5). Затем, когда волна достигала границы, вызванной трудностью расчёта, начало координат смещалось, и за начальные условия принимался уже рассчитанный фронт.

Стационарный фронт волны горения представлен на рис. 1.

Для расчёта скорости распространения волны горения была построена зависимость положения фронта реакции от времени при постоянной температуре (рис. 2.), где скорость фронта определилась наклоном прямой. Скорость составила $5.164 \cdot 10^3 \text{ см/с}$.

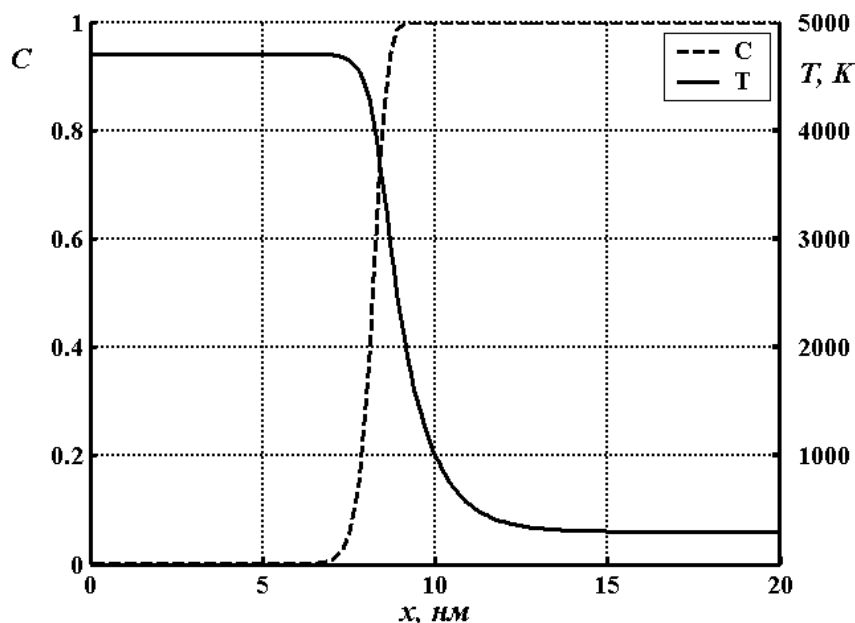


Рис. 1. Рассчитанные распределения концентрации (C) и температуры в волне теплового горения

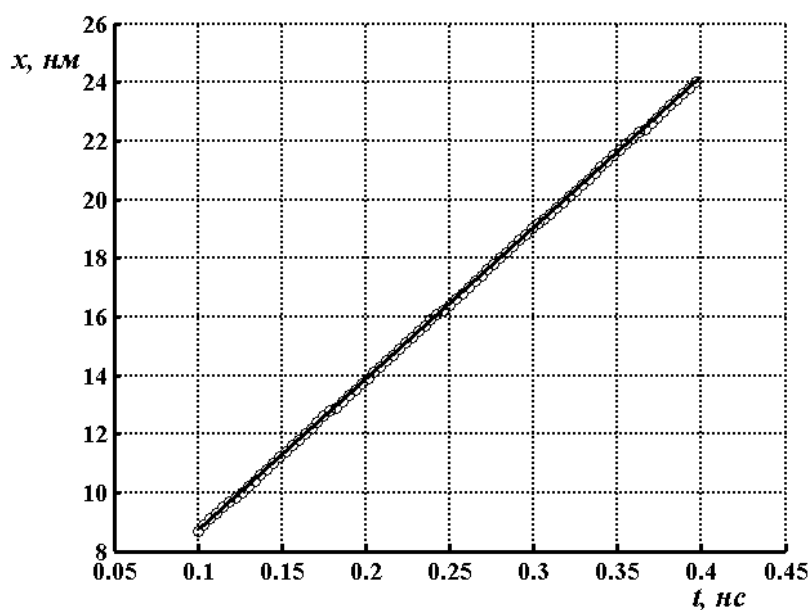


Рис. 2. Зависимость положения фронта (точка, где $T=3000$ K) от времени (выводится одна точка из 50), расчет наклона по всем точкам

Для расчёта ширины фронта реакции было построено распределение концентрации в волне реакции (рис. 3), его средний участок был аппроксимирован линейной функцией. Из неё была определена ширина волны реакции $9.66 \cdot 10^{-8}$ см как отрезок оси абсцисс между точками пересечения построенных прямых $C = 1$ и $C = 0$. Следует отметить, что полученное значение ширины фронта реакции близко к сделанной ранее оценке. Кроме того, оно соизмеримо с постоянной решетки азида серебра, что ставит под сомнение возможность макроскопического описания процесса.

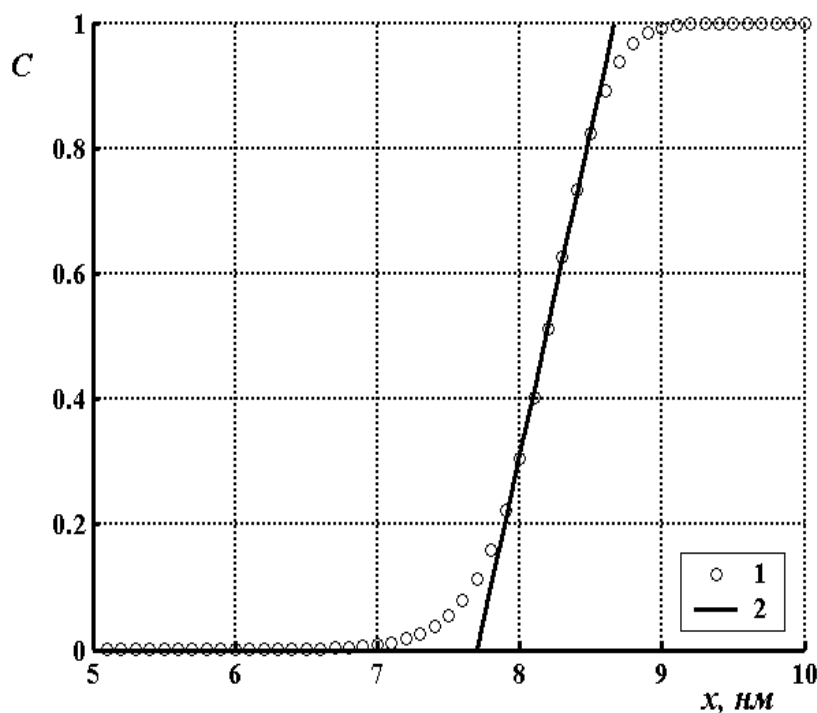


Рис. 3. Распределение концентрации в волне реакции 1 (рассчитанное) 2 (аппроксимация среднего участка линейной функцией)

Заключение. В работе разработан пакет прикладных программ. С их помощью рассчитана ширина фронта волны реакции и скорость его распространения. Предложен способ расчёта стационарного фронта волны горения.

Работа поддержана грантом РФФИ.

Литература

1. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502 с.

НЕМАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СДВОЕННЫХ ЗАЯВОК

*И. А. Ивановская, С. П. Моисеева**

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

**Томский государственный университет*

Одним из основных принципов при проектировании современных компьютерных сетей является параллельность процессов обработки информации. Поэтому анализ математических моделей с параллельно функционирующими блоками обслуживания и общими входящими потоками имеет большое практическое значение.

В качестве математической модели процесса распараллеливания вычислений предлагается рассмотреть систему массового обслуживания с

двумя блоками обслуживания, каждый из которых содержит неограниченное число приборов (рис. 1).

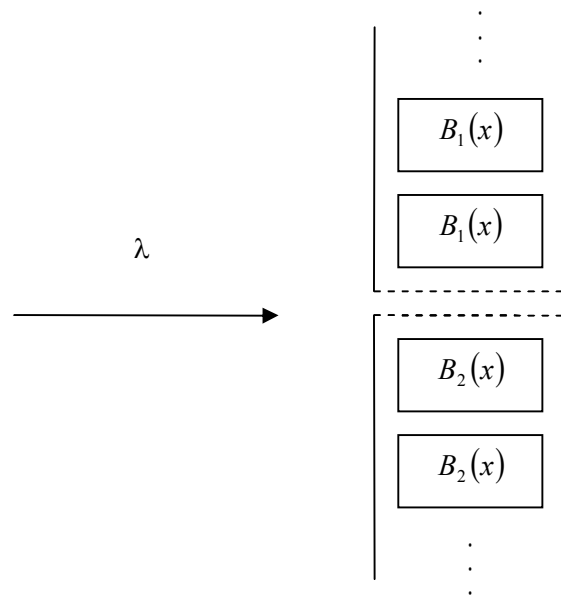


Рис. 1. СМО с параллельным обслуживанием сдвоенных заявок

На вход системы поступает простейший с параметром поток сдвоенных заявок, то есть в момент наступления события в рассматриваемом потоке в систему одновременно поступают две заявки.

Дисциплина обслуживания определяется тем, что одна из этих заявок поступает в первый, а другая вторая – во второй блок обслуживания и занимает любой из свободных приборов, на котором выполняется ее обслуживание. Время обслуживания в каждом блоке имеет произвольную функцию распределения, одинаковую для всех приборов.

Обозначим $i_k(t)$ – число приборов, занятых в момент времени t в k -м блоке обслуживания.

Для рассматриваемой системы двумерный случайный процесс $\{i_1(t), i_2(t)\}$ изменения во времени состояний системы не является марковским [1].

Для исследования немарковских систем массового обслуживания рассмотрим метод просеянного потока [3]. Предлагаемый метод позволяет проблеме исследования немарковской системы обслуживания с неограниченным числом приборов свести к задаче анализа нестационарного марковизуемого потока.

Метод просеянного потока

Пусть на вход системы с неограниченным числом приборов поступает некоторый поток заявок.

На оси времени t отметим моменты наступления событий этого потока. Выделим некоторый момент времени T . Не нарушая общности, можно считать, что $T = 0$. Будем полагать, что заявки входящего потока, поступившие в систему в момент времени $t < T = 0$, формируют события

двумерного просеянного потока, с вероятностями $S_1(t) = 1 - B_1(-t)$, $S_2(t) = 1 - B_2(-t)$, а с вероятностью $1 - S_1(t)$ и $1 - S_2(t)$ не рассматриваются.

Очевидно, что заявки, не попавшие в просеянный поток, завершают обслуживание и покинут систему до момента T , в то время как все заявки просеянного потока в момент T будут находиться в системе, занимая её приборы.

Обозначим $\{n_1(t), n_2(t)\}$ – двумерный процесс, компоненты которого характеризуют число событий просеянных потоков, наступивших до момента времени t .

Если в некоторый начальный момент времени $t_0 < T$ система обслуживания свободна, то есть в ней нет обслуживаемых заявок, то для момента времени T выполняется равенство

$$i_1(T) = n_1(T), \quad i_2(T) = n_2(T), \quad (1)$$

то есть число $i_k(T)$ приборов, занятых в k -м блоке обслуживания рассматриваемой системы обслуживания, равно числу $n_k(T)$ событий просеянного потока, наступивших до момента времени T .

Равенство (1) является основным для дальнейших исследований, так как проблему исследования немарковизированной системы обслуживания с неограниченным числом приборов сводит к задаче анализа просеянного нестационарного потока, определяемого процессом $\{n_1(t), n_2(t)\}$. Найдя характеристики этого случайного процесса в произвольный момент времени t , где $t_0 \leq t \leq T$, положим $t = T$, тогда, в силу равенства (1), его характеристики совпадают с характеристиками величины $\{i_1(t), i_2(t)\}$.

Обозначим $P(n_1, n_2, t) = P\{n_1(t) = n_1, n_2(t) = n_2\}$ – распределение вероятностей состояний двумерной цепи Маркова, характеризующей число событий двумерного просеянного потока, наступивших до момента времени t .

Для распределения $P(n_1, n_2, t)$ можно записать систему дифференциальных уравнений Колмогорова [2]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(n_1, n_2, t)}{\partial t} = & \lambda[(1 - S_1(t))(1 - S_2(t)) - 1]P(n_1, n_2, t) + \\ & + \lambda S_1(t)S_2(t)P(n_1 - 1, n_2 - 1, t) + \lambda \cdot S_1(t) \cdot (1 - S_2(t))P(n_1 - 1, n_2, t) \\ & + \lambda S_2(t) \cdot (1 - S_1(t))P(n_1, n_2 - 1, t). \end{aligned} \quad (2)$$

Определив производящую функцию двумерного распределения $P(n_1, n_2, t)$ в виде

$$G(x, y, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} x^{n_1} y^{n_2} P(n_1, n_2, t), \quad (3)$$

нетрудно показать, что она удовлетворяет уравнению

$$\begin{aligned} \frac{\partial G(x, y, t)}{\partial t} = & G(x, y, t) \lambda \{[(1 - S_1(t))(1 - S_2(t)) - 1] + xyS_1(t)S_2(t) + \\ & + xS_1(t)(1 - S_2(t)) + yS_2(t) \cdot (1 - S_1(t))\}, \end{aligned} \quad (4)$$

решение которого с учетом начальных условий $G(x, y, 0) \equiv 1$ имеет вид

$$G(x, y, T) = \exp \left\{ \lambda \left((x-1)(y-1) \int_0^T S_1(\tau) S_2(\tau) d\tau + (x-1) \int_0^T S_1(\tau) d\tau + (y-1) \int_0^T S_2(\tau) d\tau \right) \right\}. \quad (5)$$

Финальное распределение получим при выполнении условия $T \rightarrow \infty$.

Учитывая, что

$$\int_0^\infty S_1(\tau) d\tau = \int_0^\infty [1 - B_1(T - \tau)] d\tau = b_1, \quad \int_0^\infty S_2(\tau) d\tau = \int_0^\infty [1 - B_2(T - \tau)] d\tau = b_2,$$

запишем (5) следующим образом

$$G(x, y) = \exp \left\{ \lambda \left((x-1)(y-1) \int_0^\infty S_1(\tau) S_2(\tau) d\tau + (x-1)b_1 + (y-1)b_2 \right) \right\}.$$

Литература

1. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: КомКнига, 2005. – 408 с.
2. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 448 с.
3. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 112 с.
4. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ВЕРОЯТНОСТЬ РАЗОРЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ ОДНОВРЕМЕННОГО НАСТУПЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ СТРАХОВЫХ СЛУЧАЕВ

Е.В. Капустин, Е.А. Бабенко

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В классической модели страховой компании [1] предполагается, что:

- 1) страховые взносы поступают в компанию равномерно по времени с постоянной скоростью;
- 2) страховые случаи образуют простейший поток событий;
- 3) величины страховых выплат независимы и имеют одинаковое распределение.

Таким образом, в этой модели поток выплат является ординарным. Однако при более тонком анализе работы страховой компании нужно учитывать, что одновременно могут пострадать и, соответственно, обратиться за выплатой страхового возмещения сразу несколько клиентов страховой компании. Такая ситуация возможна, например, при аварии туристическо-

го автобуса, при авиационной катастрофе, при наводнении или другом стихийном бедствии.

Пусть величина страховой выплаты каждому отдельному клиенту имеет экспоненциальное распределение со средним θ , то есть её плотность распределения имеет вид

$$p(x) = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}}, x \geq 0. \quad (1)$$

Количество страховых случаев, наступающих одновременно, является случайной величиной, принимающей значения $n = 1, 2, 3, \dots$. Предположим, что вероятность того, что одновременно наступает n страховых случаев, равна

$$p(n) = \frac{N^n}{n!} \frac{e^{-N}}{1 - e^{-N}}, n = 1, 2, 3, \dots, \quad (2)$$

то есть количество страховых случаев, наступающих одновременно, имеет распределение пуассоновского типа со средним N . Тогда плотность распределения величины общей суммы, выплачиваемой страховой компанией, имеет вид [2]

$$\pi(x) = \frac{N}{\theta} \frac{e^{-N}}{1 - e^{-N}} e^{-\frac{x}{\theta}} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{xN}{\theta} \right)^n \frac{1}{n!(n+1)!}. \quad (3)$$

Известно [1], что если страховые взносы поступают в компанию со скоростью c , поток страховых случаев (страховых выплат) имеет интенсивность λ , а величина страховой выплаты имеет плотность распределения $\pi(x)$, то при уровне капитала S вероятность разорения страховой компании $P(S)$ удовлетворяет уравнению

$$cP'(S) - \lambda P(S) + \lambda \left[\int_0^S P(S-x) \pi(x) dx + \int_S^{\infty} \pi(x) dx \right] = 0 \quad (4)$$

и граничному условию

$$\lim_{S \rightarrow \infty} P(S) = 0. \quad (5)$$

Далее, известно [1], что если $c > \lambda m_1$, где m_1 – момент 1-го порядка, величина страховой выплаты, то задача (4)–(5) имеет единственное решение $P(S)$, удовлетворяющее условию $0 \leq P(S) \leq 1$, причем его изображение (преобразование Лапласа) имеет вид

$$\tilde{P}(p) = \frac{1}{p} - \frac{c - \lambda m_1}{cp - \lambda(1 - \tilde{\pi}(p))}. \quad (6)$$

Для плотности распределения (3) имеем:

$$m_1 = \theta \frac{N}{1 - e^{-N}}, \quad (7)$$

$$\tilde{\pi}(p) = \frac{e^{-N}}{1 - e^{-N}} \left(e^{\frac{N}{1+\theta p}} - 1 \right). \quad (8)$$

Раскладывая дробь, стоящую в правой части (6), в ряд по степеням $e^{\frac{N}{\theta p+1}}$, имеем

$$\tilde{P}(p) = \frac{1}{p} - \left(1 - \frac{\lambda\theta}{c} \frac{N}{1-e^{-N}}\right) \left[\frac{1}{p - \frac{\alpha}{\theta}} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\left(\frac{\alpha}{\theta} e^{-N}\right)^n}{\left(p - \frac{\alpha}{\theta}\right)^{n+1}} e^{\frac{Nn}{\theta p+1}} \right], \quad (9)$$

где

$$\alpha = \frac{\lambda\theta}{c} \frac{1}{1-e^{-N}}. \quad (10)$$

Осталось найти оригинал правой части (9). Для этого введем функции

$$f_n(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!(n+k)!} t^{n+k}, \quad n=1,2,3,\dots, \quad (11)$$

и найдем их изображения. Имеем

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!(n+k)!} t^{n+k} \leftrightarrow \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \frac{1}{p^{n+k+1}} = \frac{1}{p^{n+1}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} \frac{1}{p^k} = \frac{1}{p^{n+1}} e^{\frac{1}{p}},$$

поэтому [3]

$$\left(\frac{Nn}{\theta p+1}\right)^{n+1} e^{\frac{Nn}{\theta p+1}} \leftrightarrow \frac{Nn}{\theta} e^{-\frac{S}{\theta}} f_n\left(\frac{Nn}{\theta} S\right). \quad (12)$$

Для выражения в правой части (9) имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{\left(p - \frac{\alpha}{\theta}\right)^{n+1}} e^{\frac{Nn}{\theta p+1}} &= \frac{1}{\left(p - \frac{\alpha}{\theta}\right)^{n+1}} \left(\frac{\theta p+1}{Nn}\right)^{n+1} \left(\frac{Nn}{\theta p+1}\right)^{n+1} e^{\frac{Nn}{\theta p+1}} = \\ &= \left(\frac{\theta}{Nn}\right)^{n+1} \left(1 + \frac{\alpha+1}{\theta p - \alpha}\right)^{n+1} \left(\frac{Nn}{\theta p+1}\right)^{n+1} e^{\frac{Nn}{\theta p+1}} = \\ &= \left(\frac{\theta}{Nn}\right)^{n+1} \left[1 + \sum_{k=0}^n C_{n+1}^{k+1} (\alpha+1)^{k+1} \frac{1}{(\theta p - \alpha)^{k+1}}\right] \left(\frac{Nn}{\theta p+1}\right)^{n+1} e^{\frac{Nn}{\theta p+1}}. \end{aligned}$$

Учитывая, что [3]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{p} &\leftrightarrow 1, \\ \frac{1}{p - \frac{\alpha}{\theta}} &\leftrightarrow e^{\alpha \frac{S}{\theta}}, \\ \frac{1}{(\theta p - \alpha)^{k+1}} &\leftrightarrow \frac{1}{\theta} \frac{1}{k!} \left(\frac{S}{\theta}\right)^k e^{\alpha \frac{S}{\theta}}, \end{aligned}$$

$$\frac{1}{(\theta p - \alpha)^{k+1}} \left(\frac{Nn}{\theta p + 1} \right)^{n+1} e^{\frac{Nn}{\theta p + 1}} \leftrightarrow \int_0^S \frac{1}{\theta} \frac{1}{k!} \left(\frac{S-x}{\theta} \right)^k e^{\alpha \frac{S-x}{\theta}} \frac{Nn}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}} f_n \left(\frac{Nn}{\theta} x \right) dx,$$

получаем оригинал правой части (9), то есть вероятность разорения страховой компании при уровне капитала S

$$P(S) = 1 - \left(1 - \frac{\lambda \theta}{c} \frac{N}{1 - e^{-N}} \right) \left(e^{\alpha \frac{S}{\theta}} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{\alpha e^{-N}}{Nn} \right)^n \times \right. \\ \left. \times \left[e^{-\frac{S}{\theta}} f_n \left(\frac{Nn}{\theta} S \right) + \sum_{k=0}^n C_{n+1}^{k+1} (\alpha + 1)^{k+1} \int_0^S \frac{1}{\theta} \frac{1}{k!} \left(\frac{S-x}{\theta} \right)^k e^{\alpha \frac{S-x}{\theta}} e^{-\frac{x}{\theta}} f_n \left(\frac{Nn}{\theta} x \right) dx \right] \right). \quad (13)$$

Для вычисления значения выражения, стоящего в правой части (13), написана программа. Правильность полученных результатов проверена с помощью имитационного моделирования.

Литература

1. Глухова Е. В., Змеев О. А., Лившиц К. И. Математические модели страхования. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 180 с.
2. Капустин Е.В. Расчет вероятности разорения для модели страховой компании, учитывающей возможность одновременного наступления нескольких страховых случаев // Обработка данных и управление в сложных системах: Сборник статей / Под ред. А.Ф. Терпугова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – Вып. 6. – С. 188–195.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1973. – 736 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ВЕРОЯТНОСТЬ РАЗОРЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ С ПУАССОНОВСКИМ ПОТОКОМ ВЗНОСОВ И С УЧЕТОМ ИЗДЕРЖЕК, РАВНОМЕРНЫХ ПО ВРЕМЕНИ

Е. В. Капустин, М. С. Михайленко

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

При описании работы страховой компании можно использовать хорошо известную классическую модель, а также модель с пуассоновским потоком взносов [1]. Эти модели достаточно точно описывают функционирование страховой компании и в то же время доступны для исследования. Однако модель страховой компании должна учитывать, что компания расходует денежные средства на заработную плату сотрудникам, аренду помещений, налоговые отчисления и прочие издержки. Для простоты расходование средств на издержки можно считать равномерными по времени. В классической модели это означает лишь уменьшение скорости поступления капитала в компанию, но модель с пуассоновским потоком взносов и

с учетом издержек уже имеет существенные отличия, требующие дополнительного исследования.

Пусть денежные средства расходуются на обязательные отчисления со скоростью c , поток страховых взносов имеет интенсивность λ_1 , поток страховых выплат имеет интенсивность λ_2 , величина страхового взноса имеет экспоненциальное распределение с плотностью

$$p(y) = \frac{1}{a} e^{-\frac{y}{a}}, \quad y \geq 0, \quad (1)$$

величина страховой выплаты имеет плотность распределения $\pi(x)$. Применяя стандартный Δt -метод, можно показать, что $P(S)$ – вероятность разорения страховой компании при уровне капитала S – удовлетворяет уравнению

$$cP'(S) + (\lambda_1 + \lambda_2)P(S) = \lambda_1 \int_0^\infty P(S+y)p(y)dy + \\ + \lambda_2 \left[\int_0^S P(S-x)\pi(x)dx + \int_S^\infty \pi(x)dx \right] \quad (2)$$

и граничному условию

$$\lim_{S \rightarrow \infty} P(S) = 0. \quad (3)$$

Применяя операционный метод [2], можно показать, что если выполняется условие нормального функционирования компании

$$\lambda_1 a > c + \lambda_2 m_1, \quad (4)$$

где m_1 – момент 1-го порядка величины страховой выплаты, то задача (2)–(3) имеет единственное решение, удовлетворяющее условию $0 \leq P(S) \leq 1$, причем его изображение (преобразование Лапласа) имеет вид

$$\tilde{P}(p) = \frac{1}{p} \frac{c - \frac{1}{1-pa} (c + \lambda_2 m_1) + \lambda_2 \frac{1 - \tilde{\pi}(p)}{p}}{c - \lambda_1 \frac{a}{1-pa} + \lambda_2 \frac{1 - \tilde{\pi}(p)}{p}}. \quad (5)$$

Теперь, чтобы найти вероятность разорения компании $P(S)$, нужно найти оригинал функции $\tilde{P}(p)$. Предположим, что страховые выплаты имеют экспоненциальное распределение,

$$\pi(x) = \frac{1}{\theta} e^{-\frac{x}{\theta}}, \quad x \geq 0. \quad (6)$$

Тогда

$$m_1 = \theta, \quad (7)$$

$$\tilde{\pi}(p) = \frac{1}{\theta p + 1},$$

$$\frac{1 - \tilde{\pi}(p)}{p} = \frac{\theta}{\theta p + 1}, \quad (8)$$

поэтому (5) принимает вид

$$\tilde{P}(p) = \frac{ca(\theta p + 1) + \lambda_2 \theta(a + \theta)}{c(\theta p + 1)(pa - 1) + \lambda_1 a(\theta p + 1) + \lambda_2 \theta(pa - 1)}. \quad (9)$$

Несложно показать, что если выполняется (4), то знаменатель дроби в правой части (9) имеет два различных вещественных отрицательных корня, то есть (9) имеет вид

$$\tilde{P}(p) = \frac{p + \alpha}{(p + k_1)(p + k_2)}, \quad (10)$$

где

$$\alpha = \frac{ca + \lambda_2 \theta(a + \theta)}{ca\theta}, \quad (11)$$

$$k_1 \neq k_2, \quad k_1 > 0, \quad k_2 > 0.$$

Отсюда

$$\tilde{P}(p) = \frac{-k_1 + \alpha}{-k_1 + k_2} \frac{1}{p + k_1} + \frac{-k_2 + \alpha}{-k_2 + k_1} \frac{1}{p + k_2},$$

поэтому вероятность разорения страховой компании при уровне капитала S равна

$$P(S) = \frac{-k_1 + \alpha}{-k_1 + k_2} e^{-k_1 S} + \frac{-k_2 + \alpha}{-k_2 + k_1} e^{-k_2 S}. \quad (12)$$

Литература

1. Глухова Е. В., Змеев О. А., Лившиц К. И. Математические модели страхования. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 180 с.
2. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1973. – 736 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОДСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ПРОСТЫХ ЦИКЛОВ В ГРАФЕ

А. М. Караваев

Петрозаводский государственный университет

Введение

В нашей предыдущей работе [1] был рассмотрен алгоритм подсчета количества простых циклов в графе, основанный на общей схеме метода динамического программирования по подмножествам [3]. Было показано, что с помощью нашей двухэтапной схемы можно значительно уменьшить объем используемой в процессе вычислений памяти. В завершение работы были сделаны предположения о возможности эффективной параллельной реализации предложенного алгоритма.

Напомним кратко содержание задачи подсчета количества простых циклов в графе. В процессе изложения мы в основном следуем определениям из [2]. Граф обозначается парой $G = (V, E)$, в которой V – множество вершин, а E – множество ребер, причем $|V| = n$ и $|E| = m$. Рассматриваются только неориентированные графы без петель и кратных ребер. Задача заключается в том, чтобы для заданного графа G подсчитать количество простых циклов длиной k для $k = 3, 4, \dots, n$.

В [1] обозначены основные недостатки известных подходов для решения поставленной задачи и указаны возникающие в этой связи преимущества нашего двухэтапного алгоритма. В данной работе обсуждается параллельная реализация алгоритма и демонстрируется характер его поведения на практике. Тестирование алгоритма проводилось на кластере КарНЦ РАН [4].

Параллельный алгоритм

Схема нашего двухэтапного алгоритма со всеми обозначениями приводится в [1]. Кратко отметим лишь основную идею алгоритма. Для экономии памяти выбирается специальный параметр $1 \leq d \leq n$, смысл которого сводится к тому, что на первом этапе алгоритма выполняется поиск всех путей и циклов длиной не больше d , а на втором этапе выполняется поиск простых путей длиной не больше $n - d$, которые, объединяясь с путями из первого этапа, дают все возможные циклы длиной от $d + 1$ до n . Параметр d должен быть как можно меньшим, но таким, чтобы хватило памяти для выполнения второго этапа. Чем больше значение d , тем на большее количество подзадач разбивается главная задача. Чем меньше d , тем меньше подзадач, но тем они сложнее.

Предложенный метод может быть естественным образом расширен для параллельных вычислений. Первый этап выполняется на одном главном ядре, в результате чего получается некоторое множество путей, которые сразу же передаются для дальнейшей обработки на остальные ядра. Таким образом, одно ядро выполняет роль менеджера, который должен распределять нагрузку между всеми процессорами и затем просуммировать результат. Максимальный коэффициент ускорения, который можно достигнуть с использованием этой схемы, есть $N - 1$, где N – количество задействованных ядер. При использовании такой схемы обнаружились некоторые сложности.

Обсуждения

В качестве демонстраций возможностей параллельной схемы были проведены вычислительные эксперименты. Исследовалась скорость работы алгоритма на следующих видах тестов:

- Complete- n – полный граф из n вершин.
- Графы шахматных фигур: коня (Knight- n), короля (King- n), ладьи (Rook- n) и ферзя (Queen- n) на шахматных досках размером $n \times n$.
- Grid- n – прямоугольная решётка размером $n \times n$ узлов.
- Hyper- n – n -мерный гиперкуб.

Тесты специально подбирались в параметрическом виде, чтобы другие авторы могли повторить наш эксперимент со своими алгоритмами. В таблице приводится время работы параллельной программы в секундах на различном количестве вычислительных ядер:

Граф	d	Количество вычислительных ядер						$a_{\max}$
		1	4	8	16	32	64	
Complete-19	3	135	52	26	12	8	5	27
Complete-20	3	391	145	73	37	21	10	39,1
Hyper-5	4	7346	2832	1568	745	338	174	42,2
Queen-5	2	4030	1516	853	421	357	364	11,3
Queen-5	3	21006	8405	4793	2284	1074	406	51,7
Grid-7	6	1919	701	374	171	81	53	11,2
Rook-5	3	3448	1446	809	369	168	83	41,5
Knight-6	4	1559	582	308	149	70	44	35,4
King-5	2	22	7	7	6	5	8	4,4

Столбец $a_{\max}$ содержит коэффициент максимального ускорения. Значение параметра d выбиралось таким, чтобы задача поделилась на некоторое количество подзадач, не меньшее, чем число ядер. Для 4 ядер коэффициент ускорения должен быть равным 3, что примерно и наблюдается на всех тестах. Отклонение от теоретической скорости видно на большем числе ядер.

Эксперимент показывает, что для графов с небольшим количеством циклов (например, King-5), распараллеливание дает эффект только для небольшого количества ядер (в данном случае для 4), так как на большем их количестве затраты на распределение заданий начинают превышать время исполнения программы. Для графов, количество циклов в которых довольно велико (Queen-5, Hyper-5), распараллеливание имеет смысл, если правильно подобрать значение d . В случае Hyper-5 подзадачи довольно равномерно загружали все ядра, поэтому удалось достигнуть загрузки 64 ядер на 66%. Задача для графа Queen-5 при $d = 2$, как видно, разбилась на слишком разные по размеру подзадачи. Если выбрать $d = 3$, то ядра загружаются более равномерно, однако время выполнения становится больше из-за того, что количество самих подзадач увеличилось.

Анализ результатов тестирования привел к новой проблеме: как выбирать значение параметра d , чтобы на заданном количестве вычислительных ядер программа распределялась равномерно? Или каким может быть другой способ распараллеливания? Попытка ответить на эти вопросы будет следующим шагом наших исследований.

Другое направление данной работы может заключаться в разработке алгоритмов, принимающих во внимание специфику графа. Например, предложенная нами схема, пригодная для любого графа, выполняет поиск всех циклов на квадратной решетке размером 7×7 за приемлемое время, но если учесть регулярную структуру решетки, то метод динамического программирования способен решать задачу для

решетки размером 16×16 на одном ядре [5] и 20×20 с использованием параллельных вычислений на 64 ядрах [6].

Литература

1. Караваев А. М. Возможности метода динамического программирования для подсчета числа циклов в графе // Научное творчество молодежи: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции (14–15 мая 2009 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – С. 41–43.
2. Харари Ф. Теория графов. – 2-е изд. – М.: УРСС, 2003. – 296 с.
3. Held M., Karp R. M. A dynamic programming approach to sequencing problems / // Proceedings of the 1961 16th ACM national meeting. – New York, NY, USA: ACM, 1961. – P. 71.201–71.204.
4. Центр высокопроизводительной обработки данных ЦКП КарНЦ РАН [электронный ресурс] / Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН © 2009. – URL: <http://cluster.krc.karelia.ru> (дата обращения: 08.03.2010). – Загл. с экрана.
5. Караваев А. М. Количество простых циклов на двумерной квадратной решетке // «Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах»: Материалы IX Международной конференции-семинара. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2009. – С. 202–207.
6. A140517: Number of cycles in an $n \times n$ grid [Электронный ресурс] / The Online Encyclopedia of Integer Sequences. © AT&T Intellectual Property, 2009. URL: <http://www.research.att.com/~njas/sequences/A140517>.

ОПТИМИЗИРУЮЩИЙ ПРОГНОЗ ДВИЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА

С. С. Козлова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Рассматривается демографическая ситуация города Анжеро-Судженска. С использованием данных о численности населения г. Анжеро-Судженска разных возрастных групп, а также данных о смертности за два последовательных года на основе балансовых соотношений [1] был составлен прогноз на 50 лет. Результаты прогноза показывают, что если демографическая ситуация не изменится, то численность населения города сократится в несколько раз.

В связи с этим была поставлена задача: найти возможность стабилизации демографической ситуации. Предполагается, что на горизонте прогнозирования есть возможность вложить некоторую фиксированную сумму денежных средств I в два мероприятия по увеличению численности населения:

- 1) мероприятия по увеличению рождаемости;
- 2) мероприятия по привлечению трудоспособного населения на данную территорию.

Стояла задача нахождения оптимального распределения имеющихся денежных средств в описанные выше мероприятия, то есть обеспечи-

вающего максимальное совпадение траектории численности населения с нормативной траекторией.

Решение данной задачи осуществляется следующим образом: берем какое-то количество денежных средств из отрезка от 0 до I и вкладываем их в мероприятия по увеличению рождаемости; остальные средства вкладываем в мероприятия по привлечению трудоспособного населения. Перебираем все возможные варианты распределения и выбираем из них вариант, обеспечивающий «наилучшее» отслеживание нормативной траектории. В проведенных расчетах предполагалось, что $I = 100\,000$ у. е. и рассматривалось 10 вариантов (сценариев):

1) 10 000 у. е. – в рождаемость; 90 000 у. е. – на привлечение мигрантов;

2) 20 000 у. е. – в рождаемость; 80 000 у. е. – на привлечение мигрантов;

и так далее аналогично;

9) 90 000 у. е. – в рождаемость; 10 000 у. е. – на привлечение мигрантов;

10) все 100 000 у. е. – в рождаемость.

Увеличение рождаемости за счет определенного объема вложенных средств отражается на элементах матрицы естественного движения населения.

Нормативную траекторию численности населения выберем следующим образом:

$$z(k) = b - (b - a) \cdot \arctg(g \cdot k) \cdot (2/\pi).$$

Изменение рождаемости в зависимости от количества вложенных средств описывается формулой

$$v(I^*) = b^* + (b^* - a^*) \cdot \arctg(g^* \cdot I^*) \cdot (2/\pi).$$

где I^* – объем вложенных средств.

Влияние на траекторию количества средств, вкладываемых в мероприятия по привлечению населения, учитывается при решении следующей задачи оптимального управления:

$$\begin{cases} J = \frac{1}{2} \|y_{k_f}\|_{\bar{S}}^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{k_f-1} \left\{ \|y_k\|_{\bar{Q}}^2 + \|\bar{u}_k\|_{\bar{R}}^2 \right\} \rightarrow \min \\ y_{k+1} = \bar{A}y_k + \bar{B}u_k, y(0) = y_0, \\ u_k > 0, \end{cases}$$

где u_k – управляющая переменная (то есть количество денежных средств, вложенных в мероприятия по привлечению трудоспособного населения), y_k – численность населения в конце k -го года. При решении задачи учитывается, что u_k должно быть неотрицательным числом.

Значения управляющей переменной находятся из равенства

$$u_k = -R^{-1} \bar{B}^T \bar{A}^{-T} [P_k - \bar{Q}] y_k = -R^{-1} \bar{B}^T [P_{k+1}^{-1} + \bar{B} R^{-1} \bar{B}^T]^{-1} \bar{A} y_k.$$

В данном равенстве R – это так называемая «штрафующая переменная». С ее помощью контролируется объем денежных средств, вкладываемых в привлечение мигрантов.

Для выбора наилучшего варианта распределения средств фиксируем значение численности населения в конце траектории для каждого варианта. Затем из них выбираем максимальное значение (рис. 1).

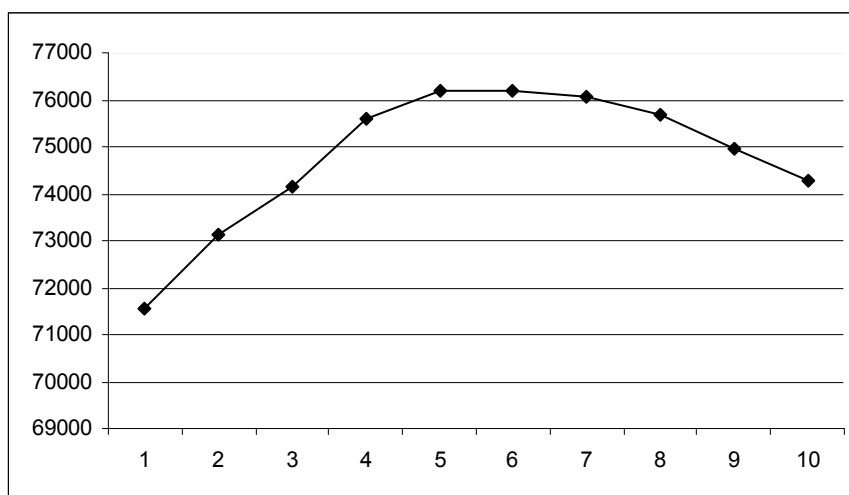


Рис. 1

В проведенных расчетах максимальное значение соответствует пятому варианту, то есть следующему распределению денежных средств: 50 000 у. е. – в мероприятия по увеличению рождаемости; 50 000 у. е. – в мероприятия по привлечению трудоспособного населения на данную территорию.

Графически полученное решение показано на рис. 2.

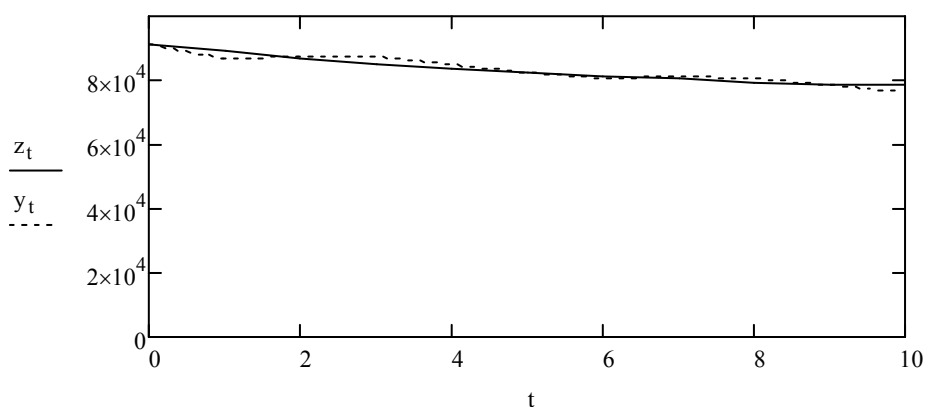


Рис. 2

На оси абсцисс отмечено время (в годах), на которое выполнялся прогноз; y – полученная траектория; z – нормативная траектория.

Литература

1. Тихомиров Н. П. Демография: Методы анализа и прогнозирования. – М.: Экзамен, 2005. – 256 с.

АНАЛИЗ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОЦЕДУРЫ ПРОТОКОЛА ТРАНСПОРТНОГО УРОВНЯ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ РЕЖИМЕ ОТКАЗА В МНОГОЗВЕННОМ ТРАКТЕ

В. В. Кокишенёв

Томский государственный университет

Важным показателем быстродействия протокола транспортного уровня является время, проводимое в холостом ожидании получения подтверждения на переданные данные. На время простоя влияет ряд факторов: достоверность передачи данных, ширина полосы пропускания канала связи, тип протокольной процедуры, управляющей функционированием межузлового соединения. Простоем управляющей процедуры будем называть ситуацию, когда источник передал ω сегментов и приостановил передачу до получения подтверждения или истечения тайм-аута ожидания S ($S \geq \omega$).

В [1] предложены модели селективной и групповой процедур управления звеном передачи данных в виде марковской цепи с дискретным временем, учитывающие влияние длительности тайм-аута ожидания подтверждения S и размера окна ω на пропускную способность многозвенного межузлового транспортного соединения. На основании результатов [1] получена и проанализирована зависимость интегральной доли времени простоя от протокольных параметров и уровня ошибок в канале связи.

Согласно [1] для однородной цепи Маркова, описывающей динамику очереди переданных, но не подтвержденных сегментов в установившемся режиме, справедливы следующие значения вероятностей нахождения в состояниях системы:

$$P_k = \frac{(1 - R_o)R_o^{\omega-2D+1}}{1 + (2D-1)(1 - R_o)R_o^{\omega-2D+1} - R_o^{S-2D+1}}; \quad k = \overline{0, 2D-2};$$

$$P_k = \frac{(1 - R_o)R_o^{k-2D+1}}{1 + (2D-1)(1 - R_o)R_o^{\omega-2D+1} - R_o^{S-2D+1}}; \quad k = \overline{2D-1, S-1},$$

где D – долина тракта передачи данных,

R_o – вероятность искажения сегмента в обратном направлении передачи многозвенного тракта:

$$R_o = 1 - \prod_{i=1}^D (1 - R_{oi}),$$

где R_{oi} – вероятность искажения сегмента в обратном направлении при передаче на i -м участке многозвенного тракта.

Поскольку при достижении количества переданных, но не подтвержденных кадров значения ω источник приостанавливает передачу в ожидании получения подтверждения или истечения тайм-аута ожидания подтверждения (S), сумма вероятностей состояний с номерами от ω до $S-1$ (P_{sum}) задает интегральную долю времени простоя управляющего протокола:

$$P_{sum}(\omega, S, D) = \frac{R_o^{\omega-2D+1}(1 - R_o^{S-\omega})}{1 + (2D-1)(1 - R_o)R_o^{\omega-2D+1} - R_o^{S-2D+1}}.$$

1. При $\omega \rightarrow \infty$ $P_{sum} \rightarrow 0$, так как управляющая процедура никогда не приостанавливает передачу даже в случае полного отсутствия подтверждений в обратном канале, что совпадает с результатами, полученными в [2] для однозвенного тракта передачи.

2. При $\omega = 2D - 1$ выражение величины простоя принимает вид

$$P_{sum}(2D-1, S, D) = \frac{1 - R_o^{S-2D+1}}{1 + (2D-1)(1 - R_o) - R_o^{S-2D+1}},$$

что при $D=1$ сводится к известным результатам, полученным для старто-стопного протокола:

$$P_{sum}(1, S, 1) = \frac{1 - R_o^{S-1}}{2 - R_o - R_o^{S-1}}.$$

3. При $S \rightarrow \infty$ выражения времени простоя принимают вид:

$$P_{sum}(\omega, \infty, D) = \frac{R_o^{\omega-2D+1}}{1 + (2D-1)(1 - R_o)R_o^{\omega-2D+1}}.$$

4. При $S = \omega$ управляющие процедуры никогда не простаивают: $P_{sum}(\omega, \omega, D) = 0$.

5. При $D=1$ вид P_{sum} полностью соответствует результатам [2], что свидетельствует о приемственности данной модели по отношению к модели однозвенного тракта.

6. Численный анализ показывает, что при значениях $S \geq \omega + 4$ происходит насыщение величины P_{sum} . А при выборе $\omega \geq 3D$ даже в очень ненадежных трактах (с вероятностью искажения $R_o \geq 0.1$) время простоя пренебрежимо мало.

На основании полученных данных можно утверждать, что с ростом значения тайм-аута ожидания подтверждения не происходит существенного роста времени простоя управляющей процедуры.

Литература

1. Кокшенёв В. В. Пропускная способность селективного режима отказа протокола транспортного уровня в многозвенном тракте // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2008): Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (14–15 ноября 2008 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – Ч. 2. – С. 15–20.

2. Кокшенёв В. В. Анализ времени простоя управляющих процедур протокола транспортного уровня // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2009): Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (12–13 ноября 2009 г.). Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – С. 151–154.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ

О. В. Кузьменкова, В. Д. Власенко

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск

Движение электропроводящих жидкостей и газов в магнитном поле изучается в различных областях науки, широко используется в технике. Оно играет важную роль в формировании астрофизических и геофизических явлений; лежит в основе работы многих технических устройств, например магнитогидродинамических генераторов, плазменных ускорителей, двигателей. В современной полупроводниковой технологии электромагнитное поле используется для управления процессами тепломассопереноса при получении объемных монокристаллов и полупроводниковых структур.

Движение электропроводящей среды в магнитном поле описывается уравнениями гидродинамики, в которые входят объемные силы и источники тепла, связанные с наличием электромагнитного поля, и уравнениями Максвелла. В последних учитывается изменение поля, обусловленное движением среды. Совместное решение полной системы уравнений Максвелла и уравнений гидродинамики является сложной задачей, поэтому численное исследование полученных моделей представляет значительные трудности и требует использования специальных алгоритмов, ориентированных на решение рассматриваемого класса задач.

Целью работы является построение методов численного исследования задач динамики вязкой несжимаемой электропроводящей жидкости. Рассматривается математическая модель, традиционно используемая при анализе конвективной устойчивости несжимаемой, неравномерно нагретой, проводящей жидкости в магнитном поле [1]. Указанная модель строится на основе уравнений Максвелла в магнитогидродинамическом приближении, т.е. предполагается, что диэлектрическая и магнитная проницаемость близки к единице, током смещения можно пренебречь по сравнению с током проводимости. Отсюда следует, что энергия электрического поля мала, по сравнению с энергией магнитного поля и среда является квазинейтральной [2, 3]. Влияние движения жидкости на поле учитывается при записи закона Ома. Обратное влияние магнитного поля на движение определяется силой Лоренца, входящей в уравнения Навье-Стокса. Они рассматриваются в приближении Буссинеска [1]. В уравнении энергии источники тепла, связанные с нагревом проводящей жидкости электрическими токами, не учитываются. Уравнения движения решаются с помощью алгоритма, основанного на процедуре типа предиктор-корректор. Такой подход широко используется в вычислительной практике, в частности при моделировании конвективной устойчивости.

Математическая постановка задачи

Движение вязкой, несжимаемой, неравномерно нагретой электропроводящей жидкости в магнитном поле описывается следующей системой уравнений:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \nabla) \vec{V} = -\nabla p - \frac{Ha^2}{Pm} \nabla \left(\frac{\vec{H}^2}{2} \right) + \Delta V + \frac{Ra}{Pr} T \vec{e}_z + Ha_2 (\vec{H} \nabla) \vec{H}, \quad (1)$$

$$\operatorname{div} \vec{V} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{V} \nabla T = \frac{1}{Pr} \Delta T, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \operatorname{rot}(\vec{V} \times \vec{H}) - \frac{1}{Pm} \operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{H}). \quad (4)$$

Здесь $\vec{V}$ – скорость движения жидкости, $\vec{H}$ – напряженность магнитного поля, p – давление, T – температура, t – время, Δ – оператор Лапласа, Ra – число Рэлея, Pr – число Прандтля, Ha – число Гартмана, Pm – магнитное число Прандтля, $\vec{e}_z$ – единичный вектор, направленный против силы тяжести.

Рассмотрим прямоугольную область $\Omega = \{(x, y, z) \in R^3 : 0 \leq x \leq L_x, 0 \leq y \leq L_y, 0 \leq z \leq L_z\}$ с границей $\partial\Omega$. Предположим, что на всей границе скорость жидкости обращается в нуль; на ее верхней и нижней части поддерживаются заданные значения температуры, а боковые стенки – теплоизолированы. Задаются также начальные условия.

Разностный алгоритм решения задачи (1)–(4) с граничными и начальными условиями строится на основе процедуры расщепления по физическим процессам. На каждом временном слое сначала из уравнений (1), (2) определяется поле скоростей. На этом этапе электромагнитные силы в уравнениях Навье-Стокса вычисляются по значениям магнитной индукции с предыдущего шага по времени. Затем, используя найденное поле скоростей, последовательно решаются уравнения теплопроводности (3) и магнитной индукции (4).

Для решения уравнений движения используется неявный алгоритм типа предиктор-корректор. На равномерной сетке алгоритм решения уравнений (1)–(3) имеет второй порядок точности по пространству и первый по времени.

Проведено тестирование построенного разностного метода на задаче с известным аналитическим решением.

Пусть в покоящейся среде $\vec{V} \equiv 0$. Добавим в правую часть уравнения (4) слагаемое вида $\vec{f} = -\frac{2}{Pm} \{c_1, c_2, c_3\}$, где c_1, c_2, c_3 – произвольные константы.

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\frac{1}{Pm} \text{rot}(\text{rot} \vec{H}) + \vec{f}. \quad (5)$$

Это уравнение имеет стационарное решение $\vec{H}_f = \{c_1 z^2, c_2 x^2, c_3 y^2\}$. Получим его методом установления, задав на границе тангенциальные компоненты вектора $\vec{H}_f$. В качестве начальных условий выберем $\vec{H} = 0$.

Расчёт для безразмерных значений $L_x = L_y = 1$, 16 узлов сетки по каждому из направлений, $\tau = 0.01$, $Pm = 2$, $c_1 = 1$, $c_2 = 2$, $c_3 = 3$ показал, что за время $t = 2$ во всей области Ω устанавливается искомое распределение $\vec{H}_f$. Абсолютная ошибка имеет порядок 10^{-10} , равный точности решения итерационным методом системы линейных алгебраических уравнений. Результат не зависит от шага сетки по пространству и времени. Это естественно, так как схема имеет второй порядок аппроксимации, а точное решение является полиномом второй степени от x, y, z .

Литература

1. Гершуни Г. З., Жуховицкий Е. М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. — М.: Наука, 1972. — 392 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. VIII: Электродинамика сплошных сред. — М.: Наука, 1982. — 620 с.
3. Куликовский А. Г., Любимов Г. А. Магнитная гидродинамика. — М.: Логос, 2005. — 326 с.

УСЛОВИЕ ПРЕДЕЛЬНО ЧАСТЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ЦЕПИ ММР-ПОТОКА

И. Л. Лапатын

Томский государственный университет

Широким классом потоков с зависимыми длинами интервалов между моментами наступления событий является класс марковских потоков (Markovian Arrival Process). Его понятие впервые было введено М. Ньютоном [1], а затем уточнено Д. Лукантони в работе [2], которая также содержит первые исследования основных характеристик МАР-потоков. В русскоязычной литературе определения таких потоков даны в книгах Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко [3], А. Н. Дудина, В. И. Клименок [4], А. А. Назарова, С. П. Моисеевой [5].

Частным случаем МАР-потоков является класс ММР-потоков (Markov Modulated Poisson Process), имеющий наглядную физическую интерпретацию. У потока имеется несколько уровней интенсивности, процесс изменения которых образует цепь Маркова с непрерывным временем. Пока эта цепь находится в некотором состоянии, ММР-поток ведет себя как простейший с соответствующей состоянию интенсивностью. Таким образом, ММР-поток является «смесью» нескольких простейших потоков разной интенсивности.

В данной работе рассматривается условие, при выполнении которого ММР-поток является асимптотически простейшим.

Теперь перейдем к строгому определению ММР-потока [5].

Случайным потоком однородных событий или точечным случайным процессом по определению называется последовательность

$$t_0 < t_1 < t_2 < t_3 < \dots$$

моментов наступления рассматриваемых событий.

Случайный поток однородных событий будем определять в виде случайного процесса $n(t)$ – числа событий рассматриваемого потока, наступивших за время t .

Пусть эргодическая цепь Маркова $k(t)$ задана матрицей инфинитезимальных характеристик Q с элементами q_{vk} . Также задан набор неотрицательных чисел λ_k , которые имеют смысл условных интенсивностей ММР-потока.

Случайный поток однородных событий будем называть ММР-поток, управляемым эргодической цепью Маркова $k(t)$, если выполняются равенства

$$\begin{aligned} P\{n(t + \Delta t) = n + 1 | n(t) = n, k(t) = k\} &= \lambda_k \Delta t + o(\Delta t), \\ P\{n(t + \Delta t) > n + 1 | n(t) = n, k(t) = k\} &= o(\Delta t). \end{aligned}$$

Заметим, что пока управляющая цепь Маркова $k(t)$ находится в некотором состоянии k , события в ММР-потоке наступают как в простейшем с параметром λ_k .

Состояния управляющей цепи Маркова будем называть состояниями ММР-потока.

Определим диагональную матрицу Λ с элементами λ_k на главной диагонали.

Наиболее полной и удобной для исследования характеристикой ММР-потока является вектор-функция $H(u, t)$, компоненты которой определяются равенством

$$H(k, u, t) = \sum_n e^{jun} P(k, n, t),$$

где $P(k, n, t)$ – распределение вероятностей значений двумерной цепи Маркова $\{k(t), n(t)\}$.

Известно [5], что вектор-функция $H(u, t)$ является решением задачи Коши

$$\begin{cases} \frac{\partial H(u, t)}{\partial t} = H(u, t)[Q + (e^{ju} - 1)\Lambda], \\ H(u, 0) = R \end{cases} \quad (1)$$

а интенсивность κ рассматриваемого ММР-потока определяется равенством

$$\kappa = R\Lambda E, \quad (2)$$

где R – вектор-строка стационарного распределения вероятностей состояний управляющей цепи Маркова $k(t)$, определяемый системой

$$\begin{cases} RQ = 0, \\ RE = 1, \end{cases} \quad (3)$$

а E – единичный вектор-столбец.

Будем рассматривать ММР-поток в условии предельно частых изменений его состояний. Для этого в задаче (1) сделаем следующие замены, полагая, что S некоторая положительная величина,

$$Q = S \cdot Q^{(1)}, \quad H(u, t) = F(u, t, S).$$

Тогда для вектор-функций $F(u, t, S)$ можно записать

$$\begin{cases} \frac{\partial F(u, t, S)}{\partial t} = F(u, t, S) [S \cdot Q^{(1)} + (e^{ju} - 1)\Lambda] \\ F(u, 0, S) = R \end{cases} \quad (4)$$

Заметим, что стационарные распределения вероятностей состояний управляющей цепи $k(t)$, заданной матрицами инфинитезимальных характеристик $Q^{(1)}$ и $Q = S Q^{(1)}$, совпадают (не зависят от S), но при увеличении значений величины S состояния цепи Маркова $k(t)$ меняются предельно часто.

Теорема. Сумма компонентов предельного, при $S \rightarrow \infty$, значения вектор-строки $F(u, t)$ решения $F(u, t, S)$ задачи (4) имеет вид

$$F(u, t)E = \exp\{(e^{ju} - 1)kt\}, \quad (5)$$

где E – единичный вектор-столбец, величина k определяется равенством (2).

Доказательство. Поделив левую и правую части уравнения для $F(u, t, S)$ задачи (4) на S и устремив S к бесконечности, получим систему

$$F(u, t)Q^{(1)} = 0,$$

которая совпадает по виду с системой (3), откуда можно записать

$$F(u, t) = R \cdot \Phi(u, t), \quad (6)$$

где $\Phi(u, t)$ – некоторая скалярная функция. Для определения ее вида умножим справа уравнение для $F(u, t, S)$ задачи (4) на единичный вектор-столбец соответствующей размерности, устремим S к бесконечности и подставим разложение (6). Тогда функция $\Phi(u, t)$ будет удовлетворять уравнению

$$\frac{\partial \Phi(u, t)}{\partial t} = \Phi(u, t)(e^{ju} - 1)k,$$

решая которое и учитывая (6), получим, что $F(u, t)E$ удовлетворяет равенству (5). Теорема доказана.

Сформулированная теорема говорит о том, что ММР-поток в условии предельно частых изменений состояний управляющей цепи является асимптотически простейшим. При этом равномерный рост интенсивностей перехода управляющей цепи Маркова $k(t)$ из одного состояния в другое не влияет на стационарное распределение состояний этой цепи и на интенсивность потока.

Литература

1. Neuts M.F. A versatile Markovian arrival process // Journal of Appl. Prob. – 1979. – Vol. 16. – P. 764–779.

2. Lucantoni D. New results for the single server queue with a batch Markovian arrival process // Stochastic Models. – 1991. – Vol. 7. – P. 1–46.
3. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. 3-е изд., испр. и доп. – М.: КомКнига, 2005. – 400 с.
4. Дудин А. Н., Клименок В. И. Системы массового обслуживания с коррелированными потоками. – Мн.: БГУ, 2000. – 175 с.
5. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 109 с.

Работа выполнена при поддержке АБЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

О СУПЕРПОЗИЦИИ ЭЛЛИПСА И ОКРУЖНОСТИ

А. Г. Ложкин, А. И. Тимофеев

Ижевский государственный технический университет

Получение точек пересечений двух эллипсов решается в настоящее время, используя методы Декарта-Эйлера и Кардано-Тартальи. Уравнение четвертой степени сводится к кубическому, а далее находятся его корни. Для некоторых действительных корней r_R , последний метод дополнительно дает комплексную составляющую ir_C . И хотя величина r_C/r_R небольшая, хотелось бы получить аналитическое решение без комплексных чисел.

Предложена цепочка преобразований [1], позволяющая свести уравнение четвертой степени к квадратному, то есть, получено более простое решение, чем метод Декарта-Эйлера.

Важнейшим шагом в выделенной цепочке является преобразование сдвига с матрицей $\begin{pmatrix} 1 & h \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ или $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ g & 1 \end{pmatrix}$, где $h, g \in \mathbb{R}$. Данное преобразование необходимо для приведения двух эллипсов к единому ортогональному базису. Для того, чтобы трансформировать эллипсы, надо найти такой связанный со сдвигом угол ξ , чтобы после поворота сцены сдвиг приводил к единому базису.

Используя ПАМ, получена система тригонометрических уравнений для преобразования сдвиг $\begin{pmatrix} 1 & h \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, описывающая произвольно расположенный эллипс и окружность с центром в начале координат:

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg} 2\alpha = 2/h \\ \operatorname{tg} \alpha = \frac{x \sin \xi + y \cos \xi}{x \cos \xi - y \sin \xi + h(x \sin \xi + y \cos \xi)} \\ \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2(b^2 \cos \varphi_1 (h \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1) + a^2 \sin \varphi_1 (\cos \varphi_1 + h \sin \varphi_1))}{(a^2 (\cos \varphi_1 + h \sin \varphi_1)^2 + b^2 (h \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1)^2) - (b^2 \cos^2 \varphi_1 + a^2 \sin^2 \varphi_1)} \end{array} \right.,$$

где $\varphi_1 = \varphi + \xi$ – угол поворота эллипса, после поворота ξ , α – угол поворота эллипсов после преобразования сдвига, x, y – центр эллипса, a, b – полуоси эллипса, $\varphi_1, \varphi, \alpha, \xi, x, y, a, b \in \mathbb{R}$.

Ранее [1] было получено решение для коэффициента h из первого и третьего уравнений: $h = -2 \operatorname{ctg} \varphi_1$. Углы $\operatorname{arctg} \frac{x}{y}$ и φ рассматривались как независимые. При зависимости этих углов выведено из первого и второго уравнений значение для угла ξ : $\operatorname{tg} \xi = \frac{(y^2 - x^2) \sin \varphi + 2xy \cos \varphi}{(y^2 - x^2) \cos \varphi - 2xy \sin \varphi}$.

Осуществив преобразования фигур с матрицами $\begin{pmatrix} \cos \xi & -\sin \xi \\ \sin \xi & \cos \xi \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} 1 & h \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$, получаем два симметричных относительно оси абсцисс эллипса, нахождение точек пересечения которых, после растяжения одного из них, сводится к решению квадратного уравнения [1].

Литература

1. Вычислительная планиметрия с вырожденными преобразованиями. – Екатеринбург : Изд-во Института экономики Уро РАН, 2009. – 158 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ RQ-СИСТЕМЫ С КОНФЛИКТАМИ ЗАЯВОК

Т. В. Любина, А. А. Назаров

Томский государственный университет

Однолинейную систему массового обслуживания с источником повторных вызовов (ИПВ), управляемую динамическим протоколом доступа будем называть динамической RQ-системой (retrial queue) [1].

Рассмотрим динамическую RQ-систему с конфликтами заявок. На вход системы поступает простейший поток с параметром λ . Заявка, заставшая прибор свободным, занимает его для обслуживания в течение случайного времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметром μ . По завершении успешного обслуживания заявка покидает прибор. Если во время обслуживания некоторой заявки поступает другая, то в приборе возникает конфликт и обе заявки переходят в ИПВ. Из ИПВ после

случайной задержки заявка, с интенсивностью σ/i , вновь обращается к прибору с повторной попыткой его захвата, i – число заявок в ИПВ. Если прибор свободен, то заявка становится на обслуживание, если же он занят, то вновь возникает конфликт заявок [2].

Состояние системы в момент времени t определяется двумерной цепью Маркова $\{k(t), i(t)\}$ [3, 4], где $i(t)$ – число заявок в ИПВ, а $k(t)$ определяет состояние прибора следующим образом:

$$k = \begin{cases} 0, & \text{если прибор свободен,} \\ 1, & \text{если прибор занят.} \end{cases}$$

Обозначим $P\{k(t)=k, i(t)=i\} = P(k, i, t)$ – вероятность того, что в момент времени t прибор находится в состоянии k и в источнике повторных вызовов i заявок.

Составим систему дифференциальных уравнений Колмогорова для $P(k, i, t)$, $i \geq 2$:

$$\begin{cases} \frac{\partial P(0, i, t)}{\partial t} = -(\lambda + \sigma)P(0, i, t) + \mu P(1, i, t) + \sigma P(1, i-1, t) + \lambda P(1, i-2, t), \\ \frac{\partial P(1, i, t)}{\partial t} = -(\lambda + \mu + \sigma)P(1, i, t) + \sigma P(0, i+1, t) + \lambda P(0, i, t). \end{cases} \quad (1)$$

Будем полагать, что система функционирует в стационарном режиме.

Запишем систему (1) для стационарного распределения $P(k, i, t) \equiv P(k, i)$:

$$\begin{aligned} -\lambda P(0, 0) + \mu P(1, 0) &= 0, \quad i = 0, \\ -(\lambda + \mu)P(1, 0) + \lambda P(0, 0) + \sigma P(0, 1) &= 0, \quad i = 0, \\ -(\lambda + \sigma)P(0, 1) + \mu P(1, 1) &= 0, \quad i = 1, \\ -(\lambda + \sigma + \mu)P(1, 1) + \lambda P(0, 1) + \sigma P(0, 2) &= 0, \quad i = 1, \\ -(\lambda + \sigma)P(0, i) + \mu P(1, i) + \sigma P(1, i-1) + \lambda P(1, i-2) &= 0, \quad i \geq 2, \\ -(\lambda + \sigma + \mu)P(1, i) + \lambda P(0, i) + \sigma P(0, i+1) &= 0, \quad i \geq 2. \end{aligned} \quad (2)$$

Метод асимптотического анализа в условиях большой загрузки

Обозначив

$$H(k, u) = \sum_i e^{ju} P(k, i),$$

из системы для распределения вероятностей (2) получим систему уравнений для функций $H(k, u)$ в виде

$$\begin{cases} -(\rho + \frac{\sigma}{\mu})H(0, u) + (1 + \frac{\sigma e^{ju}}{\mu} + \rho e^{2ju})H(1, u) = \frac{\sigma}{\mu} e^{ju} P(1, 0) - \frac{\sigma}{\mu} P(0, 0), \\ (\rho + \frac{\sigma}{\mu} e^{-ju})H(0, u) - (1 + \frac{\sigma}{\mu} + \rho)H(1, u) = \frac{\sigma}{\mu} e^{-ju} P(0, 0) - \frac{\sigma}{\mu} P(1, 0), \end{cases} \quad (3)$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$.

Обозначив векторы $H(u) = \{H(0,u), H(1,u)\}$, $P(0) = \{P(0,0), P(1,0)\}$ и матрицы

$$A(ju, \rho) = \begin{bmatrix} -(\rho + \frac{\sigma}{\mu}) & \rho + \frac{\sigma}{\mu} e^{-ju} \\ 1 + \frac{\sigma}{\mu} e^{ju} + \rho e^{2ju} & -(1 + \frac{\sigma}{\mu} + \rho) \end{bmatrix}, \quad B(ju) = \begin{bmatrix} \frac{\sigma}{\mu} & -\frac{\sigma}{\mu} e^{-ju} \\ -\frac{\sigma}{\mu} e^{ju} & \frac{\sigma}{\mu} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

систему уравнений (3) для функций $H(k,u)$ запишем в виде

$$H(u)A(ju, \rho) + P(0)B(ju) = 0. \quad (5)$$

Для нахождения значения пропускной способности S [1, с. 97], а также других вероятностно-временных характеристик уравнение (5) будем решать методом асимптотического анализа в условии большой загрузки $\rho \uparrow S$, обозначив $\varepsilon = S - \rho$ и полагая $\varepsilon \rightarrow 0$.

В уравнении (5) выполним замены

$$\rho = S - \varepsilon, \quad u = \varepsilon w, \quad H(u) = F(w, \varepsilon), \quad P(0) = \varepsilon \Pi, \quad (6)$$

получим

$$F(w, \varepsilon)A(j\varepsilon w, S - \varepsilon) + \varepsilon \Pi B(j\varepsilon w) = 0. \quad (7)$$

Этап 1. Обозначим

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} A(j\varepsilon w, S - \varepsilon) = A(0, S) = A_0(S), \quad (8)$$

где $A_0(S)$ определяется из равенства

$$A(j\varepsilon w, S - \varepsilon) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(j\varepsilon w)^n}{n!} A_n(S) - \varepsilon \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(j\varepsilon w)^n}{n!} A'_n(S). \quad (9)$$

Тогда, выполнив в (7) предельный переход (8), получим равенство

$$F(w)A_0(S) = 0. \quad (10)$$

Решение $F(w)$ однородной системы (10) линейных алгебраических уравнений можно записать в виде

$$F(w) = \Phi(w)R(S), \quad (11)$$

где $R(S)$ – распределение вероятностей значений цепи $k(\tau)$, определяемое системой

$$\begin{cases} R(S)A_0(S) = 0, \\ RE = 1, \end{cases} \quad (12)$$

а скалярная функция $\Phi(w)$ будет определена ниже.

Рассмотрим первое из уравнений системы (2), получим равенство

$$\rho P(0,0) = P(1,0).$$

Следовательно, для компонент вектора $P(0)$ можно записать

$$P(0,0) = v, \quad P(1,0) = \rho v,$$

где ν – постоянная. Таким образом, вектор $P(0)$ имеет вид

$$P(0) = \varepsilon \nu \Pi, \quad (13)$$

где вектор Π определен равенством $\Pi = \{1, \rho\}$.

Этап 2. Используя разложение матриц

$$\begin{aligned} A(j\varepsilon w, S - \varepsilon) &= A_0(S) + j\varepsilon w A_1(S) - \varepsilon A'_0(S) + O(\varepsilon^2), \\ B(j\varepsilon w) &= B_0 + O(\varepsilon^2), \end{aligned} \quad (14)$$

а также равенство (13), уравнение (7) запишем в виде

$$F(w, \varepsilon) \{A_0(S) + j\varepsilon w A_1(S) - \varepsilon A'_0(S)\} + \varepsilon \nu \Pi B_0 = 0. \quad (15)$$

Решение $F(w, \varepsilon)$ этого уравнения запишем в виде разложения

$$F(w, \varepsilon) = \Phi(w)R(S) + \varepsilon f(w) + O(\varepsilon^2), \quad (16)$$

подставив которое в (15), и так как $R(S)A_0(S) = 0$, для $f(w)$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ можно записать равенство

$$f(w)A_0(S) + jw\Phi(w)R(S)A_1(S) - \Phi(w)R(S)A'_0(S) + \nu \Pi B_0 = 0,$$

которое является неоднородной системой линейных алгебраических уравнений, поэтому ее решение $f(w)$ можно представить в виде

$$f(w) = \Phi(w) \{jw f_1 - f_2\} + \nu f_3, \quad (17)$$

в котором векторы f_1 , f_2 и f_3 являются решениями систем:

$$f_1 A_0(S) + R(S)A_1(S) = 0, \quad (18)$$

$$f_2 A_0(S) + R(S)A'_0(S) = 0, \quad (19)$$

$$f_3 A_0(S) + \Pi(\varepsilon)B_0 = 0. \quad (20)$$

Решение f_2 системы (19) имеет вид $f_2 = R'(S)$. Чтобы существовало решение f_1 системы (18), необходимо выполнение равенства $R(S)A_1(S)E = 0$, которое определяет значение величины пропускной способности S . Более того, так как вектор f_2 ортогонален единичному вектору E , то будем полагать, что векторы f_1 и f_3 также обладают этим свойством, то есть для них выполняются равенства $f_1 E = 0$, $f_2 E = 0$.

Таким образом, (17) имеет вид

$$f(w) = \Phi(w) \{jw f_1 - R'(S)\} + \nu f_3, \quad (21)$$

поэтому разложение (16) для $F(w, \varepsilon)$ можно записать следующим образом:

$$F(w, \varepsilon) = \Phi(w)R(S) + \varepsilon \Phi(w) \{jw f_1 - R'(S)\} + \varepsilon \nu f_3 + O(\varepsilon^2). \quad (22)$$

Этап 3. Для нахождения функции $\Phi(w)$ просуммируем по k все уравнения системы (7) и, принимая во внимание (13), получим равенство

$$F(w, \varepsilon)A(j\varepsilon w, S - \varepsilon)E + \varepsilon \nu \Pi B(j\varepsilon w)E = 0. \quad (23)$$

Для матриц A и B из этого равенства запишем разложения

$$A(j\varepsilon w, S - \varepsilon)E = j\varepsilon w A_1(S)E + \frac{(j\varepsilon w)^2}{2} A_2(S)E - j\varepsilon^2 w A'_1(S) + O(\varepsilon^3), \quad (24)$$

$$B(j\varepsilon w)E = j\varepsilon w B_1 E + O(\varepsilon^2).$$

Таким образом, равенство (23) с учетом разложений (22) и (24), при $\varepsilon \rightarrow 0$ запишем в виде

$$\Phi(w) \left\{ jw \left[f_1 A_1(S)E + \frac{1}{2} R(S) A_2'(S)E \right] - [R(S) A_1'(S)E + f_2 A_1(S)E] \right\} + \\ + v [f_3 A_1(S)E + \Pi B_0' E] = 0$$

Получаем, что характеристическая функция нормированного числа заявок в ИПВ равна

$$\Phi(w) = \frac{v [f_3 A_1(S)E + \Pi B_0' E]}{[R(S) A_1'(S)E + f_2 A_1(S)E] - jw \left[f_1 A_1(S)E + \frac{1}{2} R(S) A_2'(S)E \right]}.$$

Так как $\Phi(0) = 1$, то величина v принимает значение

$$v = \frac{R(S) A_1'(S)E + f_2 A_1(S)E}{f_3 A_1(S)E + \Pi B_0' E},$$

а функция $\Phi(w)$ примет вид

$$\Phi(w) = \frac{\kappa}{\kappa - jw},$$

которая определяет экспоненциальное распределение с параметром κ , значение которого определяется равенством

$$\kappa = \frac{R(S) A_1'(S)E + f_2 A_1(S)E}{f_3 A_1(S)E + \frac{1}{2} R(S) A_2'(S)E}.$$

Таким образом, в работе получено выражение для нахождения пропускной способности сети при определенных параметрах, а также найдена характеристическая функция нормированного числа заявок в ИПВ.

Литература

1. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 112 с.
2. Назаров А. А., Любина Т. В. Исследование системы массового обслуживания М/М/1/ИПВ с конфликтами заявок, управляемой динамическим протоколом доступа // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2009): Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (13–14 ноября 2009 г.). – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2009. – С. 65–68.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДЕКСА ПАССАЖИРООБОРОТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Д. Н. Матанцева

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В докладе рассматриваются данные индекса пассажирооборота транспорта общего пользования в России на период с января 1997 по ноябрь 2009 года включительно, показания являются ежемесячными, общее число членов временного ряда $N = 155$. Необходимо построить модель этого временного ряда с целью использования ее для осуществления прогноза на будущее. Для построения модели мы будем брать данные начиная с 1997 по 2008 год, а «прогноз» сделаем на 2009 год, затем сравним полученные прогнозные значения с реальными данными. Это позволит судить о правильности модели и точности прогнозирования на основе построенной модели.

На рис. 1 показан график индекса пассажирооборота транспорта общего пользования. Из графика ясно виден сезонный характер колебаний, наслаивающихся на монотонно растущий тренд. Всплески активности пассажирооборота в течение года происходят летом, на период отпусков, и зимой, на период новогодних праздников.

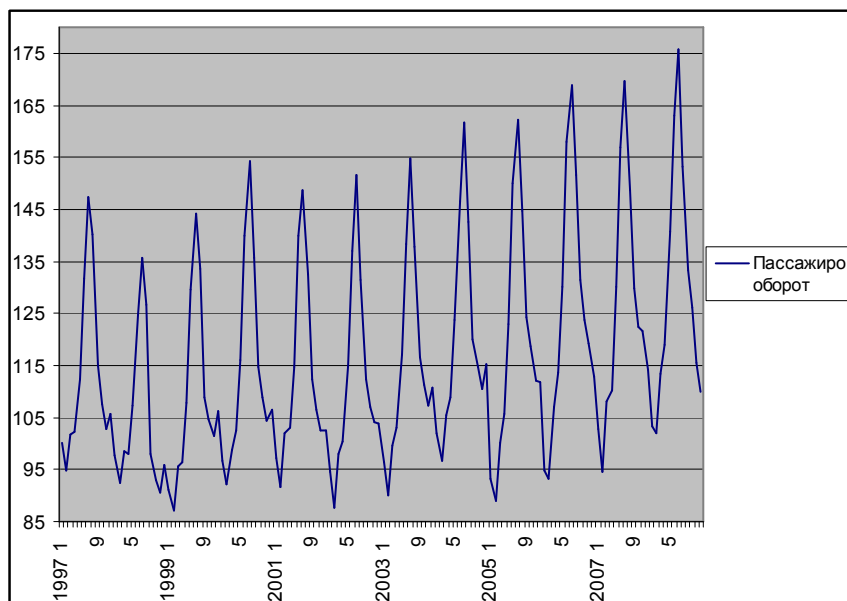


Рис. 1. Индекс пассажирооборота транспорта общего пользования

Анализируемый временной ряд содержит монотонно растущий тренд и сезонную составляющую. В нашем случае тренд предполагается линейным. Сезонная составляющая является периодической функцией, которая достаточно хорошо может быть представлена отрезками ряда Фурье, следовательно, эта составляющая может рассматриваться как тригонометрический тренд. Как видно из рис. 1, амплитуда колебаний временного ряда не постоянна, она возрастает со временем, следовательно, сезонная компонента умножается на некоторый мультипликатор Δ .

Таким образом, временной ряд можно представить в виде

$$x(t) = f_{mp}(t) + \Delta_t \varphi(t) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $f_{mp}(t)$ – функция тренда, $\varphi(t)$ – функция сезонной составляющей, $\varepsilon(t)$ – случайная составляющая, $t = 1, 2, \dots, n$, Δ_t – мультипликатор.

Данный временной ряд имеет линейный тренд $f_{mp} = \alpha_0 + \alpha_1 t$. Оценки коэффициентов тренда имеют следующий вид [1]:

$$\hat{\alpha}_0 = \bar{y} - \hat{\alpha}_1 \bar{t}, \quad \hat{\alpha}_1 = \frac{\sum_{t=1}^n y_t (t - \bar{t})}{\sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2}, \quad \bar{t} = \frac{1+n}{2}.$$

Для рассматриваемых данных $\hat{\alpha}_0 = 104,8416$, $\hat{\alpha}_1 = 0,16586$.

Так как временной ряд можно представить в виде (1), то для того, чтобы получить остатки после выделения тренда, надо выразить $\varepsilon(t) + \Delta_t \varphi(t)$ из (1). Получим:

$$\varepsilon(t) + \Delta_t \varphi(t) = x(t) - f_{mp}(t).$$

Далее будем работать с остатками. Найдем значения мультипликатора. Для точек с максимальными и минимальными периодами активности вычислим прямые линии, которые наилучшим образом аппроксимируют эти точки. Обозначим эти прямые $l_1 = a_1 + b_1 t$ и $l_2 = a_2 + b_2 t$. Разделим остатки после выделения случайной составляющей на величину

$$\Delta = l_3(t) = \frac{l_1(t) - l_2(t)}{2} = a_3 + b_3 t = \frac{a_1 - a_2}{2} + \frac{b_1 - b_2}{2} t.$$

Полученные значения от деления будем использовать в дальнейшем при выделении сезонной составляющей. Сезонную составляющую можно представить отрезками ряда Фурье в виде:

$$f(t, \alpha) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{(m/2)-1} [\alpha_{2j-1} \cos(\frac{2\pi j}{m} t) + \alpha_{2j} \sin(\frac{2\pi j}{m} t)] + \alpha_{m-1} (-1)^t. \quad (2)$$

Идентификация коэффициентов производится с помощью МНК [1]:

$$\hat{\alpha}_0 = \bar{y}, \quad \hat{\alpha}_{2j-1} = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos(\frac{2\pi j}{m} t), \quad \hat{\alpha}_{2j} = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \sin(\frac{2\pi j}{m} t), \quad j = 1, \dots, \frac{m}{2} - 1, \\ \hat{\alpha}_{m-1} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (-1)^t y_t. \quad (3)$$

Период тригонометрического тренда равен 12, были вычислены коэффициенты по формулам (3):

$$\alpha_0 = 0,002485; \quad \alpha_1 = -0,5848; \quad \alpha_2 = -0,3774; \quad \alpha_3 = 0,2473; \\ \alpha_4 = 0,1687; \quad \alpha_5 = 0,02459; \quad \alpha_6 = -0,1452; \quad \alpha_7 = 0,02459; \\ \alpha_8 = 0,0528; \quad \alpha_9 = 0,03555; \quad \alpha_{10} = 0,0366; \quad \alpha_{11} = -0,00027.$$

Случайные остатки могут быть вычислены по формуле

$$\varepsilon(t) = x(t) - f_{mp}(t) - \Delta\varphi(t),$$

На рис. 2 показаны остатки после выделения неслучайных составляющих.

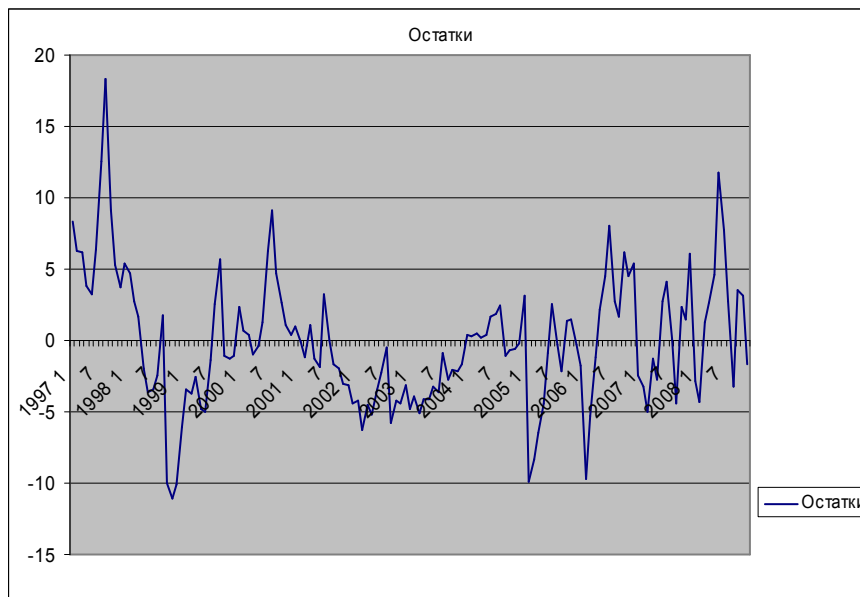


Рис. 2. Случайные остатки временного ряда

Представим случайную составляющую как процесс АР(1):

$$\varepsilon(t) = \alpha\varepsilon(t-1) + \delta(t),$$

где $\delta(t)$ представляет собой «белый шум».

Оценки параметров модели находим по формулам:

$$\sigma_0^2 = (1 - \hat{\alpha}^2)\hat{\gamma}(0), \quad \hat{\alpha} = \frac{1}{\hat{\gamma}(0)} \left[\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} (\hat{\varepsilon}(t) - \bar{\varepsilon})(\hat{\varepsilon}(t+1) - \bar{\varepsilon}) \right],$$

где $\hat{\gamma}(0)$ – выборочная дисперсия остатков.

Получаем следующие численные значения:
 $\sigma_0^2 = 10,3135$; $\hat{\alpha} = 0,71399$.

Итак, математическая модель индекса пассажирооборота транспорта общего пользования по исходным данным с 1997 по 2008 год построена.

На основе этой модели построен прогноз на 2009 год. Сравнение с реальными данными показывает, что полученная модель позволяет строить достаточно хороший прогноз. Причем при прогнозировании более чем на 6 месяцев случайную составляющую можно считать белым шумом. Использование модели авторегрессии позволяет несколько улучшить точность прогноза при горизонте прогнозирования от 1 до 3 месяцев.

Литература

1. Колемаев В. А. Эконометрика. – М.: Инфра-М, 2009. – 160 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ RQ-СИСТЕМЫ МЕТОДОМ АСИМПТОТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А. А. Назаров, И. А. Семенова

Томский государственный университет

Рассмотрим RQ -систему (Retrial Queue), то есть однолинейную систему массового обслуживания с источником повторных вызовов, на вход которой поступает простейший поток заявок с интенсивностью λ . Считается, что требование, заставшее прибор свободным, занимает его для обслуживания в течение случайного времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметром μ . Если прибор занят, то поступившая заявка переходит в источник повторных вызовов (ИПВ), где осуществляет случайную задержку, продолжительность которой имеет экспоненциальное распределение с параметром σ . Из ИПВ после случайной задержки заявка вновь обращается к прибору с повторной попыткой его захвата. Если прибор свободен, то заявка из ИПВ занимает его на случайное время обслуживания, если же он занят, то заявка мгновенно возвращается в источник повторных вызовов для реализации следующей задержки случайной продолжительности [4].

Пусть $i(t)$ – число заявок в ИПВ, а $l(t)$ – определяет состояние прибора следующим образом:

$$l(t) = \begin{cases} 0, & \text{если прибор свободен,} \\ 1, & \text{если прибор занят.} \end{cases}$$

Обозначим

$$P\{l(t)=l, i(t)=i\} = P(l, i, t)$$

вероятность того, что прибор в момент времени t находится в состоянии l и в источнике повторных вызовов находится i заявок.

Процесс $\{l(t), i(t)\}$ изменения во времени состояний описанной системы является марковским.

Для распределения вероятностей $P(l, i, t)$ состояний $\{l, i\}$ рассматриваемой RQ -системы составим дифференциальные уравнения Колмогорова, по формуле полной вероятности записав равенства

$$\begin{cases} \frac{\partial P(0, i, t)}{\partial t} = -(\lambda + i\sigma)P(0, i, t) + \mu P(1, i, t), \\ \frac{\partial P(1, i, t)}{\partial t} = -(\lambda + \mu)P(1, i, t) + \lambda P(0, i, t) + \sigma(i+1)P(0, i+1, t) + \lambda P(1, i-1, t). \end{cases} \quad (1)$$

Из (1) получим систему уравнений, определяющих характеристические функции [1]

$$\begin{cases} -\sigma j \frac{\partial H(0, u)}{\partial u} = -\lambda H(0, u) + \mu H(1, u), \\ \sigma j e^{-ju} \frac{\partial H(0, u)}{\partial u} = \lambda H(0, u) + (\lambda(e^{ju} - 1) - \mu)H(1, u), \end{cases} \quad (2)$$

решение $\{H(0,u), H(1,u)\}$ которой удовлетворяет условию нормировки

$$H(0,0) + H(1,0) = 1. \quad (3)$$

Систему (2) будем решать методом асимптотического анализа в условии большой задержки в ИПВ, то есть при $\sigma \rightarrow 0$.

Метод асимптотического анализа в матричном виде

Для простоты и компактной записи вычислений дальнейшие исследования будем проводить в матричном виде [2].

Обозначив вектор-строку $H(u) = \{H(0,u), H(1,u)\}$, систему (4) перепишем в матричном виде

$$\sigma j \frac{\partial H(u)}{\partial u} A(ju) = H(u) B(ju), \quad (5)$$

$$H(0)E = 1, \quad (6)$$

где равенство (6) – условие нормировки, а матрицы $A(ju)$ и $B(ju)$ имеют вид

$$A(ju) = \begin{pmatrix} -1 & e^{-ju} \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{(ju)^v}{v!} A_v,$$

$$B(ju) = \begin{pmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & \lambda(e^{-ju} - 1) - \mu \end{pmatrix} = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{(ju)^v}{v!} B_v.$$

Асимптотика первого порядка

Для нахождения асимптотики первого порядка обозначим $\sigma = \varepsilon$ и в системе (5–6) выполним замены

$$u = \varepsilon w, \quad H(u) = F_1(w, \varepsilon). \quad (7)$$

Тогда уравнение (5) примет вид

$$j \frac{\partial F_1(w, \varepsilon)}{\partial w} A(j\varepsilon w) = F_1(w, \varepsilon) B(j\varepsilon w), \quad (8)$$

а равенство (6) запишем следующим образом:

$$F_1(0, \varepsilon)E = 1. \quad (9)$$

В задаче (8)–(9) выполним предельный переход при $\varepsilon \rightarrow 0$, получим систему [3]

$$\begin{cases} j \frac{\partial F_1(w)}{\partial w} A_0 = F_1(w) B_0, \\ F_1(0)E = 1, \end{cases}$$

решение $F_1(w)$ которой запишем в виде произведения

$$F_1(w) = R \Phi_1(w) = R \cdot \exp\{jw\kappa_1\} \quad (10)$$

вектора R , определяемого системой

$$\begin{cases} R(B_0 + \kappa_1 A_0) = 0, \\ RE = 1 \end{cases} \quad (11)$$

и скалярной функцией $\Phi_1(w)$, вид которой определен равенством (10). Значения величины κ_1 определим следующим образом:

Сложим все уравнения системы (8), умножив это равенство справа на единичный вектор-столбец E , и выполним разложение матриц, получим

$$j \frac{\partial F_1(w, \varepsilon)}{\partial w} j \varepsilon w A_1 E = F_1(w, \varepsilon) j \varepsilon w B_1 E + O(\varepsilon^2),$$

где, выполнив предельный переход, получим нелинейное скалярное уравнение относительно величины κ_1

$$R(B_1 + \kappa_1 A_1)E = 0. \quad (12)$$

Откуда, выполнив обратные замены, получим функцию, которую будем называть *асимптотикой первого порядка* характеристической функции $h_1(u)$ числа заявок $i(t)$ в источнике повторных вызовов [3]

$$h_1(u) = \exp \left\{ ju \frac{\kappa_1}{\sigma} \right\}. \quad (13)$$

Асимптотика второго порядка

Для нахождения асимптотики второго порядка в уравнении (5) выполним замены

$$H(u) = \exp \left\{ j \frac{u}{\sigma} \kappa_1 \right\} H_2(u), \quad \sigma = \varepsilon^2, \quad u = \varepsilon w, \quad H_2(u) = F_2(w, \varepsilon).$$

Получим задачу

$$j \varepsilon \frac{\partial F_2(w, \varepsilon)}{\partial w} A(j \varepsilon w) = F_2(w, \varepsilon) \{ B(j \varepsilon w) + \kappa_1 A(j \varepsilon w) \}, \quad (14)$$

$$F_2(0, \varepsilon)E = 1. \quad (15)$$

Далее, выполняя аналогичные действия, что и в первой асимптотике, получим асимптотику второго порядка характеристической функции $h_2(u)$ числа заявок $i(t)$ в источнике повторных вызовов

$$h_2(u) = \exp \left\{ ju \frac{\kappa_1}{\sigma} + \frac{(ju)^2}{2} \frac{\kappa_2}{\sigma} \right\},$$

где

$$\kappa_2 = \frac{-g_1(B_1 + \kappa_1 A_1)E + \frac{1}{2} R(B_2 + \kappa_1 A_2)E}{g(B_1 + \kappa_1 A_1)E + R A_1 E}, \quad (16)$$

А векторы g и g_1 определяются неоднородными системами линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} g(B_0 + \kappa_1 A_0) + R A_0 &= 0, \\ g_1(B_0 + \kappa_1 A_0) + R(B_1 + \kappa_1 A_1) &= 0. \end{aligned}$$

Асимптотика $(n+1)$ -го порядка

Для нахождения асимптотики произвольного порядка будем применять метод математической индукции.

Пусть вектор – функция $H_n(u)$ ($n \geq 3$) удовлетворяет уравнению

$$\sigma j \frac{\partial H_n(u)}{\partial u} A(ju) = H_n(u) \left\{ B(ju) + \kappa_1 A(ju) + \sum_{v=1}^{n-2} \frac{(ju)^v}{v!} \kappa_{v+1} A(ju) \right\}, \quad (17)$$

в которых известны все κ_v при $v=1, 2, \dots, n-1$.

Пусть применяя уравнение (17), найдено значение величины κ_n , тогда в (17) выполним замены

$$H_n(u) = \exp \left\{ \frac{(ju)^n}{n!} \frac{\kappa_n}{\sigma} \right\} H_{n+1}(u), \quad \sigma = \varepsilon^{n+1}, \quad u = \varepsilon w, \quad H_{n+1}(u) = F_{n+1}(w, \varepsilon).$$

Получим задачу

$$j\varepsilon^n \frac{\partial F_{n+1}(w, \varepsilon)}{\partial w} A(j\varepsilon w) =$$

$$= F_{n+1}(w, \varepsilon) \left\{ B(j\varepsilon w) + \kappa_1 A(j\varepsilon w) + \sum_{v=1}^{n-1} \frac{(j\varepsilon w)^v}{v!} \kappa_{v+1} A(j\varepsilon w) \right\} \quad (18)$$

$$F_{n+1}(0, \varepsilon) E = 1. \quad (19)$$

Далее, выполняя аналогичные действия, что и в первой, и во второй асимптотиках, получим асимптотику $(n+1)$ -го порядка характеристической функции $h_{n+1}(u)$ числа заявок $i(t)$ в источнике повторных вызовов [3]

$$h_{n+1}(u) = \exp \left\{ \sum_{v=1}^{n+1} \frac{(ju)^v}{v!} \frac{1}{\sigma} \kappa_v \right\}, \quad (20)$$

где

$$\kappa_{n+1} = - \left\{ g_n (B_1 + \kappa_1 A_1) E + \frac{1}{n+1} \sum_{v=1}^{n-1} C_{n+1}^v f_v \left(B_{m+1-v} + \sum_{k=0}^{n-v} C_{n+1-v}^k \kappa_{k+1} A_{n+1-v-k} \right) E + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{n+1} R \left(B_{n+1} + \sum_{k=0}^{n-1} C_{n+1}^k \kappa_{k+1} A_{n+1-k} \right) E \right\} / \{ g(B_1 + \kappa_1 A_1) E + R A_1 E \}.$$

А векторы g и g_n определяются неоднородными системами линейных алгебраических уравнений

$$g(B_0 + \kappa_1 A_0) + R A_0 = 0,$$

$$g_n(B_0 + \kappa_1 A_0) + \sum_{v=1}^{n-1} C_n^v f_v \left(B_{n-v} + \sum_{k=0}^{n-v} C_{n-v}^k \kappa_{k+1} A_{n-v-k} \right) +$$

$$+ R \left(B_n + \sum_{k=0}^{n-1} C_n^k \kappa_{k+1} A_{n-k} \right) = 0.$$

Таким образом, в работе получено асимптотическое распределение вероятностей числа заявок в источнике повторных вызовов $(n+1)$ -го порядка, в условии большой задержки.

Литература

1. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: ЛКИ, 2007. – 400 с.
2. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория вероятностей и случайных процессов. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.

3. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск : НТЛ, 2006. – 112 с.

4. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория массового обслуживания. – Томск: НТЛ, 2004. – 228 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

РАСЧЕТ ДИСПЕРСИЙ ЧИСЛЕННОСТИ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП В МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

И. В. Новикова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Рассматривается модель динамики возрастного состава населения [1], которая представлена в векторно-матричном виде следующим образом:

$$x(k+1) = A(k)x(k), x(0) = x_0, \quad (1)$$

где $x(k)$ – m -мерный вектор составов населения территории; $A(k)$ – матрица естественного движения населения.

Обозначим $M\{x_0\} = \bar{x}_0$; $D(0) = D(x_0) = D_0$.

Предположим, что коэффициенты рождаемости являются случайными последовательностями. Поэтому матрица A имеет вид:

$$A(k) = \bar{A} + \tilde{A}(k), \quad (2)$$

где $\bar{A}$ – матрица естественного движения населения со средними значениями коэффициентов, а матрица $\tilde{A}$ имеет вид:

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} 0 & \cdots & 0 & a_l & a_{l+1} & \cdots & a_{l+m} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где a_i ($i = \overline{l, l+m}$) – случайные отклонения от средних значений, которые описываются стохастическими разностными уравнениями вида:

$$a_j(k+1) = \gamma_j a_j(k) + \rho_j w_j(k), \quad (4)$$

где $a_j(0) \sim N(0; \sigma_{a_j}^2)$; $w(k)$ – дискретный гауссовский белый шум с характеристиками $w_j \sim N(0; 1)$; $w_j \perp w_i \forall i \neq j$.

Введем обозначения:

- 1) $\mu(k) = M\{x(k)\}$;
- 2) $\tilde{x}(k) = x(k) - \mu(k)$;
- 3) $D(k) = M\{\tilde{x}(k)\tilde{x}^T(k)\}$;

$$4) \quad R(k) = M\{\tilde{A}(k)[x(k) - \mu(k)]^T\} = M\{\tilde{A}(k)x(k)\}; \quad (5)$$

Уравнение для математического ожидания вектора общей численности населения $x(k)$ для момента времени $k+1$, учитывая введенные обозначения, имеет вид

$$\mu(k+1) = \bar{A}\mu(k) + R(k); \mu(0) = M\{x(0)\}. \quad (6)$$

Уравнение для ковариационной матрицы $D(k)$ с учетом того, что в силу специфики матрицы $\tilde{A}$ $\tilde{A}B\tilde{A}^T = 0$ для любой квадратной матрицы B таких же размеров, что и матрица A , имеет вид

$$\begin{aligned} D(k+1) = & \bar{A}D(k)\bar{A}^T + \bar{A}M\{\tilde{x}(k)\mu^T(k)\tilde{A}^T(k)\} + \bar{A}M\{\tilde{x}(k)\tilde{x}^T(k)\tilde{A}^T(k)\} + \\ & + M\{\tilde{A}(k)\mu(k)\tilde{x}^T(k)\}\bar{A}^T + M\{\tilde{A}(k)\tilde{x}(k)\tilde{x}^T(k)\}\bar{A}^T - R(k)R^T(k); \\ D(0) = & D_0. \end{aligned} \quad (7)$$

Матрицы $\bar{A}M\{\tilde{x}(k)\tilde{x}^T(k)\tilde{A}^T(k)\}$, $M\{\tilde{A}(k)\tilde{x}(k)\tilde{x}^T(k)\}\bar{A}^T$ можно вычислить в предположении нормальности вектора $\tilde{x}$.

Если дисперсия $\tilde{x}$ много меньше μ^2 , то слагаемыми, в которых присутствуют одновременно $\tilde{x}$ и $\tilde{x}^T$, можно пренебречь, и для D получается уравнение:

$$\begin{aligned} D(k+1) \approx & \bar{A}D(k)\bar{A}^T + \bar{A}M\{\tilde{x}(k)\mu^T(k)\tilde{A}^T(k)\} + \\ & + M\{\tilde{A}(k)\mu(k)\tilde{x}^T(k)\}\bar{A}^T - R(k)R^T(k), \end{aligned} \quad (8)$$

где R – вектор-столбец с ненулевым элементом на первом месте; RR^T – матрица с одним ненулевым элементом на месте 1,1.

Для более удобного представления выкладок рассмотрим отдельно элемент матрицы, входящей в состав второго слагаемого в (8):

$$\left(M\{\tilde{x}\mu^T\tilde{A}^T\}\right)_{ij} = M\left\{\sum_{s=l}^{l+m}\tilde{x}_i\mu_s\tilde{a}_{js}\right\} = \sum_{s=l}^{l+m}\mu_s M\{\tilde{x}_i\tilde{a}_{js}\}, \quad (9)$$

где $\tilde{a}_{js} = 0 \quad \forall j > 1$.

Следовательно,

$$\left(M\{\tilde{x}\mu^T\tilde{A}^T\}\right)_{ij} = \sum_{s=l}^{l+m}\mu_s M\{\tilde{x}_i\tilde{a}_{1s}\}\delta_{1j}.$$

Аналогично получаем уравнение для вычисления элементов матрицы, входящей в состав третьего слагаемого в (8):

$$\left(M\{\tilde{A}\mu\tilde{x}^T\}\right)_{ij} = \sum_{s=l}^{l+m}\mu_s M\{\tilde{x}_j\tilde{a}_{is}\} = \sum_{s=l}^{l+m}\mu_s M\{\tilde{x}_j\tilde{a}_{1s}\}\delta_{1i}, \quad (10)$$

где δ_{ij} – символ Кронекера.

Так как $\tilde{a}_{1s} = a_s$, то выражения (9) и (10) примут вид:

$$\left(M\{\tilde{x}\mu^T\tilde{A}^T\}\right)_{ij} = \sum_{s=l}^{l+m}\mu_s M\{\tilde{x}_i a_s\}\delta_{1j}; \quad (11)$$

$$\left(M\{\tilde{A}\mu\tilde{x}^T\}\right)_{ij} = \sum_{s=l}^{l+m}\mu_s M\{\tilde{x}_j a_s\}\delta_{1i}. \quad (12)$$

Введем обозначение:

$$\gamma_{ij}(k) = M\{\tilde{x}_i(k)a_j(k)\}. \quad (13)$$

Далее получим для γ_{ij} разностное уравнение

$$\gamma_{ij}(k+1) = M\{\tilde{x}_i(k+1)a_j(k+1)\}. \quad (14)$$

Рассмотрим поочередно составляющие выражения (14):

$$\tilde{x}_i(k+1) = \sum_{s=l}^{l+m} [\bar{A}_{is}\tilde{x}_s(k) + \tilde{a}_{is}(k)\mu_s(k) + \tilde{a}_{is}(k)\tilde{x}_s(k)] - R_i(k), \quad (15)$$

где

$$R_i(k) = \sum_{s=l}^{l+m} \gamma_{ss}(k)\delta_{li}. \quad (16)$$

Второй множитель в выражения (14) имеет вид (4). Таким образом, (14) запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} \gamma_{ij}(k+1) = \sum_{s=l}^{l+m} [\bar{A}_{is}\gamma_j\gamma_{sj}(k) + \gamma_j\mu_s(k)M\{a_s(k)a_j(k)\}\delta_{li} + \\ \gamma_j M\{\tilde{x}_s(k)a_s(k)a_j(k)\}\delta_{li}]. \end{aligned} \quad (17)$$

Введем обозначение:

$$\theta_{sj}(k) = M\{a_s(k)a_j(k)\}. \quad (18)$$

Предположим, что $\forall s \neq j M\{a_s(k)a_j(k)\} = 0$, поэтому

$$\theta_{sj}(k) = \sigma_{aj}^2 \delta_{sj}. \quad (19)$$

Если дисперсия $\tilde{x}$ много меньше μ^2 , то последним слагаемым в (17) можно пренебречь, и получаем формулу

$$\begin{aligned} \gamma_{ij}(k+1) \approx \gamma_j \sum_{s=l}^{l+m} \bar{A}_{is}\gamma_{sj}(k) + \gamma_j\mu_j(k)\sigma_{aj}^2\delta_{li}; \\ \gamma_{ij}(0) = 0. \end{aligned} \quad (20)$$

Таким образом, система разностных уравнений для $\mu(k)$, $D(k)$, $\gamma_{ij}(k)$ позволяет рекуррентно вычислять $\mu(k) = M\{x(k)\}$ и $D(k) = M\{[x(k) - \mu(k)][x(k) - \mu(k)]^T\}$. Диагональные элементы матрицы D являются дисперсиями возрастных составов населения территории.

Литература

1. Тихомиров Н. П. Демография. Методы анализа и прогнозирования. – М.: Эк-замен, 2005. – 256 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ПРОВОДНИКА С МАЛЫМИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОРАМИ

Ю. А. Попкова, В. Д. Власенко

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск

Численное решение задач с неоднородностями разностными методами требует специальных сеток для разрешения особенностей. Для этого необходимо использовать сетки, сгущающиеся в окрестности особенностей или достаточно мелкие сетки с шагом h и большим количеством точек. Первый вариант требует применения специальных алгоритмов, второй – соответствующей памяти компьютеров. В то же время проявления особенностей зачастую являются локальными, сосредоточенными в мелко-масштабных подобластях. Наличие областей сосредоточения неоднородностей позволяет ввести сетку с характерным размером $H \gg h$, узлы и ребра которой проходят по участкам относительной гладкости решения. При этом сетка размером H не позволит разрешить особенности при использовании обычных численных методов, но зато число ее узлов достаточно мало.

Для решения таких задач на сетках размером H предложен метод конечных суперэлементов (МКСЭ) [1 – 3].

Работа посвящена применению МКСЭ для расчета распределений электрического потенциала и плотности тока в проводящих объектах. Материал таких объектов содержит малые диэлектрические поры. Область, занятая проводником, составляет значительную величину по сравнению с областью, занятой порами.

Пространственная область представляет собой куб с гранями, параллельными координатным плоскостям. Выделим Ω , ω – подобласти, занятые проводящим материалом и порами в нем соответственно. Через $\partial\Omega$, $\partial\omega$ обозначим границы этих областей, $\partial\Omega_b$, $\partial\Omega_i$ – основания куба, $\partial\Omega_j$ – его боковую границу.

Целью решаемой задачи является определение эффективных характеристик: удельного электрического сопротивления ρ и удельной электрической проводимости σ пористого материала. Пусть проводящий материал, занимающий область Ω , обладает заданной проводимостью σ^0 и удельным сопротивлением $\rho^0 = 1/\sigma^0$.

Плотность электрического тока j в материале задается уравнением

$$\operatorname{div} j = 0, \quad (1)$$

выражающим закон сохранения полного заряда.

Электрическое поле потенциально и удовлетворяет уравнению

$$\operatorname{rot} E = 0. \quad (2)$$

Связь плотности тока j и напряженности поля E определяется свойствами вещества и выражается законом Ома

$$j = \sigma^0 E. \quad (3)$$

В однородном проводнике $\sigma^0 = \text{const}$, откуда $\text{div} E = 0$. Поэтому в нем потенциал электрического поля удовлетворяет уравнению Лапласа

$$-\nabla^2 \varphi(x) = 0, \quad x \in \Omega, \quad (4)$$

где

$$E(x) = -\nabla \varphi(x). \quad (5)$$

На границах раздела пор и проводника нормальные компоненты плотности тока и напряженности обращаются в нуль (из подобласти Ω):

$$j_n = 0 \text{ или } E_n = 0, \quad x \in \partial\omega. \quad (6)$$

Поставим задачу в области Ω . Применим МКСЭ к решению уравнения для определения потенциала φ :

$$-\nabla^2 \varphi(x) = 0 \text{ в } \Omega \in R^3, \quad (7)$$

с граничными условиями

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0 \text{ на } \partial\Omega_j, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0 \text{ на } \partial\Omega \cap \partial\omega, \quad \varphi = 1 \text{ на } \partial\Omega_i, \quad \varphi = 0 \text{ на } \partial\Omega_b. \quad (8)$$

При этом считаем, что ток через боковую границу куба $\partial\Omega_j$ не вытекает. На нижней по x_3 границе $\partial\Omega_i$ считаем заданным единичный потенциал, на верхней по x_3 границе $\partial\Omega_b$ – нулевой.

В области ω потенциал электрического поля также удовлетворяет уравнению Лапласа (7):

$$-\nabla^2 \varphi(x) = 0, \quad x \in \omega.$$

Для однозначного определения потенциала в диэлектрической подобласти необходимо добавить условие непрерывности потенциала при переходе через границу поры. Потенциал на границе проводника определяется из решения задачи (7–8).

В соответствии с МКСЭ расчетная область разбита на K_E подобластей – суперэлементов. Подобласти пор в материале расположены строго внутри суперэлементов. Потенциал φ внутри суперэлемента может быть найден в виде линейной комбинации некоторого числа базисных функций Φ_i :

$$\varphi(x) = \sum_{i=1}^n a_i \Phi_i(x),$$

где a_i – неизвестные коэффициенты разложения.

Базисные функции являются решениями рассматриваемой системы уравнений внутри суперэлемента, а на его внешней границе совпадают с некоторыми функциями $\varphi_i(x)$:

$$-\nabla^2 \Phi_i(x) = 0, \quad \forall x \in \Omega_k, \quad \Phi_i(x) \Big|_{x \in \partial\Omega_k} = \varphi_i(x) \Big|_{x \in \partial\Omega_k}.$$

С узлов на каждую грань суперэлемента граничные базисные функции продолжены одним из следующих способов:

- линейная конечно-элементная интерполяция на треугольниках;
- квадратичная конечно-элементная интерполяция на треугольниках;
- сокращенная кубическая интерполяция на треугольниках.

Соответствующее число и расположение узлов на каждой из граней показано на рис. 1 – 3. Число таких треугольников может быть различным.

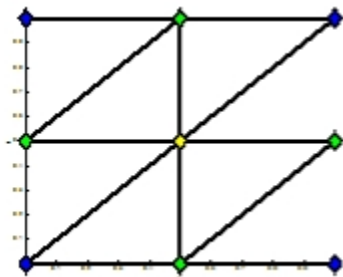


Рис. 1. Линейная интерполяция на 8 треугольниках на грани суперэлемента

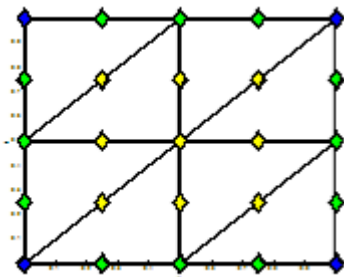


Рис. 2. Квадратичная интерполяция на 8 треугольниках на грани суперэлемента

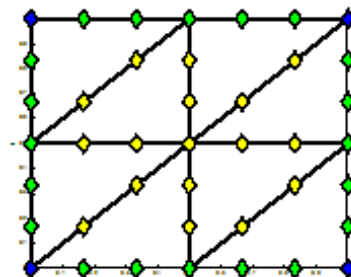


Рис. 3. Кубическая интерполяция на 8 треугольниках на грани суперэлемента

Узловые значения a_i определяются из уравнений метода Бубнова-Галеркина в определенном пространстве функций, удовлетворяющих заданной системе уравнений в каждом из суперэлементов в отдельности

$$\int_{\Omega} \nabla \varphi_i(x) \cdot \nabla \Phi_j(x) d\Omega = 0, \forall \Phi_j,$$

соответствующая система линейных алгебраических уравнений имеет вид

$$\sum_{i=1}^n a_i (\nabla \Phi_i, \nabla \Phi_j) = 0, \forall \Phi_j.$$

Были выполнены расчеты для различных распределений и размеров пор в области. При этом были использованы различные разбиения области на суперэлементы, шаги расчетной сетки, типы граничной интерполяции МКСЭ, разные значения проводимости материала.

Результаты расчетов показывают, что при изменении способа граничной интерполяции МКСЭ, а также числа треугольников, на которых она проведена величина σ также практически не меняется. Это связано с достаточной гладкостью решения в окрестностях границ суперэлементного разбиения.

Различные способы граничной интерполяции МКСЭ требуют конечного числа суперэлементных узлов в области Ω . Их число совпадает с числом искомых параметров решения.

Литература

1. Страховская Л. Г., Федоренко Р. П. Об одном варианте метода конечных элементов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1979. – Т. 19, № 4. – С. 950–960.

2. Галанин М. П., Савенков Е. Б. Метод конечных суперэлементов в задачах математической физики в неоднородных областях // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2005. – № 3. – С. 34–49.

3. Галанин М. П., Савенков Е. Б. Совместное использование метода конечных элементов и метода конечных суперэлементов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2006. – Т. 46, № 2. – С. 270–283.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ БАРОТРОПНЫХ ТЕЧЕНИЙ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ ВЯЗКИХ СЖИМАЕМЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Д. А. Прокудин, О. С. Трофимова

Кемеровский государственный университет

Рассмотрим систему уравнений одномерного движения двухкомпонентных смесей вязких сжимаемых жидкостей [1, 2]:

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_i u_i) = 0, \quad (x, t) \in \Omega \times [0; T], \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

$$\rho_i \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho_i u_i \frac{\partial u_i}{\partial x} + \frac{\partial p_i}{\partial x} = \nu_i \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} + (-1)^{i+1} a(u_2 - u_1), \quad (x, t) \in \Omega \times [0; T], \quad i = 1, 2,$$

где $\nu_i, a, T = \text{const} > 0$, $p_i = \rho_i^\gamma$, $\gamma = \text{const} > 1$, $i = 1, 2$, $\Omega = \{x \in R: 0 < x < 1\}$.

Для системы (1) поставим задачу Коши: в цилиндре $\Omega \times (0; T)$ ищется решение (ρ, u) , $\rho = (\rho_1, \rho_2)$, $u = (u_1, u_2)$, удовлетворяющее системе (1), периодическое (с единичным периодом) по переменной x и удовлетворяющее следующим начальным данным:

$$\rho_i|_{t=0} = \rho_i^0(x), \quad u_i|_{t=0} = u_i^0(x), \quad x \in \Omega, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

где $\rho_i^0(x)$, $i = 1, 2$ – строго положительные и ограниченные функции и $\rho_i^0(x)$, $u_i^0(x)$, $i = 1, 2$ – периодические (с единичным периодом) по пространственной переменной x функции.

Целью данной работы является численное решение сформулированной выше задачи.

Алгоритм численного решения задачи (1)–(2) основывается на идее расщепления (слабой аппроксимации) [3] уравнений (1) по физическим процессам, т.е. расчет каждого целого шага производится в три этапа. Сначала учитываются те члены системы уравнений (1), которые определяют вязкостные свойства среды, а затем на втором и третьем этапах происходит перерасчет полученных параметров, обусловленных влиянием давлений i -х составляющих смеси и обмена импульсом между компонентами смеси соответственно. Другими словами, на каждом целом шаге $[n\tau, n\tau + \tau]$, $n = 0, \dots, N-1$, $N\tau = T$ (N – целое) системе уравнений (1) поставляются следующие системы:

$$\begin{cases} \frac{1}{3} \frac{\partial Q_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial Q_i}{\partial x} = 0, & i=1,2, \\ \frac{1}{3} R(Q_i) \frac{\partial u_i}{\partial t} + R(Q_i) u_i \frac{\partial u_i}{\partial x} = v_i R_1(Q_i) \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2}, & i=1,2, \\ n\tau < t \leq n\tau + \frac{\tau}{3}, \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \frac{1}{3} \frac{\partial Q_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i}{\partial x} = 0, & i=1,2, \\ \frac{1}{3} R(Q_i) \frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x} = 0, & i=1,2, \\ n\tau + \frac{\tau}{3} < t \leq n\tau + \frac{2\tau}{3}, \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{1}{3} \frac{\partial Q_i}{\partial t} = 0, & i=1,2, \\ \frac{1}{3} R(Q_i) \frac{\partial u_i}{\partial t} = R_1(Q_i) (-1)^{i+1} a(u_2 - u_1), & i=1,2, \\ n\tau + \frac{2\tau}{3} < t \leq n\tau + \tau. \end{cases}$$

Здесь

$$Q_i, u_i, Q_i = \ln \rho_i, R(Q_i) = c^{-2} (e^{Q_i}), c^2(\rho_i) = \frac{\partial p_i}{\partial \rho_i}, R_1(Q_i) = R(Q_i) e^{-Q_i}, i=1,2.$$

Поскольку расщепленная задача доставляет приближенное решение задачи (1), то мы линеаризуем системы (3) в пределах каждого расчетного шага $[n\tau, n\tau + \tau]$, сопоставив тем самым задаче (1) следующую задачу (индекс τ у функций опущен):

$$\begin{cases} \frac{1}{3} \frac{\partial Q_i}{\partial t} + u_i^n \frac{\partial Q_i}{\partial x} = 0, & i=1,2, \\ \frac{1}{3} R(Q_i^n) \frac{\partial u_i}{\partial t} + R(Q_i^n) u_i^n \frac{\partial u_i}{\partial x} = v_i R_1(Q_i^n) \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2}, & i=1,2, \\ n\tau < t \leq n\tau + \frac{\tau}{3}, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{1}{3} \frac{\partial Q_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i}{\partial x} = 0, & i=1,2, \\ \frac{1}{3} R(Q_i^{n+\frac{1}{3}}) \frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x} = 0, & i=1,2, \\ n\tau + \frac{\tau}{3} < t \leq n\tau + \frac{2\tau}{3}, \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{1}{3} \frac{\partial Q_i}{\partial t} = 0, & i=1,2, \\ \frac{1}{3} R(Q_i^{n+\frac{2}{3}}) \frac{\partial u_i}{\partial t} = \\ = R_1(Q_i^{n+\frac{2}{3}}) (-1)^{i+1} a(u_2 - u_1), & i=1,2, \\ n\tau + \frac{2\tau}{3} < t \leq n\tau + \tau, \end{cases}$$

$$Q_i|_{t=0} = \ln \rho_i^0, u_i|_{t=0} = u_i^0, \quad i=1,2.$$

Здесь

$$Q_i^n = Q_i|_{t=n\tau}, \quad u_i^n = u_i|_{t=n\tau}, \quad i=1,2.$$

Задаче (1) сопоставим следующую разностную задачу, ассоциированную с расщепленной задачей (4).

В области $\Omega_h \times W^\tau$, $\Omega_h = \{x_i = ih : i = 1, \dots, M-1, hM = 1\}$,
 $W^\tau = \{t^n = n\tau : n = 1, \dots, N-1, N\tau = T\}$ ищутся сеточные функции
 $Q_i = Q_i^{h,\tau}$, $u_i = u_i^{h,\tau}$, $i = 1, 2$ такие, что:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{3} \frac{Q_i^{j,n+\frac{1}{3}} - Q_i^{j,n}}{\Delta} + u_i^{j,n} \frac{Q_i^{j+1,n+\frac{1}{3}} - Q_i^{j-1,n+\frac{1}{3}}}{2h} = \frac{\alpha}{3} \frac{Q_i^{j+1,n+\frac{1}{3}} - 2Q_i^{j,n+\frac{1}{3}} + Q_i^{j-1,n+\frac{1}{3}}}{h}, \quad i = 1, 2, \\ & \frac{1}{3} R(Q_i^{j,n}) \frac{u_i^{j,n+\frac{1}{3}} - u_i^{j,n}}{\Delta} + R(Q_i^{j,n}) u_i^{j,n} \frac{u_i^{j+1,n+\frac{1}{3}} - u_i^{j-1,n+\frac{1}{3}}}{2h} = \\ & = v_i R_1(Q_i^{j,n}) \frac{u_i^{j+1,n+\frac{1}{3}} - 2u_i^{j,n+\frac{1}{3}} + u_i^{j-1,n+\frac{1}{3}}}{h^2}, \quad i = 1, 2, \\ & j = 1, \dots, M-1, \\ & \frac{1}{3} \frac{Q_i^{j,n+\frac{2}{3}} - Q_i^{j,n+\frac{1}{3}}}{\Delta} + \frac{u_i^{j,n+\frac{2}{3}} - u_i^{j,n+\frac{1}{3}}}{2h} = \frac{\gamma}{3} \frac{Q_i^{j+1,n+\frac{2}{3}} - 2Q_i^{j,n+\frac{2}{3}} + Q_i^{j-1,n+\frac{2}{3}}}{h}, \quad i = 1, 2, \\ & \frac{1}{3} R(Q_i^{j,n+\frac{1}{3}}) \frac{u_i^{j,n+\frac{2}{3}} - u_i^{j,n+\frac{1}{3}}}{\Delta} + \frac{Q_i^{j,n+\frac{2}{3}} - Q_i^{j,n+\frac{1}{3}}}{2h} = \\ & = \frac{\gamma}{3} R(Q_i^{j,n+\frac{1}{3}}) \frac{u_i^{j+1,n+\frac{2}{3}} - 2u_i^{j,n+\frac{2}{3}} + u_i^{j-1,n+\frac{2}{3}}}{h}, \quad i = 1, 2, \\ & j = 1, \dots, M-1, \\ & \frac{1}{3} \frac{Q_i^{j,n+1} - Q_i^{j,n+\frac{2}{3}}}{\Delta} = 0, \quad i = 1, 2, \\ & \frac{1}{3} R(Q_i^{j,n+\frac{2}{3}}) \frac{u_i^{j,n+1} - u_i^{j,n+\frac{2}{3}}}{\Delta} = R_1(Q_i^{j,n+\frac{2}{3}}) (-1)^{i+1} a(u_2^{j,n+1} - u_1^{j,n+1}), \quad i = 1, 2, \\ & j = 1, \dots, M-1, \\ & n = 0, \dots, N-1. \end{aligned} \right.$$

К этим уравнениям присоединим начальные условия:

$$Q_i^{j,0} = \ln(\rho_i^0)^j, \quad u_i^{j,0} = (u_i^0)^j, \quad j = 0, \dots, M, \quad i = 1, 2,$$

В настоящей работе проведена реализация сформулированной выше конечно-разностной схемы.

Литература

1. Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред. – М.: Наука, 1987.
2. Rajagopal K. R., Tao L. Mechanics of mixtures. – London: World Scientific Publishing, 1995.

3. Кучер Н. А. Метод слабой аппроксимации и анализ схем расщепления в газовой динамике. – Кемерово, 1997.
4. Самарский А. А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977.

БЕССЕТОЧНЫЙ МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПРЕГРАДОЙ

Т. С. Рейн, В. Н. Кленче

Кемеровский государственный университет

Распространение подводных гравитационных течений и их взаимодействие с подводными сооружениями и трубопроводами представляет собой актуальную задачу газо- и нефтедобычи. Исследование данной тематики носит фундаментальный характер. Современные газо- и нефтедобывающие комплексы зачастую располагаются в шельфовой зоне на значительном удалении от берега, вследствие чего подводные трубопроводы и линии коммуникаций подвержены опасному влиянию гравитационных и взвесенесущих течений. Подобные течения формируются, когда более «тяжелая» жидкость (преимущественно в горизонтальном направлении) распространяется внутрь более легкой жидкости. Последние экспериментальные исследования показали, что проблемы взаимодействия гравитационных течений с подводными структурами принципиально отличаются от хорошо изученных задач, в которых течения с постоянной плотностью взаимодействуют с твердыми телами.

В настоящей работе представлено исследование взаимодействия гравитационного (плотностного) течения с вертикальными препятствиями. Подобные задачи имеют большую актуальность в приложениях. Примерами таких течений являются: снежные лавины, сели, пирокластические потоки, возникающие при извержениях вулканов, подводные переносящие взвеси течения, возникающие при перемещениях осадочных пород на наклонном дне. Многочисленные примеры техногенных катастроф, вызванных плотностными течениями, приведены в монографии [1].

Можно отметить, что задаче о накате гравитационного потока на прибрежные и донные конструкции посвящено сравнительно небольшое количество фундаментальных исследований. В работе [2] проводится теоретическое исследование перелива жидкости через препятствия; численное моделирование взаимодействия гравитационного течения с прямоугольным препятствием на дне канала выполнено авторами [3], там же проведено сопоставление с результатами [4]. Экспериментальные результаты сформировали некоторое представление о качественном характере эффектов, наблюдаемых при взаимодействии гравитационного течения с донными преградами (в частности, круговыми цилиндрами, моделирующими трубопроводы, расположенные на морском дне), но их сложно использовать для количественного сопоставления с расчетами. Кроме того, численное моделирование выявило наличие ряда новых динамических эффектов,

для исследования которых необходимо проведение дополнительных расчетов.

В силу значительных деформаций свободных границ и границ раздела, а также возможного взаимного перемешивания слоев жидкости применение для обозначенных классов задач классических методов математического моделирования, таких как методов конечных и граничных элементов, не представляется возможным. Появление новых численных методик, базирующихся на способах построения функций формы, не нуждающихся в информации об узловой связности (сетке, покрывающей расчетную область), позволило как усовершенствовать классические методы математического моделирования, так и построить ряд новых методов, объединенных названием бессеточные. В данной работе для моделирования процессов взаимодействия жидкости с преградами, сопровождающихся нарушением связности расчетной области, используется бессеточный метод конечных элементов (Meshless Finite Element Method), который был адаптирован для численного моделирования динамики несжимаемой вязкой жидкости, включающего этапы сильно нелинейного поведения течения с образованием многосвязной расчетной области [5]. Характерной чертой метода является возможность с высокой степенью точности численно определять поле давления, которое необходимо для расчета гидродинамических нагрузок. Для устранения нефизических осцилляций функции давления в работе используется метод конечных приращений. Для аппроксимации функции давления используются линейные базисные функции (функции формы расширенной интерполяции Лапласа), а для аппроксимации функции скорости – квадратичные базисные функции (функции формы Сибсона) [6].

Выпишем постановку задачи. Пусть в некоторой области течения D происходит движение ньютоновской вязкой несжимаемой жидкости, описываемое системой уравнений Навье-Стокса (1)–(2).

$$\rho \frac{Du_i}{Dt} = -\frac{\partial}{\partial x_i} p + \frac{\partial}{\partial x_j} \tau_{ij} + \rho f_i, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0. \quad (2)$$

Так как жидкость вязкая, то на твердых стенках выполняется условие прилипания:

$$u_i = \tilde{u}_i, \quad i = \overline{1, 2}. \quad (3)$$

На свободной границе заданы плотности поверхностных сил

$$\bar{p}_n = \tau_{ij} n_j - p n_i = \tilde{\sigma}_{ni}, \quad (4)$$

здесь n_i, n_j – компоненты вектора внешней нормали к свободной границе.

Для нестационарной задачи необходимо также задать начальное положение свободной границы и распределение неизвестных функций во всей области течения:

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{u}^0(\mathbf{x}), \quad p(\mathbf{x}, 0) = p^0(\mathbf{x}). \quad (5)$$

В работе рассматривается задача об обрушении столба «тяжелой» жидкости с большей плотностью в горизонтальном направлении внутрь более легкой жидкости с меньшей плотностью (рис. 1). Представлено сравнение полученных значений гидродинамических нагрузок на вертикальные стенки расчетной области с экспериментальными данными.

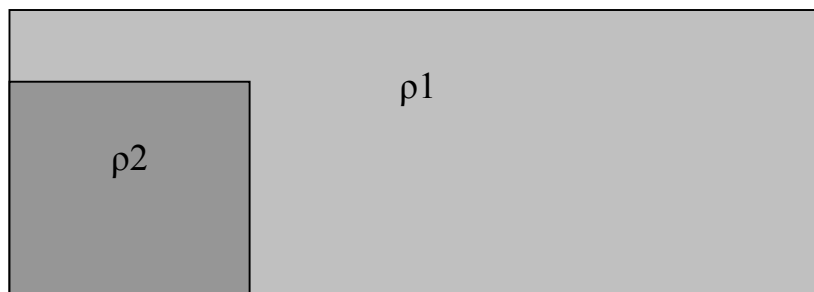


Рис. 1. Расчетная область

Литература

1. Simpson J. E. Gravity currents: In the environment and the Laboratory. – Cambridge University Press, 1997.
2. Lane-Serff G. F., Beal L. M., Hadfield T. D. Gravity current flow over obstacles // J. Fluid Mech. – 1995. – V. 292. – P. 39–53.
3. Gonzales-Juez E., Meiburg E., Constantinescu G. Gravity currents impinging on bottom-mounted square cylinders: flow fields and associated forces // J. Fluid mech. – 2009. – V. 631. – P. 65–102.
4. Ermanyuk E. V., Gavrilov N. V. On internal waves generated by large-amplitude circular and rectilinear oscillations of a circular cylinder in a uniformly stratified fluid // J. Fluid Mech. – 2008. – V. 613. – P. 329–356.
4. Onate E. A stabilized finite element method for incompressible viscous flows using a finite increment calculus formulation // Comput. Meth. Appl. Mech. Eng. – 2000. – Vol. 182, №1–2. – P. 355–370.
5. Шокин, Ю. И. Метод дифференциального приближения. – Новосибирск: Наука, 1979. – 224 с.
5. Афанасьев К. Е., Рейн Т. С. Моделирование задач гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости со свободными границами бессеточным методом естественных соседей // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13, № 4. – С. 7–24.
6. Беликов В. В., Иванов В. Д., Конторович В. К., Корытник С. А., Семенов А. Ю. Несибсоновская интерполяция – новый метод интерполяции значений функции на произвольной системе точек // Вычислительная математика и математическая физика. – 1997. – Т. 37, №1. – С. 11–17.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ $MMP^{(2)}|GI|_{\infty}$ МЕТОДОМ ПРОСЕЯННОГО ПОТОКА

Е. С. Ронжина, И. А. Ивановская

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Пусть на вход системы обслуживания поступает MMP -поток [2] сдвоенных заявок, то есть в момент наступления события в рассматриваемом потоке в систему одновременно поступают две заявки. Будем считать, что MMP -поток определяется эргодической цепью Маркова $k(t)$, заданной матрицей Q – её инфинитезимальных характеристик $q_{k_1 k_2}$, набором неотрицательных величин $\lambda_k \geq 0$.

Дисциплина обслуживания определяется тем, что одна из этих заявок поступает в первый, а другая вторая – во второй блоки обслуживания и занимает любой из свободных приборов, на котором выполняется ее обслуживание. Продолжительности обслуживания различных заявок стохастически независимы и одинаково распределены для всех приборов соответствующего блока. Пусть $B_1(x), B_2(x)$ – функции распределения времени обслуживания для первого и второго блоков соответственно.

Обозначим $i_1(t), i_2(t)$ – число приборов, занятых в момент времени t в первом или втором, соответственно, блоке обслуживания, а стационарное распределение вероятностей значений процесса $\{i_1(t), i_2(t)\}$ обозначим

$$P(i_1, i_2) = P\{i_1(t) = i_1, i_2(t) = i_2\}.$$

Для рассматриваемой системы ни двумерный случайный процесс $\{i_1(t), i_2(t)\}$ изменения во времени состояний системы, ни трехмерный случайный процесс $\{k(t), i_1(t), i_2(t)\}$ не являются марковскими.

Для исследования рассматриваемой системы $MMP^{(2)}|GI|_{\infty}$ применим метод просеянного потока [4]. Предлагаемый метод позволяет проблеме исследования немарковской системы обслуживания с неограниченным числом приборов свести к задаче анализа нестационарного марковизуемого потока.

На оси времени t отметим моменты наступления событий этого потока. Выделим некоторый момент времени t_1 . Пусть $t_1 = 0$. Будем полагать, что заявки входящего потока, поступившие в систему в момент времени $t < t_1 = 0$, формируют события двумерного просеянного потока с вероятностями $S_1(t) = 1 - B_1(-t)$, $S_2(t) = 1 - B_2(-t)$, а с вероятностью $1 - S_1(t)$ и $1 - S_2(t)$ не рассматриваются.

Обозначим $\{n_1(t), n_2(t)\}$ – двумерный процесс, компоненты которого характеризуют число событий просеянных потоков, наступивших до момента времени t .

Если в некоторый начальный момент времени $t_0 < t_1$ система обслуживания свободна, то есть в ней нет обслуживаемых заявок, то для момента времени t_1 выполняется равенство

$$i_1(t_1) = n_1(t_1), i_2(t_1) = n_2(t_1), \quad (1)$$

то есть число $i_k(t_1)$ приборов, занятых в k -м блоке обслуживания рассматриваемой системы обслуживания, равно числу $n_k(t_1)$ событий просеянного потока, наступивших до момента времени t_1 .

Для рассматриваемой системы трехмерный случайный процесс $\{k(t), n_1(t), n_2(t)\}$ является нестационарной двумерной цепью Маркова, для исследования которой естественно воспользоваться теорией марковских цепей. Здесь $k(t)$ – значения цепи Маркова, управляющей входящим ММР-поток, а $n(t)$ – число событий просеянного потока, наступивших до момента времени t .

Для распределения вероятностей

$$P(k, n_1, n_2, t) = P\{k(t) = k, n_1(t) = n_1, n_2(t) = n_2\}$$

по формуле полной вероятности запишем следующее равенство:

$$\begin{aligned} P(k, n_1, n_2, t + \Delta t) = & P(k, n_1, n_2, t)(1 - \lambda_k \Delta t)(1 + q_{kk} \Delta t) + P(k, n_1 - 1, n_2 - 1, t) \lambda_k \Delta t S_1(t) \cdot \\ & \cdot S_2(t) + P(k, n_1 - 1, n_2, t) \lambda_k \Delta t S_1(t)(1 - S_2(t)) + P(k, n_1, n_2 - 1, t) \lambda_k \Delta t S_2(t)(1 - S_1(t)) + \\ & + P(k, n_1, n_2, t) \lambda_k \Delta t (1 - S_1(t))(1 - S_2(t)) + \sum_v P(v, n_1, n_2, t) q_{vk} \Delta t + o(\Delta t). \end{aligned}$$

Далее запишем систему дифференциальных уравнений Колмогорова [3]

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(k, n_1, n_2, t)}{\partial t} = & (-\lambda_k + q_{kk})P(k, n_1, n_2, t) + \lambda_k S_1(t) S_2(t) P(k, n_1 - 1, n_2 - 1, t) + \\ & + [P(k, n_1 - 1, n_2, t) S_1(t)(1 - S_2(t)) + P(k, n_1, n_2 - 1, t)(1 - S_1(t)) S_2(t)] \lambda_k + \\ & + \lambda_k (1 - S_1(t))(1 - S_2(t)) P(k, n_1, n_2, t) + \sum_{v \neq k} P(v, n_1, n_2, t) q_{vk}. \end{aligned} \quad (2)$$

Начальное условие для решения $P(k, n_1, n_2, t)$ в момент времени t_0 определим равенством

$$P(k, n_1, n_2, t_0) = \begin{cases} R(k), & \text{если } n_1, n_2 = 0, \\ 0, & \text{если } n_1, n_2 > 0. \end{cases}$$

Обозначив

$$H(k, u, w, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} e^{jun_1} e^{iwn_2} P(k, n_1, n_2, t) = R(k) M \{ e^{jun_1(t)} e^{iwn_2(t)} | k(t) = k \} \quad (3)$$

$$H(k, u, w, t_0) = R(k),$$

получаем следующую задачу Коши:

$$\begin{aligned} \frac{\partial H(k, u, w, t)}{\partial t} = & \lambda_k [S_1(t)(e^{ju} - 1) + S_2(t)(e^{jw} - 1) + \\ & + (e^{ju} - 1)(e^{jw} - 1) S_1(t) S_2(t)] \cdot H(k, u, w, t) + \sum_v H(v, u, w, t) q_{vk}. \end{aligned} \quad (4)$$

Систему (4) запишем в матричной форме, обозначив вектор-строку $H(u, w, t) = \{H(1, u, w, t), H(2, u, w, t), \dots\}$,

получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial H(u, w, t)}{\partial t} = \\ = H(u, w, t) \left[Q + (S_1(t)(e^{ju} - 1) + S_2(t)(e^{jw} - 1) + (e^{ju} - 1)(e^{jw} - 1)S_1(t)S_2(t)) \right] \Lambda, \\ H(u, w, t_0) = R. \end{aligned} \quad (5)$$

Решив эту задачу, найдём функцию $H(u, w, t)$. Тогда, принимая во внимание равенство (3), характеристическую функцию величины $n(t)$ определим в виде

$$Me^{jun_1(t)} e^{jwn_2(t)} = H(u, t)E. \quad (6)$$

Полагая $t = t_1 = 0$, в силу равенства (1), характеристическая функция стационарного распределения вероятностей $\Pi(i_1, i_2)$ числа приборов, занятых в каждом блоке системы $MMP^{(2)}|GI|_\infty$, будет иметь следующий вид:

$$h(u) = Me^{jun_1(t)} e^{jwn_2(t)} = H(u, 0)E, \quad (7)$$

что позволяет найти все вероятностно-временные характеристики системы обслуживания $MMP^{(2)}|GI|_\infty$.

Уравнение (4), определяющее характеристики системы $MMP^{(2)}|GI|_\infty$, предлагается решать в асимптотическом условии растущего времени, полагая, что среднее значение времени обслуживания $b \rightarrow \infty$.

Литература

1. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: КомКнига, 2005. – 408 с.
2. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 228 с.
3. Назаров А. А., А.Ф. Терпугов А. Ф. Теория вероятностей и случайных процессов. Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.
4. Назаров А. А., Моисеева С. П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 112 с.

Работа выполнена при поддержке АБЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ИССЛЕДОВАНИЕ n -ФАЗНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С НЕОГРАНИЧЕННЫМ ЧИСЛОМ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ПРИБОРОВ И ПРОИЗВОЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

М. В. Санникова, И. Р. Гарайшина

Филиал Кемеровского государственного университета

в г. Анжеро-Судженске

Рассмотрим n -фазную систему массового обслуживания (СМО) с неограниченным числом обслуживающих приборов [1], на вход которой поступает простейший поток заявок с параметром λ . Поступившая заявка занимает одну из свободных линий, последовательно выполняя обслуживание, начиная с первой фазы. Линия считается занятой, если занята одна из её фаз. Завершив обслуживание на k -й фазе ($k = \overline{1, n-1}$), заявка с вероятностью $1-r_k$ покидает систему, а с вероятностью r_k переходит на следующую фазу для продолжения обслуживания. Завершив обслуживание на n -ой фазе, заявка покидает систему. Продолжительности фаз обслуживания стохастически независимы друг от друга.

Считаем, что время обслуживания на k -м приборе ($k = \overline{1, n}$) имеет произвольную функцию распределения $B_k(x)$.

Поставим задачу нахождения распределения числа заявок, находящихся на обслуживании в рассматриваемой системе.

Разделим входящий поток на N независимых простейших потоков с параметром $\frac{\lambda}{N}$. Заявки каждого потока направляются для обслуживания в СМО на свободную линию. Таким образом, получаем совокупность N однолинейных n -фазных систем массового обслуживания, на вход которых поступает простейший поток с параметром $\frac{\lambda}{N}$. Заявка, заставшая линию занятой, теряется, но при $N \rightarrow \infty$ вероятность отказа в постановке заявки на обслуживание стремится к нулю.

Введем следующие обозначения:

$k(t)$ – состояние прибора, при этом

$$k(t) = \begin{cases} 0 - \text{линия свободна,} \\ i - \text{линия занята, заявка находится на } i\text{-й фазе} \\ \text{обслуживания, } i = \overline{1, n}, \end{cases}$$

$z(t)$ – длина интервала от текущего момента времени t до момента окончания текущего обслуживания, если линия занята.

Определим вероятности для описания процесса обслуживания.

$P(0, t, N)$ – вероятность того, что однолинейная система пуста,

$P(k, z, t, N)$ – вероятность того, что линия занята, заявка находится на k -й фазе обслуживания и до конца обслуживания остается времени меньше z .

Составим Δt -методом прямую систему дифференциальных уравнений Колмогорова [2]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial P(0, t, N)}{\partial t} &= -\frac{\lambda}{N} P(0, t, N) + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{\partial P(k, 0, t, N)}{\partial z} (1 - r_k) + \frac{\partial P(n, 0, t, N)}{\partial z}, \\ \frac{\partial P(1, z, t, N)}{\partial t} &= \frac{\partial P(1, z, t, N)}{\partial z} - \frac{\partial P(1, 0, t, N)}{\partial z} + P(0, t, N) \frac{\lambda}{N} B_1(z), \\ \frac{\partial P(k, z, t, N)}{\partial t} &= \frac{\partial P(k, z, t, N)}{\partial z} - \frac{\partial P(k, 0, t, N)}{\partial z} + \frac{\partial P(k-1, 0, t, N)}{\partial z} r_{k-1} B_k(z).\end{aligned}\quad (1)$$

Решение указанной системы будем искать в виде:

$$\begin{aligned}P(0, t, N) &= 1 - \frac{1}{N} F(0, t) + o(N^{-2}), \\ P(1, z, t, N) &= \frac{1}{N} F(1, z, t) + o(N^{-2}), \\ P(k, z, t, N) &= \frac{1}{N} F(k, z, t) + o(N^{-2}).\end{aligned}\quad (2)$$

Подставив предложенный вид решения в систему (1) и выполнив замену $\frac{\partial F(k, 0, t)}{\partial z} = h_k(t)$, ($k = \overline{1, n}$), получим:

$$\begin{aligned}\frac{\partial F(0, t)}{\partial t} &= \lambda - \sum_{k=1}^{n-1} h_k(t) (1 - r_k) - h_n(t), \\ \frac{\partial F(1, z, t)}{\partial t} &= \frac{\partial F(1, z, t)}{\partial z} - h_1(t) + \lambda B_1(z), \\ \frac{\partial F(k, z, t)}{\partial t} &= \frac{\partial F(k, z, t)}{\partial z} - h_k(t) + h_{k-1}(t) \cdot r_{k-1} B_k(z), \quad k = \overline{2, n}.\end{aligned}\quad (3)$$

Найдем решение системы (3). Из первого уравнения получим выражение для $F(0, t)$:

$$F(0, t) = \lambda t - \sum_{k=1}^{n-1} (1 - r_k) \int_0^t h_k(s) ds - \int_0^t h_n(s) ds. \quad (4)$$

Решение дифференциального уравнения в частных производных первого порядка для $F(1, z, t)$ определяется решением системы обыкновенных дифференциальных уравнений [3]:

$$\frac{dt}{1} = \frac{dz}{-1} = \frac{dF(1, z, t)}{-h_1(t) + \lambda B_1(z)}.$$

Первый интеграл получаем из первого соотношения:

$$\frac{dt}{1} = \frac{dz}{-1}, \quad z = C_1 - t.$$

Другой первый интеграл получим из равенства

$$\frac{dt}{1} = \frac{dF(1, z, t)}{-h_1(t) + \lambda B_1(z)},$$

откуда

$$F(1, z, t) = -\int_0^t h_1(s) ds + \lambda \int_0^t B_1(t + z - s) ds + C_2.$$

Для нахождения частного решения полученного уравнения необходимо задать начальные условия. Считаем, что в начальный момент времени система была пуста, тогда $P(0, 0, N) = 1, F(0, 0) = 0, F(k, z, 0) = 0$, следовательно, $F(1, z, 0) = C_2 = 0$, тогда

$$F(1, z, t) = -\int_0^t h_1(s) ds + \lambda \int_0^t B_1(t + z - s) ds. \quad (6)$$

Равенство (6) позволяет определить вид функции $h_1(t)$:

$$h_1(t) = \left. \frac{\partial F(1, z, t)}{\partial z} \right|_{z=0} = \lambda B_1(t). \quad (7)$$

Аналогично находим выражения для $F(k, z, t)$. Так как уравнение для $F(k, z, t)$ системы (3) является уравнением в частных производных, то для его решения запишем следующую систему уравнений:

$$\frac{dt}{1} = \frac{dz}{-1} = \frac{dF(k, z, t)}{-h_k(t) + h_{k-1}(t) \cdot r_{k-1} B_k(z)}.$$

Первый интеграл аналогичен первому интегралу для $F(1, z, t)$:

$$t + z = C_1.$$

Другой первый интеграл

$$F(k, z, t) = -\int_0^t h_k(s) ds + r_{k-1} \int_0^t h_{k-1}(s) B_k(t + z - s) ds + C_2.$$

Воспользовавшись заданными начальными условиями, получаем, что $C_2 = 0$ и

$$F(k, z, t) = -\int_0^t h_k(s) ds + r_{k-1} \int_0^t h_{k-1}(s) B_k(t + z - s) ds. \quad (8)$$

Дифференцируя полученное уравнение по z в нуле, получаем

$$h_k(t) = r_{k-1} \int_0^t h_{k-1}(s) \beta_k(t - s) ds, \quad (9)$$

где $\beta_k(t - s) = \left. \frac{\partial B_k(t + z - s)}{\partial z} \right|_{z=0}$, $k = \overline{2, n}$.

Равенства (4), (6), (8) с учетом (7), (9) определяют решение системы (3), а также, принимая во внимание (2), и решение системы (1) для вероятностей пребывания однолинейной системы в рассматриваемых выше состояниях.

Рассмотрим теперь исходную n -фазную СМО с неограниченным числом обслуживающих приборов.

Найдём производящую функцию числа занятых приборов в указанной СМО.

Для однолинейной системы имеем

$$H(x_1, x_2, \dots, x_n, t, N) = M(x_1^{v_1} x_2^{v_2} \dots x_n^{v_n}) = \\ = P(0, t, N) + x_1 P(1, t, z, N) + \dots + x_n P(n, t, z, N),$$

где v_k – число заявок, находящихся на обслуживании на k -й фазе.

Тогда для исходной системы получаем:

$$H(x_1, \dots, x_n, t) = \lim_{N \rightarrow \infty} (P(0, t, N) + x_1 P(1, z, t, N) + \dots + x_n P(n, z, t, N))^N.$$

Учитывая (2), при $z \rightarrow \infty$ получаем

$$H(x_1, \dots, x_n, t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{N} (-F(0, t) + x_1 F(1, t) + \dots + x_n F(n, t)) \right)^N.$$

Окончательно получаем, что производящая функция имеет вид

$$H(x_1, \dots, x_n, t) = \exp((x_1 - 1)F(1, t) + \dots + (x_n - 1)F(n, t)) = \prod_{k=1}^n \exp((x_k - 1)F(k, t)).$$

В случае двух обслуживающих приборов и экспоненциального распределения времени обслуживания ($B_k(x) = 1 - e^{-\mu_k x}$, $k = 1, 2$) производящая функция принимает вид

$$H(x_1, x_2, t) = \exp\left((x_1 - 1) \frac{\lambda}{\mu_1} (1 - e^{-\mu_1 t})\right) \exp\left((x_2 - 1) \frac{\lambda r_1}{\mu_2 - \mu_1} \left(1 - e^{-\mu_1 t} - \frac{\mu_1}{\mu_2} (1 - e^{-\mu_2 t})\right)\right),$$

Полученное выражение для производящей функции совпадает с результатом, приведённым в [4] при исследовании двухфазной бесконечнолинейной СМО с экспоненциальным распределением времени обслуживания.

Таким образом, в работе проведено исследование n -фазной СМО с неограниченным числом обслуживающих приборов с использованием метода предельной декомпозиции [5]. Получено выражение для производящей функции числа заявок, находящихся на обслуживании в системе. Показано, что полученные результаты согласуются с полученными ранее для случая экспоненциального распределения времени обслуживания.

Литература

1. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория массового обслуживания: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – 225 с.
2. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория вероятностей и случайных процессов: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.
3. Эльсгольц Л. Е. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
4. Гарайшина И. Р. Исследование математических моделей процессов государственного пенсионного страхования: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Томск, 2005. – 148 с.

5. Моисеева С. П., Ананина И. А., Назаров А. А. Исследование потоков в системе $M|GI|_{\infty}$ с повторными обращениями методом предельной декомпозиции // Вестник ТГУ. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – №3(8). – С. 56–66.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ $GI^{(2)}|GI|_{\infty}$ МЕТОДОМ ПРОСЕЯННОГО ПОТОКА

В. В. Сергеева, С. П. Моисеева*

Филиал Кемеровского государственного университета

в г. Анжеро-Судженске

**Томский государственный университет*

Пусть на вход системы поступает рекуррентный поток [2] сдвоенных заявок, заданный функцией распределения $A(x)$. Дисциплина обслуживания определяется тем, что одна из этих заявок поступает в первый, а другая, вторая, во второй блоки обслуживания и занимает любой из свободных приборов, на котором выполняется ее обслуживание. Время обслуживания в каждом блоке имеет произвольную функцию распределения одинаковую для всех приборов. Поступающая заявка занимает любой из свободных приборов в своем блоке, и, завершив обслуживание, покидает систему.

Обозначим $i_1(t), i_2(t)$ – число приборов, занятых в момент времени t в первом или втором, соответственно, блоке обслуживания, а стационарное распределение вероятностей значений процесса $\{i_1(t), i_2(t)\}$ обозначим

$$\Pi(i_1, i_2) = P\{i_1(t) = i_1, i_2(t) = i_2\}.$$

Для рассматриваемой системы двумерный случайный процесс $\{i_1(t), i_2(t)\}$ изменения во времени состояний системы не является марковским [1].

Для исследования рассматриваемой системы $GI^{(2)}|GI|_{\infty}$ применим метод просеянного потока [4]. Предлагаемый метод позволяет проблему исследования немарковской системы обслуживания с неограниченным числом приборов свести к задаче анализа нестационарного марковизируемого потока.

На оси времени t отметим моменты наступления событий этого потока. Выделим некоторый момент времени t_1 . Пусть $t_1 = 0$. Будем полагать, что заявки входящего потока, поступившие в систему в момент времени $t < t_1 = 0$, формируют события двумерного просеянного потока с вероятностями $S_1(t) = 1 - B_1(-t), S_2(t) = 1 - B_2(-t)$, а с вероятностью $1 - S_1(t)$ и $1 - S_2(t)$ не рассматриваются.

Обозначим $\{n_1(t), n_2(t)\}$ – двумерный процесс, компоненты которого характеризуют число событий просеянных потоков, наступивших до момента времени t .

Если в некоторый начальный момент времени $t_0 < t_1$ система обслуживания свободна, то есть в ней нет обслуживаемых заявок, то для момента времени t_1 выполняется равенство

$$i_1(t_1) = n_1(t_1), i_2(t_1) = n_2(t_1), \quad (1)$$

то есть число $i_k(t_1)$ приборов, занятых в k -м блоке обслуживания рассматриваемой системе обслуживания, равно числу $n_k(t_1)$ событий просеянного потока, наступивших до момента времени t_1 .

Пусть $z(t)$ – случайная величина, характеризующая время от момента t до наступления следующего события в рекуррентном потоке, тогда

$$A(z) = P\{z(t) < z\}.$$

Определим нестационарный трехмерный марковский процесс $\{n_1(t), n_2(t), z(t)\}$, для распределения вероятностей которого

$$P(n_1, n_2, z, t) = P\{n_1(t) = n_1, n_2(t) = n_2, z(t) < z\}$$

по формуле полной вероятности запишем следующие равенства:

$$\begin{aligned} P(n_1, n_2, z - \Delta t, t + \Delta t) = & [P(n_1, n_2, z, t) - P(n_1, n_2, \Delta t, t)] + P(n_1 - 1, n_2 - 1, \Delta t, t) \times \\ & \times A(z) S_1(t) S_2(t) + P(n_1 - 1, n_2, \Delta t, t) A(z) (1 - S_2(t)) S_1(t) + P(n_1, n_2 - 1, \Delta t, t) A(z) \times \\ & \times S_2(t) (1 - S_1(t)) + P(n_1, n_2, \Delta t, t) A(z) (1 - S_1(t)) (1 - S_2(t)) + o(\Delta t). \end{aligned}$$

Получим систему дифференциальных уравнений Колмогорова [3]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(n_1, n_2, z, t)}{\partial t} = & \frac{\partial P(n_1, n_2, z, t)}{\partial z} - \frac{\partial P(n_1, n_2, 0, t)}{\partial z} + \\ & + A(z) \cdot \left[S_1(t) \cdot S_2(t) \cdot \frac{\partial P(n_1 - 1, n_2 - 1, 0, t)}{\partial z} + S_1(t) \cdot (1 - S_2(t)) \cdot \frac{\partial P(n_1 - 1, n_2, 0, t)}{\partial z} + \right. \\ & \left. + S_2(t) \cdot (1 - S_1(t)) \cdot \frac{\partial P(n_1, n_2 - 1, 0, t)}{\partial z} + (1 - S_1(t)) \cdot (1 - S_2(t)) \cdot \frac{\partial P(n_1, n_2, 0, t)}{\partial z} \right]. \quad (2) \end{aligned}$$

Начальные условия для решения этой системы в момент времени t_0 определим равенством

$$P(n_1, n_2, z, t_0) = \begin{cases} R(z), & \text{если } n_1, n_2 = 0, \\ 0, & \text{если } n_1, n_2 > 0. \end{cases}$$

Обозначив

$$H(u, w, z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{jun_1} e^{jun_2} P(n_1, n_2, z, t), \quad (3)$$

получим следующую задачу Коши:

$$\frac{\partial H(u, w, z, t)}{\partial t} = \frac{\partial H(u, w, z, t)}{\partial z} - \frac{\partial H(u, w, 0, t)}{\partial z} +$$

$$\begin{aligned}
& + A(z) \cdot \left(S_1(t) S_2(t) e^{j(u+w)} \frac{\partial H(u, w, 0, t)}{\partial z} + (1 - S_1(t)) S_2(t) e^{jw} \frac{\partial H(u, w, 0, t)}{\partial z} + \right. \\
& \left. + S_1(t) (1 - S_2(t)) e^{ju} \frac{\partial H(u, w, 0, t)}{\partial z} + (1 - S_1(t)) (1 - S_2(t)) \frac{\partial H(u, w, 0, t)}{\partial z} \right), (4) \\
& H(u, w, z, t_0) = R(z).
\end{aligned}$$

Решив эту задачу Коши, найдём функцию $H(u, w, z, t)$, тогда, в силу равенства (3), характеристическую функцию величины $n(t)$ определим в виде

$$Me^{jun_1(t)} = H(u, 0, \infty, t), \quad Me^{jun_2(t)} = H(0, w, \infty, t).$$

Полагая здесь $t = 0$, в силу равенства (1), характеристическая функции стационарного распределения вероятностей $\Pi(i_1, i_2)$ числа приборов, занятых в каждом блоке системы $GI^{(2)}|GI|_\infty$, будет иметь следующий вид:

$$h(u, w) = Me^{j[ui_1(t) + wi_2(t)]} = Me^{j[un_1(0) + wn_2(0)]} = H(u, w, \infty, 0).$$

Уравнение (4), определяющее характеристики системы $GI^{(2)}|GI|_\infty$, предлагается решать в асимптотическом условии растущего времени, полагая, что среднее значение времени обслуживания $b \rightarrow \infty$.

Литература

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. 3-е изд., испр. и доп. М.: КомКнига, 2005. – 408 с.
2. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 228 с.
3. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория вероятностей и случайных процессов. Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 204 с.
4. Назаров А.А., Моисеева С.П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 112 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

МИНИМАЛЬНЫЕ НЕАССОЦИАТИВНЫЕ КОЛЬЦА

А. Т. Ситдикова

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук Т. Ю. Войтенко

Лесосибирский педагогический институт – филиал

Сибирского федерального университета

Кольцо, в котором условие ассоциативности умножения не выполняется, называется неассоциативным. Известно, что все кольца из двух, трех и четырех элементов, содержащих 0 и 1, являются коммутативными и ассоциативными.

Если в ассоциативном кольце K сохранить его аддитивную группу, а операцию умножения заменить новой операцией по формуле

$$x \circ y = xy + yx, \quad (*)$$

то получится кольцо $K^{(+)}$, в котором для любых элементов x, y выполняются равенства

$$\begin{aligned} x \circ y &= y \circ x, \\ ((x \circ x) \circ y) \circ x &= (x \circ x) \circ (y \circ x). \end{aligned}$$

Такое кольцо называется йордановым. В общем случае оно не является ассоциативным. Однако справедливо

Предложение 1. *Все кольца из двух, трех и четырех элементов относительно умножения (*) являются коммутативными и ассоциативными.*

Исследуем ассоциативность в минимальных кольцах без единицы. Верно следующее

Предложение 2. *Все кольца из двух, трех элементов без 1 являются ассоциативными и коммутативными.*

Примером неассоциативного и некоммутативного кольца из четырех элементов без единицы может служить кольцо $K = \{0, a, b, c\}$ с таблицами сложения и умножения

+	0	a	b	c		0	a	b	c
					·				
0	0	a	b	c	0	0	0	0	0
a	a	0	c	b	a	0	a	b	c
b	b	c	0	a	b	0	c	0	c
c	c	b	a	0	c	0	b	b	0

Здесь полагаем, что $a \cdot a = a$, $a \cdot b = b$, $b \cdot a = c$, $b \cdot b = 0$. В кольце K даже не будет выполняться условие альтернативности (ослабленное условие ассоциативности), поскольку $(b \cdot b) \cdot c = 0 \cdot c = 0$, $b \cdot (b \cdot c) = b \cdot c = c$.

Литература

1. Мельников О. В., Ремесленников В. Н., Романьков В. А. и др. Общая алгебра. – М.: Наука, 1990. – 592 с.
2. Филиппов В. Т. Элементы теории конечномерных неассоциативных алгебр. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1998. – 44 с.
3. Шафаревич И. Р. Основные понятия алгебры. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 352 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

А. А. Сотникова

*Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства*

При анализе и прогнозировании заболеваний от эколого-климатических факторов исследователь довольно часто сталкивается с многомерностью их описания.

Это происходит при решении задачи, построении типологии болезней по достаточно большому числу показателей, прогнозирования развития заболеваний от различных факторов, изучении и прогнозировании заболеваний и многих других проблем.

Кластерный анализ наиболее ярко отражает черты многомерного анализа в классификации.

Методом кластерного анализа исследовались лица молодого возраста, уволенные в запас из Вооруженных сил по некоторым нервно-психическим заболеваниям за период с 1980 по 1991 год. При исследовании учитывались изменение солнечной активности и заболеваемость гриппом за указанный период времени. Анализ данных проводился с использованием компьютерных технологий при помощи математического пакета STATISTICA 6.0.

Изучались 12 лет (1980–1991) по изменениям 7 нервно-психических заболеваний (психопатия, неврозы, черепно-мозговая травма, нейроинфекция, психоорганика, энурез, эпилепсия), а также инфекционное заболевание грипп, в качестве 8 показателя взяли изменение солнечной активности по годам. Каждый год выступает в данном рассмотрении как объект, характеризующийся определенными значениями 8 показателя. Соответственно, они могут быть представлены в качестве точек в 8-мерном пространстве. Такое пространство обычно называется пространством свойств изучаемых объектов. Сравнение расстояния между этими точками будет отражать степень близости рассматриваемых лет, их сходство друг с другом. Цель исследования, выявление взаимосвязи между солнечной активностью и нервно-психическими заболеваниями и гриппом.

Перед началом классификации необходимо провести стандартизацию данных по формуле

$$x_{si} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma_i^2},$$

где x_{si} – стандартизованное значение i -го фактора, x_i – фактическое значение i -го фактора, $\bar{x}_i$ – среднее значение i -го фактора, σ_i^2 – среднеквадратическое отклонение i -го фактора. Полученные в результате стандартизации данные имеют нулевое среднее и единичную дисперсию.

Задача состоит в том, чтобы разбить годы на несколько групп, в которых они мало отличаются друг от друга (существенно меньше, чем в

целом). Задача эта сложна, так как сравнивать годы нужно не по какому-то одному параметру, а по *нескольким* параметрам одновременно.

Целью нашего кластерного анализа является нахождение заболеваний с похожими свойствами. При самом общем рассмотрении переменных становится заметным, что данные, содержащиеся в файле, связаны исключительно с изменением солнечной активности и инфекционных заболеваний (грипп) за исследуемый период времени.

Введем исходные данные в электронную таблицу STATISTICA 6.0.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	NewVar	SOLN	GRIPP	NEVR	CHMT	PSIX	PSIXORG	EPIL	EOHPZ	VSD
1	1980	1,116297	-0,70688	0,160765	0,771096	0,371252	-0,01372	-0,71631	0,268475	-0,28284
2	1981	0,856801	0,756496	0,376449	-0,60414	-0,35596	0,356835	2,666393	0,162619	0,565685
3	1982	0,404536	-0,97573	0,160765	-0,73997	-0,84152	-0,90985	-0,32164	-0,83151	-0,28284
4	1983	-0,51112	-1,22123	-1,12668	-0,53623	-0,40743	-0,69914	-0,56645	-0,37586	-1,13137
5	1984	-0,8948	1,343837	-0,48362	0,652248	0,129593	1,938371	1,174662	0,678091	0,565685
6	1985	-1,41379	0,753668	-0,91233	-0,53623	-0,08969	-0,96313	-0,81469	-1,12376	1,414214
7	1986	-1,4972	-0,46149	-0,69798	-0,46832	-0,6916	-0,69914	-0,81469	-0,59448	1,414214
8	1987	-1,20063	-1,36119	-0,48362	-0,53623	-0,84152	-0,48843	0,179412	-0,73485	-1,13137
9	1988	0,111676	1,851775	-0,05359	-0,46832	0,129593	2,202364	-0,56645	0,075173	-0,28284
10	1989	1,175611	-0,60475	-0,05359	-0,53623	-0,52378	-0,38186	-0,57446	-0,47252	-1,13137
11	1990	0,897579	0,147721	0,160765	0,091966	0,062466	-0,38186	-0,32279	0,082077	-1,13137
12	1991	0,955039	0,477766	2,952675	2,910356	3,05859	0,039555	0,677037	2,866545	1,414214

Рис. 1. Стандартизованные данные

NewVar (год), SOLN (солнечная активность), GRIPP (грипп), CHMT (черепно-мозговая травма), PSIX (психопатии), PSIXORG (психопатология), EPIL (эпилепсия), EOHPZ (ЭОHPЗ), VSD (вегето-сосудистая дистония).

Анализу подвергаются следующие переменные: солнечная активность, грипп, черепно-мозговая травма, психопатии, психопатология, эпилепсия, Эонпз, вегето-сосудистая дистония. Количество объектов 8.

Рассмотрим процедуру иерархического кластерного анализа. Процедура иерархического кластерного анализа предусматривает группировку как объектов (строк матрицы данных), так и переменных (столбцов). Можно считать, что в последнем случае роль объектов играют переменные, а роль переменных – столбцы.

В этом методе реализуется иерархический агломеративный алгоритм, смысл которого заключается в следующем. Перед началом кластеризации все объекты считаются отдельными кластерами, в ходе алгоритма они объединяются. Вначале выбирается пара ближайших кластеров, которые объединяются в один кластер. В результате количество кластеров становится равным $N-1$. Процедура повторяется, пока все классы не объединятся. На любом этапе объединение можно прервать, получив нужное число кластеров. Таким образом, результат работы алгоритма агрегирования зависит от способов вычисления расстояния между объектами и определения близости между кластерами.

Для более детального анализа сделаем ряд операций, после установки необходимых параметров для проведения кластеризации.

- Number of variables: 9;
- Number of cases: 12;
- Joining of variables;
- Missing data were casewise deleted;
- Amalgamation (joining) rule: Ward's method;
- Distance metric is: Euclidean distances (non-standardized).

Получим дендрограмму методом Варда, для чего рассмотрим вертикальную древовидную дендограмму.

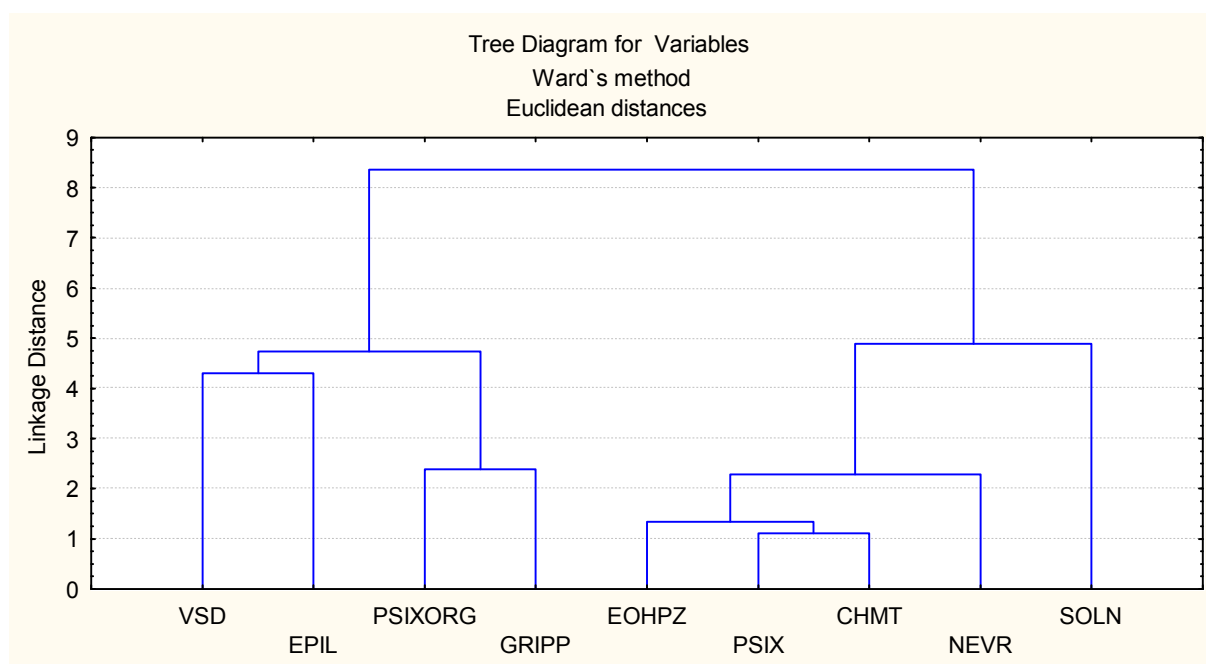


Рис. 2. Дендограмма

На дендограмме (рис. 2) горизонтальная ось представляет собой наблюдения, горизонтальная – расстояния, объединения. Таким образом, на первом шаге были объединены психопатии и черепно-мозговая травма, имеющие минимальное расстояние, а на последнем – все уже объединены в кластеры. На основе анализа диаграммы посмотрим, на каком шаге следует принять информацию как окончательную. При числе кластеров, равном $K = 2$, в первый войдут вегето-сосудистая дистония, эпилепсия, психоорганика, грипп, во второй – Эонпз, психопатия, черепно-мозговая травма, невроты и солнечная активность. При $K = 3$ в первый кластер войдет солнечная активность, во второй – невроты, черепно-мозговая травма, психопатия, Эонпз, в третий – все остальные.

ИССЛЕДОВАНИЕ САНИТАРНЫХ ПОТЕРЬ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

А. А. Сотникова, В. Г. Камбург

*Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства*

Изучались 9 лет по 4 изменениям санитарных потерь, солнечной активности и по 11 показателям изменения инфекционных заболеваний (грипп, ангина, тиф, ОРЗ, паратифы, дизентерия, энтербиоз, амёбные инфекции, туберкулез, гепатит А, гепатит В). Каждый год выступает в данном рассмотрении как объект, характеризующийся определенными значениями 16 показателя. Соответственно, они могут быть представлены в качестве точек в 16-мерном пространстве. Такое пространство обычно называется пространством свойств изучаемых объектов. Сравнение расстояния между этими точками будет отражать степень близости рассматриваемых лет, их сходство друг с другом.

Задача состоит в том, чтобы разбить годы на несколько групп, в которых они мало отличаются друг от друга (существенно меньше, чем в целом).

Результаты кластеризации:

- Number of variables: 16;
- Number of cases: 9;
- K-means clustering of cases;
- Missing data were casewise deleted;
- Number of clusters: 3;
- Solution was obtained after 2 iterations.

В результате проведенных исследований получаем три кластера (рис. 1). В строках таблиц указано расстояние от каждого года до центра кластера. Например, в первый кластер попало 3 года с номерами 3,4,9.

Members of Cluster Number 1 (and Distances from Respective Cluster contains 3 cases)			
Case No.	Case No.	Case No.	
C_3	C_4	C_9	
Distance	1809,266	2746,978	1708,946
1-й кластер			

Members of Cluster Number 2 (and Distances from Respective Cluster contains 2 cases)		
Case No.	Case No.	
C_1	C_2	
Distance	1806,645	1806,645
2-й кластер		

Members of Cluster Number 3 (Spreadsheet and Distances from Respective Cluster contains 4 cases)				
Case No.	Case No.	Case No.	Case No.	
C_5	C_6	C_7	C_8	
Distance	1584,568	1061,551	2034,984	2024,006
3-й кластер				

Рис. 1. Распределение годов по кластерам

Анализ дисперсии (Analysis of variation) позволяет просмотреть таблицу дисперсионного анализа, где, например, Между SS – внутригрупповая дисперсия (изменчивость), Внутренняя SS – межгрупповая дисперсия.

В первом столбце – список 12 переменных, далее идут суммы квадратов (SS) и степени свободы (df), затем F-критерий Фишера и в последнем столбце – достигнутый уровень значимости «р».

Variable	Analysis of Variance (Spreadsheetafg)					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
SANOB	1,251332E+09	2	172439500	6	21,7699	0,001777
SANINF	4,492497E+08	2	136653200	6	9,8626	0,012688
SANOF	5,644343E+07	2	951404	6	177,9793	0,000005
SANSER	1,432282E+09	2	66297610	6	64,8115	0,000087
SOLN	2,096719E+04	2	2004	6	31,3871	0,000664
GRIPP	3,766135E+05	2	71342130	6	0,0158	0,984329
ANG	4,793262E+05	2	619059	6	2,3228	0,179033
TIF	1,450850E+07	2	10986770	6	3,9616	0,080026
ORZ	2,837370E+07	2	5723136	6	14,8732	0,004729
PARAF	8,189132E+05	2	830710	6	2,9574	0,127701
DIZ	6,232557E+06	2	847833	6	22,0535	0,001717
ENTR	1,947880E+07	2	4313281	6	13,5480	0,005958
AMEB	4,104858E+06	2	4993423	6	2,4662	0,165317
TYB	7,932222E+02	2	754	6	3,1575	0,115654
GEPA	2,208994E+08	2	38290920	6	17,3069	0,003224
GEPB	5,081389E+02	2	541	6	2,8191	0,137025

Рис. 2. Анализ дисперсии

На рис. 3 приведены средние значения для каждого кластера по выбранным параметрам.

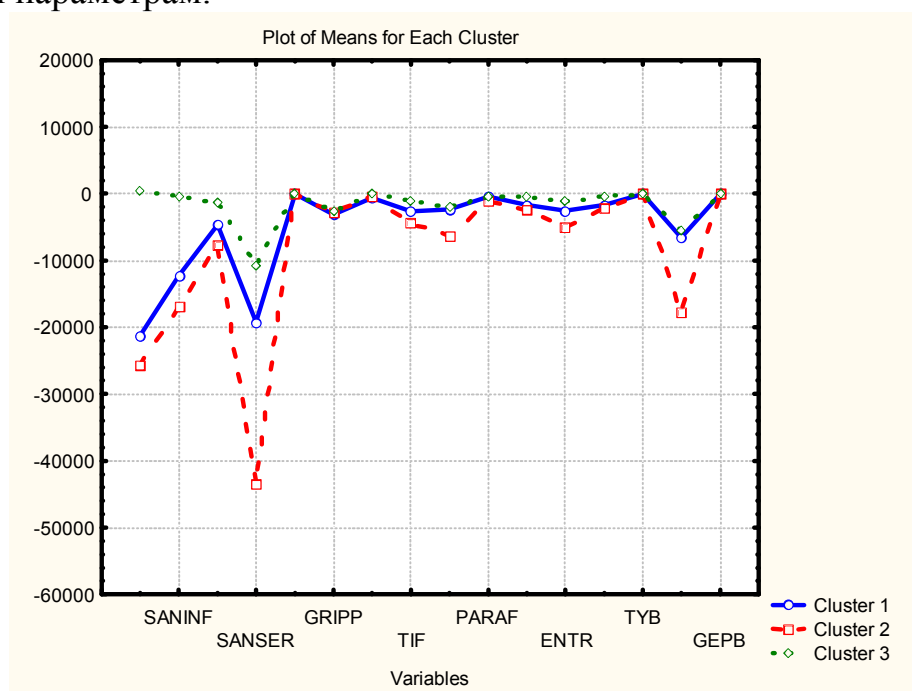


Рис. 3. Средние значения для каждого кластера

Из рисунка видно, что мы имеем 3 группы различий по годам, средние значения которых отличаются.

Анализ средних значений переменных для каждого кластера позволяет сделать вывод о том, что самые низкие санитарные потери наблюдаются в кластере 2, эти годы характеризует высокая солнечная активность, здесь же наблюдаются низкие значения таких заболеваний, как ОРЗ, энтеробиоз и гепатит А. Значения санитарных потерь в 3-м кластере выше, чем в 1-м. 3-й кластер характеризуется низкой солнечной активностью. Остальные инфекционные заболевания имеют примерно одинаковую тенденцию развития, и изменения носят колебательный характер.

В результате описанной процедуры мы получаем набор упорядоченных кластеров, объединенных на основе общих тенденций в динамике изменения заболеваний. При этом достигаются сразу две важные цели: во-первых, значительно сокращается количество переменных, что в заметной степени упрощает вычисления, а во-вторых, уменьшается доля воздействия случайных факторов. В рамках кластера за счет произведенной диверсификации вероятность случайных совпадений уменьшается во много раз, что дает возможность гораздо более ясно определить факторы, реально воздействующие на заболевания.

ДОПРЕДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ RQ-СИСТЕМЫ С КОНФЛИКТАМИ ЗАЯВОК

Е. А. Судыко, А. А. Назаров

Томский государственный университет

В данной работе исследуется математическая модель сети случайного доступа [1] с конфликтами заявок. Предложено допредельное исследование рассматриваемой модели.

Рассмотрим однолинейную марковскую RQ-систему массового обслуживания [2, 4] с источником повторных вызовов, на вход которой поступает простейший поток заявок с интенсивностью λ . Требование, заставшее прибор свободным, занимает его для обслуживания в течение случайного времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметром μ . Если прибор занят, то поступившая и обслуживаемая заявки вступают в конфликт и переходят в источник повторных вызовов (ИПВ), где осуществляют случайную задержку, продолжительность которой имеет экспоненциальное распределение с параметром σ . Из ИПВ после случайной задержки заявка вновь обращается к прибору с повторной попыткой его захвата. Если прибор свободен, то заявка из ИПВ занимает его на случайное время обслуживания.

Пусть $i(t)$ – число заявок в ИПВ, а $k(t)$ определяет состояние прибора следующим образом:

$$k(t) = \begin{cases} 0, & \text{если прибор свободен,} \\ 1, & \text{если прибор занят.} \end{cases}$$

Обозначим

$$P\{k(t) = k, i(t) = i\} = P(k, i, t)$$

вероятность того, что прибор в момент времени t находится в состоянии k и в источнике повторных вызовов находится i заявок.

Процесс $\{k(t), i(t)\}$ изменения во времени состояний описанной системы является марковским.

Для распределения вероятностей $P(k, i)$ состояний $\{k, i\}$ рассматриваемой RQ-системы составим систему дифференциальных уравнений Колмогорова в стационарном режиме

$$\begin{cases} -(\lambda + i\sigma)P(0, i) + \mu P(1, i) + \lambda P(1, i-2) + \sigma(i-1)P(1, i-1) = 0, \\ -(\lambda + \mu + i\sigma)P(1, i) + \lambda P(0, i) + \sigma(i+1)P(0, i+1) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Анализ допредельной модели

Применяя (1), составим систему уравнений, определяющих производящие функции:

$$G(k, x) = \sum_{i=0}^{\infty} x^i P(k, i).$$

Из (1) получим

$$\begin{cases} -\lambda G(0, x) + \mu G(1, x) + \lambda x^2 G(1, x) - \sigma x \frac{\partial G(0, x)}{\partial x} + \sigma x^2 \frac{\partial G(1, x)}{\partial x} = 0, \\ \lambda G(0, x) - (\lambda + \mu) G(1, x) + \sigma \frac{\partial G(0, x)}{\partial x} - \sigma x \frac{\partial G(1, x)}{\partial x} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Далее, решая эту систему относительно $G(0, x)$, получим

$$G(0, x) = \frac{\mu - \lambda x}{\lambda} G(1, x). \quad (3)$$

Для определения вида функции $G(1, x)$ подставим в первое уравнение системы (2) равенство (3), получим

$$\{\lambda(1+x) + \sigma\} G(1, x) = \sigma \left\{ \frac{\mu - 2\lambda x}{\lambda} \right\} \frac{\partial G(1, x)}{\partial x},$$

отсюда, решая это обыкновенное однородное дифференциальное уравнение первого порядка [3], запишем

$$G(1, x) = c \cdot (\mu - 2\lambda x)^{-\frac{2(\lambda+\sigma)+\mu}{4\sigma}} \exp\left\{-\frac{\lambda x}{2\sigma}\right\},$$

где константа c получена из условия нормировки $G(0,1) + G(1,1) = 1$ и имеет вид

$$c = \frac{\lambda}{\mu} \cdot (\mu - 2\lambda)^{\frac{2(\lambda+\sigma)+\mu}{4\sigma}} \exp\left\{\frac{\lambda}{2\sigma}\right\}.$$

Затем, учитывая равенство (3), получим

$$\begin{cases} H(0,u) = \sum_i e^{ju} P(0,i) = \left(\frac{\mu - \lambda e^{ju}}{\mu} \right) \cdot \left(\frac{\mu - 2\lambda e^{ju}}{\mu - 2\lambda} \right)^{\frac{2(\lambda+\sigma)+\mu}{4\sigma}} \exp\left\{ -\frac{\lambda(e^{ju} - 1)}{2\sigma} \right\}, \\ H(1,u) = \sum_i e^{ju} P(1,i) = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \left(\frac{\mu - 2\lambda e^{ju}}{\mu - 2\lambda} \right)^{\frac{2(\lambda+\sigma)+\mu}{4\sigma}} \exp\left\{ -\frac{\lambda(e^{ju} - 1)}{2\sigma} \right\}. \end{cases}$$

Применяя выражения для $H(0,u)$ и $H(1,u)$, запишем характеристическую функцию как

$$\begin{aligned} H(u) &= H(0,u) + H(1,u) = \sum_i e^{ju} \{P(0,i) + P(1,i)\} = \sum_i e^{ju} P(i) = M e^{ju(t)} = \\ &= \frac{\mu - \lambda(e^{ju} - 1)}{\mu} \cdot \left(\frac{2\lambda e^{ju} - \mu}{2\lambda - \mu} \right)^{\frac{2(\lambda+\sigma)+\mu}{4\sigma}} \exp\left\{ -\frac{\lambda(e^{ju} - 1)}{2\sigma} \right\}, \end{aligned}$$

для которой кумулянтная функция имеет вид

$$\begin{aligned} g(u) = \ln(H(u)) &= \ln(1 - \rho(e^{ju} - 1)) - \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4\sigma} \ln(1 - 2\rho e^{ju}) + \\ &+ \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4\sigma} \ln(1 - 2\rho) - \frac{\lambda(e^{ju} - 1)}{2\sigma}, \end{aligned}$$

где $\rho = \lambda/\mu$.

Используя эту функцию, определим коэффициенты первых шести – семи инвариантов как

$$\kappa_n(\sigma) = \frac{\sigma}{j^n} g^{(n)}(0).$$

Найдем значения следующих коэффициентов:

$$\begin{aligned} \kappa_1(\sigma) &= -\rho\sigma + \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4} \frac{2\rho}{1 - 2\rho} - \frac{\lambda}{2}, \\ \kappa_2(\sigma) &= \kappa_1(\sigma)\sigma + \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4} \frac{(2\rho)^2}{(1 - 2\rho)^2} - \rho^2\sigma, \\ \kappa_3(\sigma) &= 3\kappa_2(\sigma)\sigma - 2\kappa_1(\sigma)\sigma + \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4} \frac{2(2\rho)^3}{(1 - 2\rho)^3} - 2\rho^3\sigma, \\ \kappa_4(\sigma) &= 6\kappa_3(\sigma)\sigma - 11\kappa_2(\sigma)\sigma + 6\kappa_1(\sigma)\sigma + \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4} \frac{6(2\rho)^4}{(1 - 2\rho)^4} - 6\rho^4\sigma, \\ \kappa_5(\sigma) &= 10\kappa_4(\sigma)\sigma - 35\kappa_3(\sigma)\sigma + 50\kappa_2(\sigma)\sigma - 24\kappa_1(\sigma)\sigma + \\ &+ \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4} \frac{24(2\rho)^5}{(1 - 2\rho)^5} - 24\rho^5\sigma, \\ \kappa_6(\sigma) &= 15\kappa_5(\sigma)\sigma - 85\kappa_4(\sigma)\sigma + 225\kappa_3(\sigma)\sigma - 274\kappa_2(\sigma)\sigma + \\ &+ 120\kappa_1(\sigma)\sigma + \frac{2\lambda + 2\sigma + \mu}{4} \frac{120(2\rho)^6}{(1 - 2\rho)^6} - 120\rho^6\sigma. \end{aligned}$$

Таким образом, в работе получено допредельное исследование RQ-системы с конфликтами заявок. Найдены коэффициенты первых шести – семи инвариантов.

Литература

1. Бертсекас Д., Галагер Р. Сети передачи данных. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
2. Назаров А. А., Терпугов А. Ф. Теория массового обслуживания. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – 228 с.
3. Змеев О. А., Терпугов А. Ф., Якупов Р. Т. Математический анализ. Часть I: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 176 с.
4. Хомичков И. И. Исследование моделей локальной сети с протоколом случайного множественного доступа // АиТ. – 1993. – №12. – С. 89–90.

МЕТОДЫ КОСВЕННОГО ОЦЕНИВАНИЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ

Д. Н. Шульц

Пермский государственный университет

Одним из важнейших элементов для любого анализа, моделирования и прогнозирования региональной экономики является статистика внешней торговли и торговли с другими регионам. Статистика межрегиональной статистики необходима для построения межрегиональных балансов. При этом на сегодняшний день официальные органы статистики РФ не ведут соответствующего учета, за исключением сбора информации по торговле некоторыми ключевыми товарами. Тем не менее межрегиональный баланс может быть оценен косвенно. В данной работе будут рассмотрены некоторые подходы к оценке межрегиональных связей.

В качестве теоретической базы для расчета межрегиональных потоков мы будем использовать подход межуровневого (иерархического) анализа. В рамках этого подхода предполагается, что между вышестоящими и нижестоящими уровнями экономической иерархии находятся межуровневые (вертикальные связи), а на каждом уровне иерархии – горизонтальные связи. Первые со вторыми находятся в определенной зависимости [1].

В нашем случае горизонтальные связи нижестоящего (мезоэкономического) уровня – искомые межрегиональные потоки. В качестве источника для оценки межрегиональных связей может быть использована информация вышестоящего (макроэкономического) уровня, а именно статистика межотраслевого баланса. Наша задача – определить межрегиональные потоки на основе объемов производства в каждом регионе с учетом межотраслевого баланса. При этом, чтобы связать закономерности межотраслевого и межрегионального взаимодействия, необходимо сделать ряд ограничивающих предположений.

Итак, поставим задачу более формально. Обозначим через вектор $x = (x_1 \dots x_n)$ валовые производства продукции отраслями экономики (n отраслей); вектор $y = (y_1 \dots y_n)$ – конечное потребление по отраслям; x_{ij} – потребление продукции i -й отрасли j -й отраслью. Согласно стандартной

леонтьевской модели, этот межотраслевой поток прямо пропорционален объёму производства j -отрасли

$$x_{ij} = a_{ij}x_j, \quad (1)$$

где a_{ij} – коэффициент прямых затрат.

Нижним индексом мы будем обозначать принадлежность показателя отраслям, верхним – регионам. Матрица $X = (x_i^r)$ включает в себя объёмы валового производства i -отрасли r -го региона (m регионов), а вектор $Y = (y^r)$ – объём ВРП по каждому r -му региону.

Все указанные показатели доступны в качестве официальной статистической информации. Тогда искомыми величинами x^{rs} будут потоки торговли между r -м и s -м регионами. Для их нахождения мы предположим, что хозяйственные связи между регионами достаточно стабильны и прямо пропорциональны объёмам производства в регионе-потребителе:

$$x^{rs} = w^{rs}x^s, \quad (2)$$

где $x^s = \sum_i x_i^r$.

Таким образом, наша задача может быть сведена к определению коэффициентов w^{rs} . Очевидно, что $w^{rr} = 0$. С помощью коэффициентов w^{rs} и с помощью статистики по региональным объёмам выпуска всегда могут быть рассчитаны межрегиональные потоки x^{rs} .

Мы предполагаем, что выполняется ряд упрощающих балансовых соотношений. Во-первых, сумма ВРП должна совпадать с ВВП

$$\sum_i y_i = \sum_r y^r. \quad (3)$$

Во-вторых, производство продукции каждой отрасли должно быть равно суммарному производству продукции данной отрасли во всех регионах

$$x_i = \sum_r x_i^r, \forall i. \quad (4)$$

На практике же в связи с различиями в методиках макроэкономической и региональной статистики эти условия могут не выполняться, что требует применения различных нормировок или досчетов.

Предположив, что в различных регионах народного хозяйства используются приблизительно одинаковые технологии производства, можно определить суммарные объёмы промежуточного потребления регионами продукции различных отраслей. Промежуточное потребление в r -м регионе продукции i -й отрасли должно быть равно $\sum_j a_{ij}x_j^r$. Суммарное же по-

требление c^r в r -м регионе рассчитывается как

$$c^r = \sum_i \sum_j a_{ij}x_j^r + y^r. \quad (5)$$

Для каждого региона профицит (дефицит) продукции определяется как разница между объёмом произведенной и потребленной продукции, которая должна быть уравновешена торговлей с другими регионами

$$x^r - c^r = e^r - z^r, \quad (6)$$

где z^r – ввоз продукции в r -регион, а e^r – вывоз продукции из него.

Используя предположение (2), можно записать выражения для ввоза и вывоза продукции следующим образом:

$$e^r = \sum_{s \neq r} x^{rs} = \sum_{s \neq r} w^{rs} x^s, \quad (7)$$

$$z^s = \sum_{r \neq s} x^{rs} = \sum_{r \neq s} w^{rs} x^r. \quad (8)$$

Наконец мы можем составить систему уравнений для нахождения коэффициентов w^{rs} . Подставляя выражения (5),(7)–(8) в уравнение (6), получим

$$x^r - \sum_i \sum_j a_{ij} x_j^r - y^r = \sum_{s \neq r} w^{rs} x^s - \sum_{s \neq r} w^{sr} x^r. \quad (9)$$

Число неизвестных в уравнениях равно $m^2 - m$, и оно оказывается меньше количества уравнений m . Кроме того, система уравнений (9) оказывается вырожденной, поскольку число линейно независимых уравнений равно $m-1$.

Поэтому для оценки неизвестных параметров w^{rs} может быть сделано предположение о стабильности этих коэффициентов во времени. Тогда уравнения (9) могут быть составлены по статистической информации за разные моменты времени. При этом число уравнений увеличивается.

В случае, когда имеется априорная, экспертная информация о взаимосвязях между регионами или их отсутствии, параметры w^{rs} могут быть найдены из решения следующей оптимизационной задачи:

$$\|W - \tilde{W}\| \rightarrow \min, \quad (10)$$

где W – матрица искоемых переменных w^{rs} , а $\tilde{W}$ – матрица экспертно заданных коэффициентов. Значение 0 для элемента матрицы $\tilde{W}$ означает полное отсутствие связей между регионами.

Литература

1. Шульц Д. Н. Методологические аспекты анализа и моделирования взаимодействия регионального и макроуровня экономической иерархии // Иерархические взаимосвязи в экономических системах: теоретико-прикладные аспекты: Межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 2005.
2. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики. – М.: ГУ ВШЭ, 2004. – 495 с.

ВЫЧИСЛИМЫЕ МОДЕЛИ ОБЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

М. Н. Шульц

Пермский государственный университет

Теория общеэкономического равновесия (ТОЭР) с каждым годом становится все более и более важной не только в экономической науке, но и для решения практических задач. Для анализа моделей общего экономического равновесия необходимо выделить и определить частичное и полное равновесие. Частичное равновесие – равенство спроса и предложения на отдельном рынке (рынке товаров, услуг и т. д.). Общее экономическое равновесие – это состояние экономики, при котором достигается одновременное частное равновесие на всех рынках всех товаров и услуг, а также факторов производства.

В современных моделях общего экономического равновесия можно условно выделить два блока: основной и дополнительный. Основной включает в себя 2 сектора (домашние хозяйства и предприятия) и 2 рынка (рынок товаров и рынок труда). Предприятия формируют предложение товаров и спрос на факторы производства, труда. Домашние хозяйства предлагают труд на рынке труда и потребляют производимые товары на рынке благ.

Помимо этих основных элементов МОЭР, можно выделить дополнительные: государство, внешняя торговля, межотраслевой баланс. Таким образом, модели ОЭР включают множество секторов экономики, каждый из которых, в свою очередь, можно поделить на большое число элементов (например, отраслей промышленности, групп населения).

Теперь обратимся непосредственно к самой модели. Будем рассматривать следующие секторы: государство, домашние хозяйства, фирмы и внешний мир. Основным для нас является выявление взаимосвязей и взаимозависимостей между ними, описание их динамического поведения, влияние изменения параметров одного сектора на другие секторы.

Схематично рассматриваемую модель можно изобразить следующим образом:

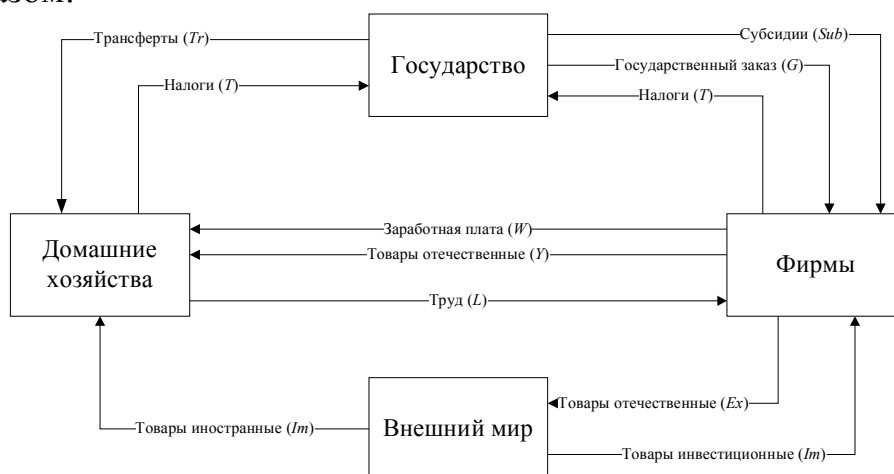


Рис. 1. Схема модели общего экономического равновесия

Опишем поведение основных секторов:

1. Бюджетное ограничение государства в модели описывается следующим образом:

$$Tr + Sub + G = T_{ДХ} + T_{\phi} + \Delta_G, \quad (1)$$

где Tr – объем трансфертов предприятиям (сектор «фирмы»), Sub – объем субсидий домашним хозяйствам, G – объем затрат на государственные закупки, $T_{ДХ}$ – объем налоговых доходов от домашних хозяйств (подходный налог), T_{ϕ} – объем налоговых доходов от фирм (налог на прибыль, налог на добавленную стоимость), Δ_G – величина дефицита/профицита государственного бюджета.

2. Условие нулевого сальдо внешней торговли:

$$P_{BM/ДХ} Y_{BM/ДХ} + P_{BM/\phi} Y_{BM/\phi} = P_{\phi/BM} Y_{\phi/BM} + \Delta_F, \quad (2)$$

где $P_{BM/ДХ}$ – уровень цен на продукцию, продаваемую «внешним миром» домашним хозяйствам (потребительские иностранные товары), $Y_{BM/ДХ}$ – объем продукции, проданной «внешним миром» фирмам, $P_{BM/\phi}$ – уровень цен на продукцию, продаваемую «внешним миром» фирмам (производственные иностранные товары), $Y_{BM/\phi}$ – объем продукции, проданной «внешним миром» фирмам, $P_{\phi/BM}$ – уровень цен на продукцию, которую «внешний мир» закупает у отечественных производителей, $Y_{\phi/BM}$ – объем продукции, которую «внешний мир» закупает у фирм, Δ_F – величина профицита/дефицита торгового баланса.

3. Поведение домашних хозяйств описывается следующей задачей условной максимизации:

$$U = Y_{\phi/BM}^{\alpha} Y_{BM/ДХ}^{\beta} (T - L)^{\gamma} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$Tr + WL - \underbrace{T_{ДХ}}_{\tau_{ДХ} WL} = P_{\phi/ДХ} Y_{\phi/ДХ} + P_{BM/ДХ} Y_{BM/ДХ} + S, \quad (4)$$

где U – функция полезности, характеризующая степень удовлетворения потребностей домашних хозяйств, $Y_{\phi/BM}$ – объем продукции, произведенной «фирмами» и потребляемой домашними хозяйствами, $Y_{BM/ДХ}$ – объем продукции, покупаемой домашними хозяйствами у сектора «внешний мир» (потребительские иностранные товары), T – максимально допустимое время, которое могут тратить домашние хозяйства на работу, L – время, которое фактически домашние хозяйства тратят на работу, $T - L$ – время отдыха для домашних хозяйств.

Из функции полезности для домашних хозяйств можно получить функцию предложения труда со стороны домашних хозяйств (она будет необходима для нахождения внутреннего равновесия на рынке труда).

4. Предпринимательский сектор стремится максимизировать прибыль при заданных ограничениях:

$$\pi \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\pi = P_{\Phi / ДХ} Y_{\Phi / ДХ} + Sub + G - T_{\Phi} - WL - P_{ВМ / ДХ} Y_{ВМ / ДХ}. \quad (6)$$

Здесь выпуск определяется с помощью производственной функции (например, функция Кобба-Дугласа): $Y_{\Phi} = A \cdot L^{\delta} (M + G)^{\varepsilon}$.

Объем налогов, выплачиваемый фирмами:

$$T_{\Phi} = T_{НДС} + T_{Pr} = \tau_{НДС} P_{\Phi / ДХ} Y_{\Phi / ДХ} + \tau_{Pr}. \quad (7)$$

Из производственной функции (в данном случае рассматриваемой функции Кобба-Дугласа) можно путем несложных вычислений получить функцию спроса со стороны предпринимателей на труд.

Как было сказано ранее, потребуется нахождение внутреннего равновесия на рынке труда. Для этого будут необходимы найденные функции спроса на труд и его предложение. Аналогично можно будет поступить с другими рынками.

Для получения окончательного решения предварительно необходимо оценить параметры функций, входящих в рассматриваемую модель. Эту оценку целесообразно проводить на основе имеющихся статистических данных, т. е. требуется провести калибровку параметров модели.

После получения равновесного состояния в модели необходимо ответить на главный вопрос: является ли полученное решение единственным, устойчивым и оптимальным? Единственность подразумевает нахождение только одного решения, которое бы удовлетворяло заданным ограничениям, постановке задачи. Это имеет большое значение в связи с тем, что существование множества решений затрудняет анализ и выбор действенной политики. Также немаловажным является анализ решения на устойчивость. Необходимо если не однозначно ответить, устойчиво найденное решение или нет, то хотя бы определить параметры, при которых оно будет достигать, определить, можем ли повлиять на модель так, чтобы достигнуть это состояние. И, конечно, выяснить, будет ли наше решение оптимальным, т.е. наилучшим среди всех возможных, максимально достигающим поставленные цели.

В модели важная роль отводится сектору «государство». Государство может влиять на остальные сектора посредством установления ставок по налогам, объемам трансфертов и субсидий, а также величину государственного заказа. Соответственно, любое изменение этих параметров приводит к изменению состояния модели, что, в свою очередь, может по-разному отразиться на других участниках. Следовательно, возникает возможность посредством построенной модели проанализировать возможное влияние изменений на модель в целом и отдельные секторы в частности, что имеет немалое значение на современной этапе развития.

Литература

1. Перлов М. С., Шульц Д. Н. Моделирование общего экономического равновесия с использованием передовых информационных технологий // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2008): Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (14–15 ноября 2008 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – С. 91–94.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

БАЗА ЗНАНИЙ КАК МЕХАНИЗМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИИ

М. А. Абрамов

Самарский институт управления

Информационная безопасность является важным составляющим звеном в обеспечении стабильности и эффективном развитии большинства предприятий. Необходимость обеспечения информационной безопасности вызвана развитием современных методов и средств обработки информации. На сегодняшний день сложно представить предприятие, не использующее в своей деятельности информационные технологии обработки информации, зачастую разглашение (утечка) которой может привести к потере активов и имиджа предприятия.

Применение современных средств и методов обеспечения информационной безопасности повышает уровень защищенности активов предприятия, однако эти меры могут привести к понижению эффективности деятельности, за счет снижения доступности и целостности информации. Применяемые средства и методы образуют систему информационной безопасности, положительный эффект от которой достигается за счет грамотного управления ею.

Стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 2001–2006 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности» предлагает к использованию процессную модель, основанную на цикле Шухарта – Деминга. Указанная модель систематизирует процесс управления, постоянно улучшая принятые решения, благодаря чему образуется система управления информационной безопасностью.

Основополагающее значение в любой деятельности занимают принимаемые решения, от разумного выбора которых может зависеть успех всего дела. Как правило, всегда существуют альтернативы предполагаемому решению, и зачастую очень сложно оценить эффект от его выбора. Проблема выбора решения стояла всегда, особую трудность выбора представляли альтернативы решений в многокритериальной среде, известно достаточно методов выбора решений, однако методик, позволяющих провести сравнительную оценку альтернативных решений, немного.

Анализ работ в области теории принятия решений, позволяет выделить метод анализа иерархий (МАИ), представляющий особый практический интерес при управлении информационной безопасностью предприятия. МАИ позволяет осуществить численное сравнение возможных альтернатив решений, при этом сравнить критерии, присущие решениям, и ранжировать их по степени важности.

Основными составляющими информационной безопасности, независимо от информации, являются конфиденциальность, доступность, целостность – это критерии принимаемого решения при обеспечении информационной безопасности. Как правило, в большинстве случаев вводят дополнительные критерии (цена, важность, простота реализации и т.п.), позволяющие произвести более качественную оценку выбираемого решения.

Практика применения МАИ показала, что процесс принятия решения достаточно трудоемкий, а постоянный сбор и анализ повторяющихся данных становится неэффективным и достаточно затратным, в связи с чем всю информацию сопровождающую процесс принятия решения, необходимо систематизировать в базе знаний предприятия. База знаний позволит исключить (минимизировать) анализ и выбор решения при повторных задачах, а также облегчить задачу сбора и систематизации информации при впервые решаемых задачах.

База знаний должна формироваться на основе значений критериев и альтернатив, полученных в результате применения МАИ. Критерии и альтернативы занимают соответствующее место в таблице согласно значениям приоритетов. Цели формируются в отдельную таблицу, где каждая цель ссылается на соответствующие альтернативы, которые, в свою очередь, – на критерии. В результате повторной постановки цели достаточно обратиться к базе знаний, в которой будет решение и значения, полученные ранее. Такой подход позволит сократить время на рассмотрение и выработку решения.

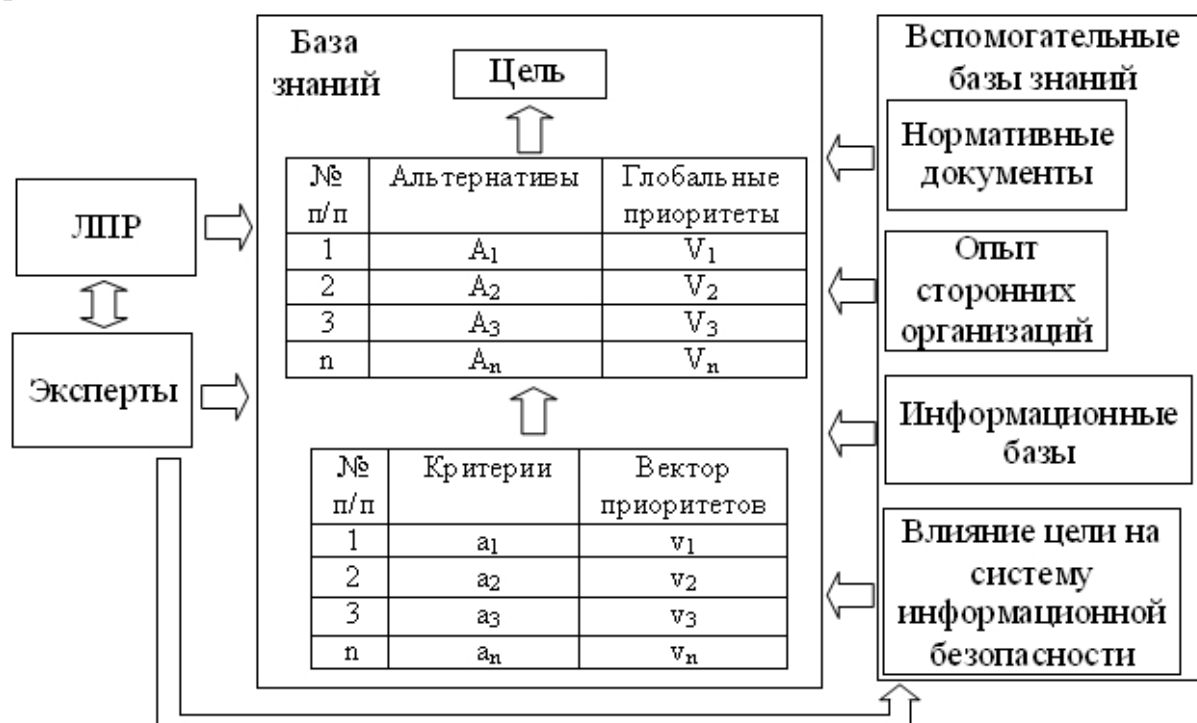


Рис. 1. Схема информационных потоков при формировании базы знаний решений

Система информационной безопасности – система динамическая, процессы в которой постоянно изменяются, в связи с чем достижение одной цели, как правило, служит отправной точкой достижения новой,

либо является составляющей более глобальной цели. База знаний будет упрощать процесс принятия решения, но, несмотря на уже готовые решения, необходимо постоянно пересматривать альтернативы, соответственно и критерии, накапливая информацию для формирования базы, что позволит принимать наиболее эффективное решение.

Цель, альтернативы решений, критерии подвержены влиянию разных факторов, которые также формируются в базы знаний:

- 1) нормативные документы;
- 2) опыт сторонних организаций;
- 3) информационные базы;
- 4) влияние цели на систему информационной безопасности.

Нормативные документы регламентируют возможность реализации решения, использование базы нормативных документов позволит снизить вероятность выбора решения, реализация которого будет неправомерна. Анализ нормативной базы также позволит уточнить и проверить разумность и достаточность сравниваемых критериев. В общем случае принимаемое решение и последствия от него не должны идти вразрез с принятыми нормами и правилами, под которые подпадает деятельность предприятия.

Эффективное развитие предприятия возможно в том случае, если есть постоянный контакт с внешней средой – анализ мирового и отечественного опыта, наиболее эффективных решений, разработок и т.п. Указанную информацию необходимо формировать в соответствующую базу знаний, что позволит реально оценивать эффективность своих решений.

Информационные базы представляют собой набор обзорной информации как по направлению обеспечения информационной безопасности, так и общей, способной повлиять на принимаемое решение.

МАИ направлен на выработку решений в текущий момент времени и не позволяет спрогнозировать отклик системы на достигнутую цель, что является определенным недостатком. Для минимизации сложившегося недостатка предлагается использовать прогнозную базу знаний, в которой должны отражаться вероятные исходы принятого решения и влияние достигнутой цели на всю систему в целом.

Сформированные базы знаний имеют свойство разрастаться, становясь достаточно неудобными для анализа. В связи с этим эксперты, проводящие расчет эффективности решения, должны проводить периодическую оценку актуальности информации, обновление базы, удаление ненужных массивов данных.

Данный подход к процессу принятия решения облегчает процедуру анализа информации экспертами, позволяет объективно обосновать ЛПР предлагаемые варианты, автоматизировать выбор решения, вести учет принимаемых решений. Создание баз знаний и их систематизация – неотъемлемый процесс эффективной системы управления, способствующий наиболее оправданному выбору оптимального решения.

РАЗРАБОТКА САЙТА «НАУЧНАЯ РАБОТА АСФ КЕМГУ» СРЕДСТВАМИ .NET

С. Е. Алексеев

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В связи с глобальным развитием интернет-сетей появляются возможности, которые раньше нельзя было реализовать, не выходя из дома. Сейчас в сети интернет можно не только узнать погоду и почитать новости, но и совершать покупки, заказывать билеты на концерты и многое другое. Семинары, конференции, олимпиады проходят в режиме online и привлекают всё большую аудиторию.

Научной деятельностью занимаются во всех вузах России, одной из задач является формирование эффективной инновационной среды, поддержка перспективных исследований, передовых научных центров и талантливой молодежи, а также проведение научных конференций. Основной сложностью является автоматизация научной деятельности вуза.

Для автоматизации научной деятельности вуза было решено разработать web-ресурс, позволяющий автоматизировать следующие сферы научной деятельности вуза: процесс регистрации участников конференции, организация проведения кандидатских экзаменов, подготовка к публикации сборников научных трудов и материалов конференций, осуществление почтовой рассылки печатной продукции. Кроме того, web-ресурс должен содержать в себе некую научно-справочную информацию, а также быть прост в обращении как для его посетителей, так и для сотрудников вуза, обеспечивающих его наполняемость.

В качестве платформы разработки была выбрана технология ASP.NET, как средство наиболее быстрой и простой разработки web-приложений.

ASP.NET – это часть технологии Microsoft .NET Framework, используемая для написания мощных клиент-серверных интернет-приложений. Она позволяет создавать динамические страницы HTML. Она содержит множество готовых элементов управления, используя которые можно быстро создавать интерактивные web-сайты.

При разработке ресурса наиболее важными требованиями стали:

- регистрация участников конференции;
- максимально возможное управление содержимым web-ресурса конечным пользователем (модератором).

В наполнении данными разделов сайта должны принимать участие пользователи с расширенными правами и возможностями – модераторы. Как следствие – доступ к соответствующему разделу администрирования должен быть ограничен для простых пользователей. В связи с этим возникает необходимость организовать в системе механизм разделения прав пользователей. В системе выделено было две такие группы:

- гости;
- модераторы.

Таким образом, модератор обладает следующими правами:

- редактирование и добавление новостей;
- редактирование и добавление научных мероприятий, это могут быть конференции, семинары и т. д. как в России, так и за рубежом;
- просмотр профилей учётных записей;
- назначение прав пользователей.

Для реализации задачи воспользуемся классом `System.Web.Security.Membership` среды ASP.NET. Данный класс предоставляет ряд статических методов для создания, удаления, обновления и извлечения зарегистрированных пользователей. Некоторые из его методов принимают или возвращают экземпляры другого класса – `System.Web.Security.MembershipUser`, который отвечает за предоставление данных одного пользователя. Совместное использование этих классов обеспечит полное управление данными учетных записей, а также сделает его доступным и простым. [1]

Литература

1. Беллиньясо М. Разработка Web-приложений в среде ASP.NET 2.0 задача-проект-решение. – М.: Диалектика, 2007. – 641 с.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМЫ «ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТА УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О. В. Анпилова, Е. В. Киргизова

*Лесосибирский педагогический институт – филиал
Сибирского федерального университета*

Проблема объективного оценивания результатов учебной деятельности – одна из важных проблем, разрешаемых в процессе обучения. В данной статье рассматривается специфика оценивания результатов учебной деятельности школьников на уроке информатики при изучении темы «Логические схемы». Оценка образовательных результатов осуществляется посредством использования теста контроля знаний.

Тест контроля знаний – это совокупность заданий, сориентированных на определение уровня усвоения знаний, определенных аспектом содержания обучения [1].

Тесты можно разделить на два вида: традиционные и тесты учебной деятельности.

Существенным недостатком традиционного тестирования является невозможность определения, каким образом был получен ответ тестируемым. Вследствие чего анализ способов решения задач обучаемым оказывается затруднен или невозможен.

Совершенно иной подход реализуется **тестами учебной деятельности**. Мы опираемся на определение, предложенное Н. А. Сеногноевой, в котором «...тест учебной деятельности задается несколькими вариантами последовательности действий, направленной на решение задачи, причем каждый последующий шаг выбирается тестируемым в зависимости от того, каким был предыдущий» [2]. Они могут быть использованы не только для осуществления контроля знаний, но и для проверки овладения методами теоретического познания (мышления). Такими методами являются: абстрагирование, анализ, аналогия, дедукция, индукция, классификация, моделирование, обобщение, синтез, сравнение.

Выделяют уровни сложности тестовых заданий (ТЗ):

ТЗ 1-го уровня сложности (знание) предполагают узнавание формул, законов; общее представление о свойствах, явлениях; знание условных обозначений, единиц измерения, табличных данных, констант.

ТЗ 2-го уровня сложности (понимание) предполагают воспроизведение формул и законов по памяти, типовые расчеты по формулам; качественную и количественную оценку свойств, явлений.

ТЗ 3-го уровня сложности (применение) предусматривают применение знаний свойств, явлений, законов для решения практических задач; решение задач, требующих умения аналитически мыслить, самостоятельно разрабатывать алгоритм мышления [3].

Прежде чем говорить о применении тестов учебной деятельности к изучению темы «Логические схемы» в школьном курсе информатики, необходимо определить виды задач, рассматриваемые при изучении данной темы:

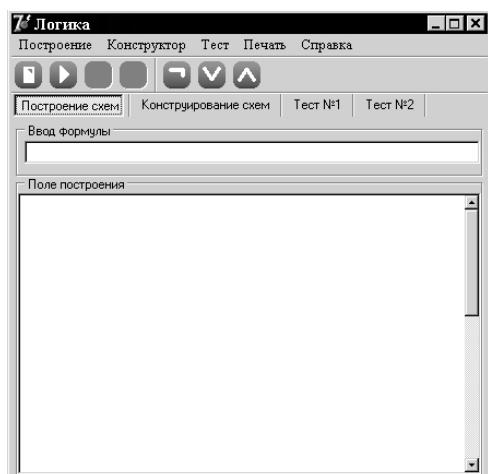
- 1) построить схему по данному логическому выражению;
- 2) составить логическое выражение по данной схеме.

Рассмотрим задачу первого вида и тест учебной деятельности, с использованием разработанного программного продукта Логика (далее программа Логика). Определим этапы выполнения задачи и применяемые учеником знания, необходимые для успешного выполнения задачи.

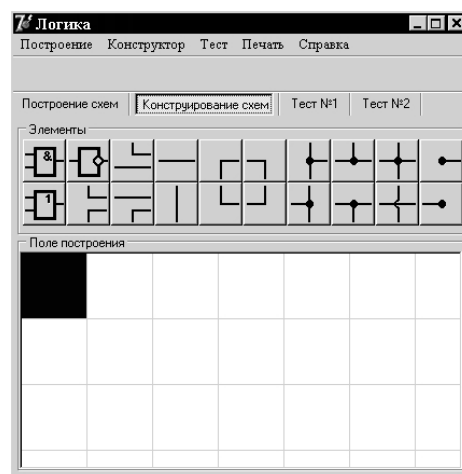
Постановка задачи:

Дано логическое выражение (например $X+Y$), необходимо построить логическую схему, эквивалентную данному выражению.

Для осуществления поставленной задачи в программе Логика предназначены разделы: «построение схем» (автоматическое построение производится программой) и «конструирование схем» (ручное конструирование производится учеником) (см. рис. 1а, 1б).



а) Построение схем



б) Конструирование схем

Рис. 1. Интерфейс программы Логика

Начнем наше рассмотрение с ручного конструирования, т. е. с использования раздела «конструирование схем».

1 Этап – определение количества входных переменных. На данном этапе отслеживается знание и понимание основных понятий алгебры логики (логические переменные). Применительно к конструктору – это определение количества входных элементов и их размещение на поле построения (см. рис. 2а).

2 Этап – определение логических операций и их приоритета. Здесь ученик не просто сопоставляет, узнает логическую операцию, а производит анализ логического выражения с целью определения приоритета операций, что соответствует второму уровню сложности тестовых заданий. Тут же встречается самая распространенная ошибка – незнание и/или непонимание, каким образом и с какой целью осуществляется определение приоритета логических операций в логическом выражении.

3 Этап – расположение логических элементов согласно приоритету логических операций. Здесь учеником производится противоположное предыдущему действие – синтез. Происходит восстановление элементов выражения (переменных и операций), но уже переменные и операции – это логические элементы, а порядок выполнения операций задается взаимным расположением логических элементов и связями между ними (линии, соединяющие логические элементы) (см. рис. 2б, 2в).

4 Этап – проверка. В программе Логика проверка может быть осуществлена при помощи раздела «построение схем». Данный раздел программы предназначен для автоматического построения логических схем по вводимой формуле. Элемент интерфейса (см. рис. 1а).

Если сравнивать полученные логические схемы (см. рис. 2в, 2г), то видим получение идентичных результатов, следовательно, учащиеся выполнили работу верно, и мы можем судить о правильности прохождения теста и знании теоретического материала.

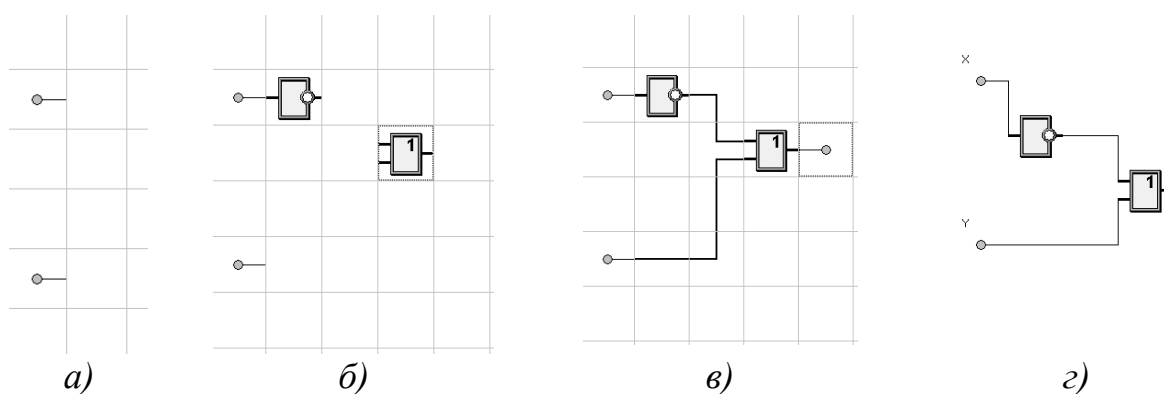


Рис. 2. Этапы построение логической схемы в программе Логика

Анализ входящих в учебную деятельность действий и операций позволяет сделать вывод о том, что формированию навыков владения методами теоретического познания часто препятствует сообщение содержания учебного элемента в готовом виде (все анализы проведены, этапы решения выделены) и ориентация контроля на усвоение знаний, а не анализ способов деятельности решения задачи обучаемым.

Таким образом, тесты учебной деятельности используются в качестве диагностики сформированности владения методами теоретического познания, позволяющими связать решение предметных задач с предметными знаниями и владением методами теоретического познания.

Литература

1. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий. – М.: Центр тестирования, 2002.
2. Сеногноева Н. А. Обучающие тесты. Инновационная педагогическая технология. – Ч. 1. Нижний Тагил, 2005.
3. Челышкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: уч. пособие. – М.: Логос, 2002.

ПРОВЕДЕНИЕ ФИНАНСОВОГО АНАЛИЗА В «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ»

Е. И. Богунова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Выдвижение на первый план финансовых аспектов деятельности субъектов хозяйствования, возрастание роли финансов – характерная для всех стран тенденция. Профессиональное управление финансами неизбежно требует глубокого анализа, позволяющего более точно оценить неопределенность ситуации с помощью современных количественных методов исследования. В связи с этим существенно возрастает приоритетность и роль финансового анализа. **Финансовый анализ** – это комплексное системное изучение финансового состояния предприятия (ФСП) и факторов его формирования с целью оценки степени финансовых рисков и прогнозирования уровня доходности капитала.

Основные задачи анализа:

1) своевременная и объективная диагностика финансового состояния предприятия, установление его «болевых точек» и изучение причин их образования;

2) поиск резервов улучшения финансового состояния предприятия, его платежеспособности и финансовой устойчивости;

3) разработка конкретных мероприятий, направленных на более эффективное использование финансовых ресурсов и укрепление финансового состояния предприятия.

Для проведения финансового анализа существует много программных продуктов. Эти продукты условно можно разделить на две категории:

1) небольшие приложения, которые проводят финансовый анализ на основе внешних данных. Основной недостаток этих приложений – это то, что хранение и накопление данных и их анализ проводятся в разных приложениях;

2) системы управления крупными предприятиями, с помощью которых можно не только контролировать и управлять предприятием в целом, но также проводить финансовый анализ предприятия. Такие системы очень дорогие и используются только на крупных предприятиях.

Для ведения бухгалтерского учёта на мелких и средних предприятиях разработан ряд программных продуктов, но в них либо не полностью проводится финансовый анализ, или полностью отсутствует.

1С: Бухгалтерия имеет широкое распространение в России на малых и средних предприятиях. В конфигурации Бухгалтерия ведется бухгалтерский учёт предприятия, на основе которого проводится финансовый анализ, для оценки финансовых показателей и перспектив. К сожалению, в данной конфигурации производится расчет не всех показателей, а имеющиеся показатели находятся в разных разделах и документах. Для более удобной работы с финансовым анализом необходимо дополнить конфигурацию недостающими значениями и разработать удобную систему вывода показателей.

В системе 1С: Бухгалтерия была разработана система отчетов, позволяющая просмотреть различные наборы показателей, в зависимости от целей финансового анализа, а также набор отчетов для вывода коэффициентов по группам:

- 1) показатели ликвидности;
- 2) показатели платежеспособности;
- 3) показатели рентабельности (прибыльности);
- 4) показатели эффективности использования активов;
- 5) показатели рыночной активности.

Также все показатели можно свести в один документ. Для реализации системы отчетности потребовалось использовать баланс предприятия, приложение к балансу, отчеты о прибылях и убытках и различные формы для того, чтобы получить необходимые сведения. Все это позволило наглядней проводить финансовый анализ предприятия с наиболее удобным интерфейсом.

ПОСТРОЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СЕРВЕРА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

К. Ю. Войтиков, П. Н. Тумаев

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В то время как параллельное программирование со сложными алгоритмами разделения потоков – удел суперкомпьютеров, высокопроизводительных кластеров и высокоскоростных сетей, существует целый пласт задач, также нуждающихся в огромных вычислительных мощностях, но практически решаемых при помощи массивов обычных персональных компьютеров и существующих сетей общего назначения. К таким задачам можно отнести многократное решение задач, зависящих от случайных величин, и сбор статистики результатов таких вычислений.

В [1] была сформулирована задача организовать работу объектно-ориентированной системы имитационного моделирования [2], используя для расчетов распределенную компьютерную сеть. Модель системы была дополнена двумя ключевыми в данном контексте компонентами: GRID-Server и GRID-Client. GRID-Client – компонент, агрегирующий в себя компоненты, участвующие в расчетах, и обеспечивающий их связь с сервером; GRID-Server – компонент, осуществляющий разделение заданий на сегменты, обеспечивающий координацию Удаленных Калькуляторов (компьютеров, использующихся для расчетов) и клиентов системы, а также хранящий задания и результаты расчетов. Также была представлена общая структура данных компонентов.

Рассмотрим внутреннюю организацию компонента GRID-Server более подробно.

Задача описать в рамках объектной модели все процессы, связанные с организацией распределенных расчетов, является относительно сложной. Кроме всего прочего, она включает необходимость описать большое количество правил бизнес-логики в отношениях между сущностями системы, не усложняя структуру самой системы без необходимости. Исходя из этого, для создания модели компонента GRID-Server было решено воспользоваться архитектурным решением «Модель предметной области» [3]. Вдобавок это облегчит понимание системы разработчиками дополнительных модулей (о которых будет сказано ниже). Кроме этого, в дальнейшем планируется прибегнуть к xml-сериализации объектов системы, для хранения их на диске и возможности работать с ними, как с любыми другими документами (копировать, переносить, отправлять по электронной почте и т. д.). В таком случае наличие в системе объектов, четко соответствующих сущностям предметной области системы в реальном мире, позволит получать логичные, легко воспринимаемые человеком схемы xml-файлов.

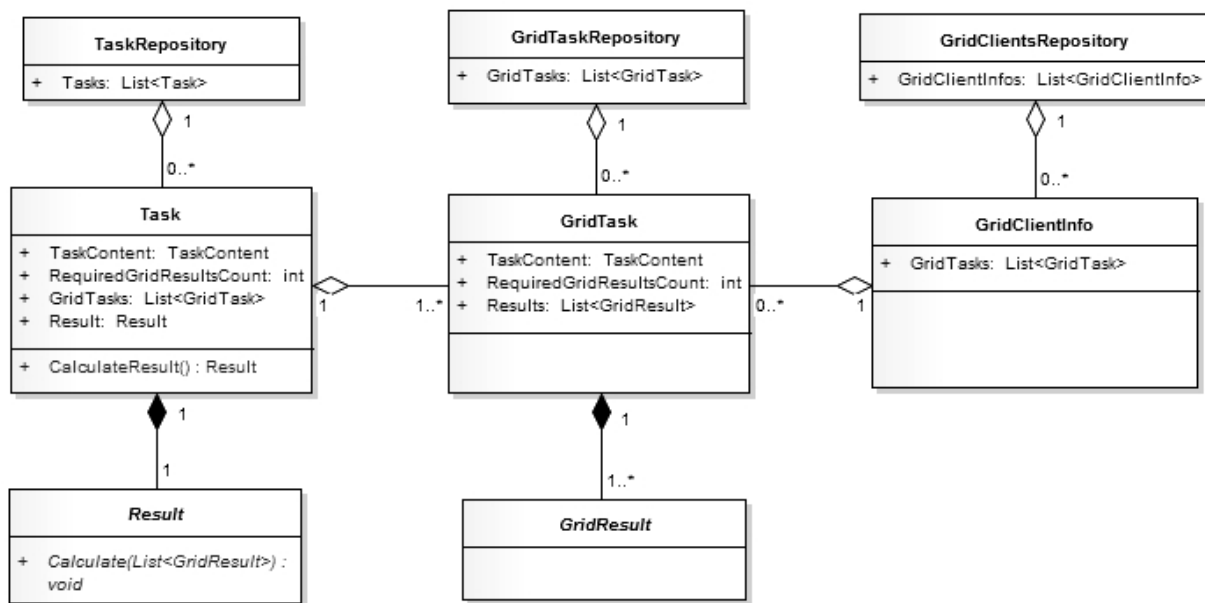


Рис 1. Модель предметной области системы

Выделим основные сущности предметной области, которыми будет оперировать система. С точки зрения клиента системы, составляющего для нее задания, в системе должны присутствовать такие сущности, как «Задание» и «Результат», непосредственно связанные между собой. Далее каждое «Задание» должно разделяться системой на «Подзадания», которые в дальнейшем будут рассылаться GRID-клиентам для осуществления расчетов. Выполнив расчет, каждый GRID-клиент должен вернуть на сервер его результат в виде некоторого «Результата подзадания». Кроме этого, для учета информации о существующих GRID-клиентах система должна обладать сущностями «Карточка GRID-клиента».

На основе выделенных сущностей была построена модель классов предметной области системы, представленная на рис. 1.

Помимо классов, представляющих основные сущности предметной области, в данной модели также присутствуют классы TaskRepository, GridTaskRepository и GridClientRepository, являющиеся хранилищами заданий, подзаданий и карточек Grid-клиентов соответственно. Фактически вся связь других компонентов системы с моделью предметной области (например, добавление нового задания, получение списка подзаданий для заданного GRID-клиента и т. д.) будет осуществляться только через эти хранилища.

Для достижения высокой степени повторной используемости компонентов системы, а точнее, для реализации возможности использовать однажды развернутую систему для выполнения любых расчетов, реализован механизм расширения вычислительной функциональности системы при помощи подключаемых модулей. Как видно из диаграммы классов, представленной на рис. 1, класс Task не описывает задание системы сам по себе, на него ложится лишь обязанность хранения самой общей информации о задании, например, такой как необходимое количество результатов

подзадний. Все же логическое описание задания и его численные параметры хранятся в экземпляре класса TaskContent. Сам по себе класс TaskContent является абстрактным и в чистом виде не может содержать какой-либо информации вообще. Для каждого же конкретного вида заданий требуется создать класс, унаследованный от TaskContent, способный хранить необходимые для описания такого задания данные. Помимо этого в модели присутствует ряд других абстрактных классов, совместно реализующих необходимый интерфейс для системы, с одной стороны, и предоставляющих платформу для создания собственных самодостаточных моделей описания заданий и их результатов, а также инструментов для их решения – с другой. Такими классами являются: класс Result, описывающий результат задания, необходимый пользователю системы; класс GridResult, описывающий результат подзадания, то есть конкретного экземпляра выполнения задания GRID-клиентом; и класс Calculator, непосредственно совершающий расчеты. Пример созданного таким образом модуля представлен на рис. 2.

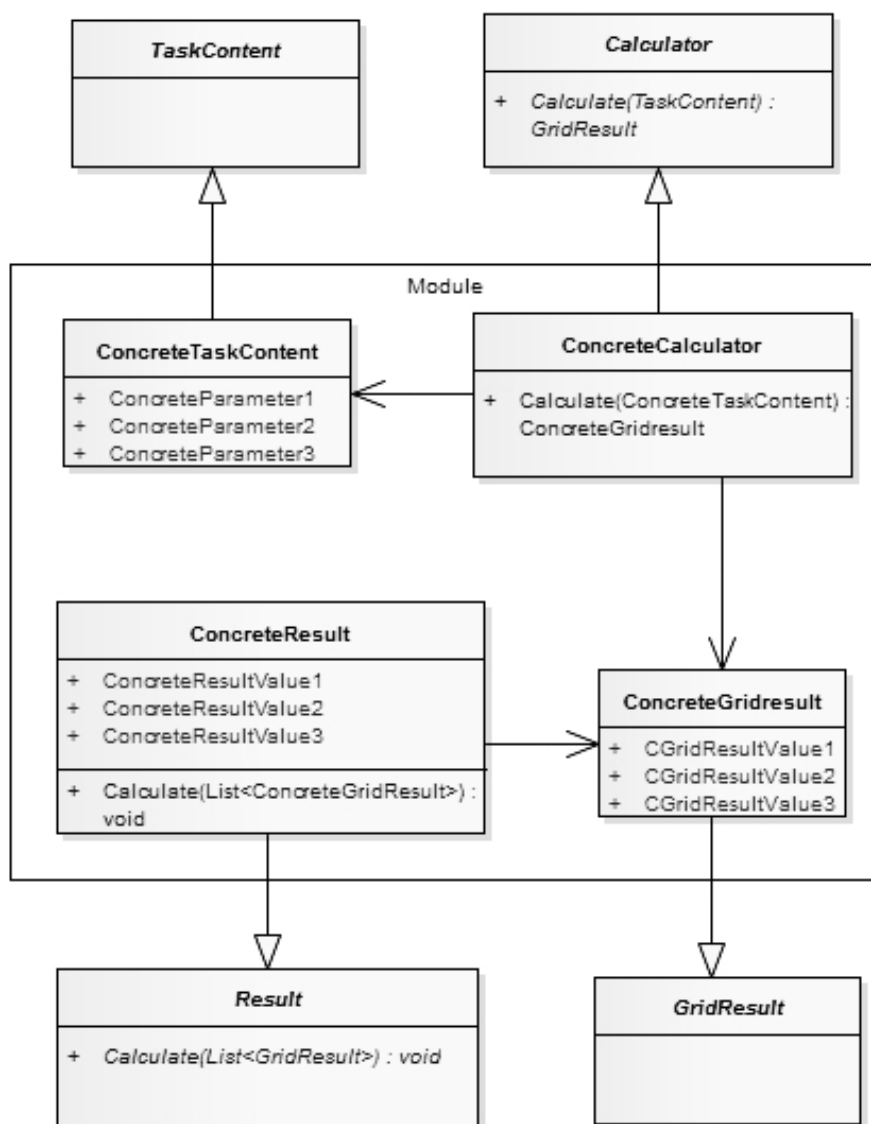


Рис. 2. Механизм создания модуля системы

Для описания задания с тремя параметрами от класса TaskContent унаследован класс ConcreteTaskContent с соответствующими полями. Для решения такого рода задач от класса Calculator унаследован класс ConcreteCalculator, «знающий», как поступать с экземплярами класса ConcreteTaskContent, передаваемыми ему при использовании. В качестве результата своей работы ConcreteCalculator возвращает экземпляр, также описанный в модуле класса ConcreteGridResult, потомка класса GridResult. И, наконец, для завершающей статистической (или любой другой) обработки результатов подзаданий и представления итогового результата всего задания от класса Result унаследован класс ConcreteResult, имеющий некие специфические методы для обработки результатов подзаданий в виде экземпляров класса ConcreteGridResult.

Очевидно, что при таком подходе задача самой системы заключается лишь в диспетчеризации работы GRID-клиентов, хранении и транспортировке задач и их результатов, не заботясь об их внутреннем содержании.

Таким образом, в ходе работы получена независимая от фактических задач модель предметной области сервера системы распределенных расчетов, а также создан универсальный каркас, позволяющий расширять круг решаемых в рамках системы задач путем создания дополнительных модулей. При условии реализации возможности указывать в описании задания модуль, необходимый для его выполнения и автоматически передавать его существующим GRID-клиентам, система становится полностью универсальной после первого же ее развертывания.

Литература

1. Тумаев П. Н. Разработка архитектуры системы распределенных вычислений на основе технологии Microsoft WCF // Информационные технологии и математическое моделирование: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (12–13 ноября 2009 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – С. 213–215.
2. Войтиков К. Ю., Моисеев А. Н. Модель компонентов распределенной системы моделирования процессов массового обслуживания // Информационные технологии и математическое моделирование: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (12–13 ноября 2009 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – С. 122–123.
3. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 544 с.

Работа выполнена при поддержке АБЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧНОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ РЕКУРСИИ В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ

Е. И. Гурова, Е. В. Киргизова

*Лесосибирский педагогический институт – филиал
Сибирского федерального университета*

В нашей статье мы хотим показать, как, используя в процессе обучения множество различных типов задач (задачный подход) по программированию рекурсии, можно сформировать у учеников определенный (продуктивный) тип мышления.

Решение учебных задач признано одним из важнейших средств развития мышления учащихся. Любая деятельность субъекта, являясь деятельностью мышления, предполагает определение и решение им последовательности задач. То, в какой мере решение задачи обуславливает развитие мышления учащихся, определяется её содержанием, методами обучения решению, личностными качествами учителя и уровнем развития мотивации решения задач.

Конкретные операции мышления развиваются при решении задач определенного класса соответствующими методами их решения. Поэтому необходимо остановиться на различных подходах к классификации учебных задач и их значении в обучении.

Школьники поначалу, естественно, не умеют самостоятельно формулировать учебные задачи и выполнять действия по их решению. До поры до времени им помогает в этом учитель, но постепенно соответствующие умения приобретают сами ученики. Именно в этом процессе у них формируется самостоятельно осуществляемая учебная деятельность, умение учиться.

В нашем исследовании мы опираемся на классификацию (см. табл. 1) и определение учебной задачи, предложенные Г. А. Баллом, который определяет задачу как «систему, обязательными компонентами которой являются: а) предмет задачи, находящийся в исходном состоянии, б) модель требуемого состояния предмета задачи» [1]. В том числе мы определяем задачу через ее структурно-компонентный состав (О. С. Зайцев, У. Р. Рейтман, А. Ф. Эсаулов, И. Я. Лернер и др.) [2].

Таблица 1

Классификация учебных задач (по Г. А. Баллу)

1. Неотнесенные типы задач	Индивидуальные и родовые задачи, материально-направленные и информационные задачи, принципиально неразрешимые и принципиально разрешимые задачи
2. Отнесенные типы задач	Индивидуальные и родовые задачи, материально-направленные и информационные задачи, принципиально неразрешимые задачи и принципиально разрешимые задачи, рутинные и нерутинные задачи, задачи, неразрешимые для определенного пользователя, и задачи, разрешимые для определенного пользователя, четкие и нечеткие задачи, внешние и внутренние задачи, теоретические и практические задачи

На основе анализа задач, приведенных в школьных учебниках по информатике, нами была выявлена типология задач с *нетрадиционной формулировкой*, решение которых предполагает перестройку известных способов решения, поиск неизвестных решателю закономерностей, способов действий. Основанием разделения задач с нетрадиционной формулировкой на четыре типа является набор известных компонентов задачи.

Задачи с *традиционной* формулировкой содержат следующие компоненты: исходные данные и вопрос; с *нетрадиционной* – 1 тип: исходные данные, вопрос и последовательность действий (ошибочная), 2 тип: исходные данные и последовательность действий, 3 тип: исходные данные и результат, 4 тип: последовательность действий и результат.

При этом можно сделать вывод, что любую из задач классификации Г. А. Балла можно представить в какой-либо из вышеуказанных формулировок.

Исходя из характеристики качеств мышления, каждый выделенный тип задач по информатике был сопоставлен с качествами продуктивного мышления, на развитие которых он оказывает преимущественное влияние (глубина, гибкость, устойчивость ума, самостоятельность и осознанность собственной мыслительной деятельности).

Задача 1. *Ханойские башни*.

Имеется три стержня А, В, С. На стержень А нанизано n дисков радиуса 1, 2, ..., n таким образом, что диск радиуса i является i -м сверху. Требуется переместить все диски на стержень С, сохраняя их порядок расположения. За один раз можно перемещать только один диск с любого стержня на любой другой стержень. При этом на каждом стержне ни в какой момент времени никакой диск не может находиться выше диска с меньшим радиусом. При каком количестве дисков количество перекладываний будет равно 8388607?

Формулировка	Условие (исходные данные)	Вопрос	Результат	Последовательность действий
Нетрадиционная	✓		✓	
<i>Неотнесенный тип задачи</i>				
1. Индивидуальная			✓	
2. Информационная			✓	
3. Принципиально разрешимая			✓	

Данный тип задачи преимущественно воздействует на осознанность, глубину, гибкость и самостоятельность ума.

Задача 2. *Двумерное множество Кантора*.

Имеется квадрат, внутренняя часть которого закрашена каким-то цветом. Этот квадрат делится на 16 равных частей. Затем удаляются 4 средних квадрата, причём изображения их границ остаются. Далее процедура повторяется для каждого оставшегося квадрата. Напишите алгоритм построения данного изображения.

Алгоритм построения квадратного множества Кантора следующий:

1. Построить квадрат размером L .
2. Разделить исходный квадрат на четыре равные части размером $L/2$.
3. Вырезать расположенный в центре квадрат размером $L/2$.
4. Для каждого из четырёх квадратов повторить шаги 2 и 3.

Формулировка	Условие (исходные данные)	Вопрос	Результат	Последовательность действий
Нетрадиционная	✓	✓		✓ Ошибочная
<i>Неотнесенный тип задачи</i>				
1. Родовая			✓	
2. Информационная			✓	
3. Принципиально разрешимая			✓	

Данный тип задачи преимущественно влияет на развитие таких качеств мышления, как осознанность, глубина и самостоятельность.

Нами было выявлено, что большую роль в развитии продуктивного мышления школьников играют задачи по информатике с нетрадиционной формулировкой. Именно такого рода задачи в большей степени способствуют развитию глубины, гибкости, устойчивости ума, самостоятельности и осознанности собственной мыслительной деятельности. Построение системы задач по информатике, направленной на развитие продуктивного мышления школьников, должно осуществляться в соответствии с условиями дифференциации задач и полноты охвата качеств продуктивного мышления.

Литература

1. Балл Г. А. Теория учебных задач: Психолого-педагогический аспект. – М.: Педагогика, 1990. – 184 с.: ил.
2. Лернер И. Я. Проблема познавательных задач в обучении основам гуманитарных наук и пути ее исследования (постановка проблемы) // Познавательные задачи в обучении гуманитарным наукам. – М.: Педагогика, 1972.
3. Бурдин А. О. О классификации задач // Совершенствование содержания и методов обучения естественно-математическим дисциплинам в средней школе. – М., 1981. – С. 3–7.
4. Зарецкий М. И. Систематичность упражнений // Сов. педагогика. – 1948. – № 3. – С. 8–40.
5. Турбовский Я. С. Взаимоотношение педагогической науки и практики как методологическая проблема // Методологические проблемы развития педагогической науки. – М.: Педагогика, 1985.

ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ERP-СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АВТОМОБИЛЬНОМ БИЗНЕСЕ, НА ПРИМЕРЕ INCADIA И 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ

О. А. Змеев, К. С. Малахов

Томский государственный университет

В настоящий момент на рынке информационных систем автоматизации предприятия широко распространены системы, реализующие кон-

цепцию построения корпоративных информационных систем, называемую ERP (Enterprise Resource Planning).

Внедрение западной ERP-системы дает различные преимущества. Как минимум большинство таких систем сертифицировано, использование такого продукта повышает привлекательность компании для зарубежных инвесторов. Но внедрение подобной западной системы создает и определенные проблемы. Такие системы ориентируются на автоматизацию управленческого оперативного учета, и, как следствие, блок формирования бухгалтерской отчетности слабо проработан либо вообще отсутствует. Кроме этого, существуют проблемы с расчетом заработной платы работников в соответствии с российским законодательством.

Проблема формирования фискальной отчетности может быть решена попыткой сформировать отчетности средствами ERP-системы либо ведением параллельного учета в какой-либо из российских систем. Первый вариант решения оставляет открытым вопрос о расчете заработной платы. Второй вариант позволяет снять проблему отслеживания изменений в российской отчетности, но требует наличия автоматизированного канала обмена данными между двумя системами. Таким образом, возникает задача создания средств, обеспечивающих обмен данными между ERP-системами и российскими системами бухгалтерского учета (РБУ).

При разработке системы обмена данными предлагается исходить из следующих предположений о характере ее предстоящего использования:

1. Работа по вводу всех первичных документов выполняется в ERP-системе, а система РБУ используется для расчета зарплаты и формирования фискальной отчетности.

2. Процедуры формирования фискальной отчетности и расчета заработной платы происходят с определенной периодичностью и не требуют обмена данными в режиме реального времени.

Можно сформулировать следующие основные требования к системе передачи данных из ERP-системы в систему РБУ [1]:

1. Обеспечение передачи всей информации, необходимой для формирования отчетности в соответствии с российскими стандартами.

2. Обеспечение передачи информации из тех разделов учета, которые ведутся в системе РБУ, а данные из них требуются для работы разделов, обслуживаемых в ERP-системе.

3. Гарантированность полноты передаваемой информации с учетом возможного внесения изменений и дополнений в информационную базу.

4. Механизм обмена не должен допускать повторной передачи ранее переданных данных, если пользователь не требует такой передачи.

5. В механизме обмена должна присутствовать процедура верификации переданной информации (в частности, проверка ссылочной целостности).

6. Настройка механизма обмена должна (в идеале) осуществляться заполнением соответствующих настроечных параметров.

Исследуемое предприятие входит в состав западного холдинга BMW AG, в котором используется информационная система управления дилерским предприятием «DMS Incadea» (на базе ERP-системы Microsoft Dynamics NAV). Эта система эксплуатируется более чем 2500 пользователями в мире и с 2003 года используется в России [2].

В роли системы РБУ выступает конфигурация «1С: Бухгалтерия» на платформе «1С: Предприятие 8.1». На такой выбор повлияли следующие факторы: хорошая поддержка со стороны разработчика; открытость и хорошая документированность платформы «1С: Предприятие»; достаточно широкая распространенность и известность системы.

Для реализации системы обмена данными использовался подход интеграции приложений «обмен файлами». При использовании такого метода не нужно использовать дополнительные промежуточные приложения. При изменении функционирования каких-то бизнес-процессов необходимо будет перенастроить шаблоны обмена данными, написание какого-то дополнительного кода будет минимальным.

Для обмена данными используются следующие средства:

- на стороне Incadea – инструмент PBiz XML-Data Exchange Manager (XML-DEM), распространяемый в виде дополнения к системе Microsoft Dynamics NAV.

- на стороне 1С: Предприятие – стандартная внешняя обработка «Универсальный обмен данными в формате XML». Правила для нее определяются с помощью конфигурации «Конвертация данных 2.0». Но, несмотря на всю мощность этого инструмента, он предназначен для обмена данными между приложениями на базе платформы 1С: Предприятие, и как следствие этого ограничения, формат xml файлов обмена определен разработчиками этой конфигурации.

- из-за сложностей, которые могут возникнуть при формировании в XML-DEM xml файла со структурой, подходящей для загрузки в базу данных 1С: Бухгалтерии используется промежуточное XSL преобразование структуры xml файла.

Процедура передачи данных между системами состоит из четырех основных этапов.

1. Создание файла обмена. Отправитель создает XML-файл, содержащий полезную информацию.

2. XSL-преобразование XML-файла.

3. Отправка файла. Файл обмена передается от отправителя к получателю.

4. Загрузка. Получатель считывает полезную информацию из XML-файла.

Чтобы механизм обмена работал по приведенной схеме, необходимо провести аналитический этап, на котором происходит создание и настройка плана обмена. Здесь можно выделить следующие шаги:

- Определение списка документов и справочников, подлежащих переносу между системами. Также надо определить в каком направлении, какие данные переносятся.

- Для выбранных типов справочников и документов необходимо определить соответствие реквизитов, подлежащих переносу, а также уточнить реквизиты, по которым будет происходить идентификация элементов.

- Для документов и справочников, которые ведутся на стороне системы 1С: Бухгалтерия и подлежат переносу в Incadea, необходимо создать план обмена в конфигурации в «Конвертации данных 2.0» на базе платформы 1С: Предприятие.

- Для документов и справочников, которые загружаются или выгружаются из системы Incadea, необходимо создать объекты обмена XML-DEM в соответствии с результатами шагов 1 и 2.

Положительные стороны:

- решение слабо связывает интегрируемые системы, т.е. внутренние изменения одной из систем слабо влияют на интерфейс взаимодействия;

- количество изменений в системах, которые необходимо произвести для достижения цели, напрямую зависит от разнородности внутренней структуры приложений. В случае решаемой задачи интеграции систем Incadea и 1С: Предприятие, в системе Incadea были внесены незначительные изменения.

Отрицательные стороны:

- заказчику необходимо приобрести Add-on PBiz XML Data Exchange Manager (XML-DEM). Это дополнение к системе значительно упрощает процесс интеграции, но за его использование необходимо заплатить сумму денег (хотя и небольшую);

- из-за невозможности использования единого формата данных, в решении использован внешний java-скрипт, выполняющий xsl-преобразование, но его выполнение прозрачно для пользователя.

В разработанном решении проблема своевременности доставки данных ложится на плечи ответственных пользователей системы.

Литература

1. Интернет-сайт компании Интерфейс [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – корпорация Интерфейс 2006. – Режим доступа: <http://interface.ru>, свободный.

2. Интернет-сайт компании Крок [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Компания Индивид 2009. – Режим доступа: <http://сгос.ru>, свободный.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА КОМПЬЮТЕРАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Р. К. Иванов

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В современном мире, где обладание различного рода информацией означает обладание другими ресурсами, например, такими как деньги, ярко встает вопрос по получению и защите информации.

В то время как информационная безопасность – это состояние защищенности информационной среды, защита информации представляет собой деятельность по предотвращению утечки защищаемой информации, несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию, то есть процесс, направленный на достижение этого состояния.

В данной работе рассматривается криптографический метод защиты информации в компьютерных системах.

Криптография (от греч. *κρυπτός* – скрытый и *γράφω* – пишу) – наука о методах обеспечения конфиденциальности (невозможности прочтения информации посторонним) и аутентичности (целостности и подлинности авторства, а также невозможности отказа от авторства) информации.

Изначально криптография изучала методы шифрования информации — обратимого преобразования открытого (исходного) текста на основе секретного алгоритма и/или ключа в зашифрованный текст (шифртекст). Традиционная криптография образует раздел симметричных криптосистем, в которых зашифрование и расшифрование проводится с использованием одного и того же секретного ключа. Помимо этого раздела современная криптография включает в себя асимметричные криптосистемы, системы электронной цифровой подписи (ЭЦП), хеш-функции, управление ключами, получение скрытой информации, квантовую криптографию.

Основная цель данной работы состоит в проектировании и последующей реализации программы для защищенного хранения данных на компьютере и переносных носителях информации.

В данной работе используется симметричное шифрование, то есть процесс шифрования и расшифровки происходит с использованием одного закрытого ключа.

Симметричный шифр – это шифр, в котором ключ дешифровки совпадает с ключом шифрования. После согласования ключа отправитель шифрует сообщение, используя ключ, отправляет получателю, и получатель дешифрует сообщение, используя тот же самый ключ. Симметричные шифры делятся на блочные, которые обрабатывают данные блоками и потоковые, обрабатывающие данные побитно или побайтно.

Так как в данной программе ключ находится только у одного пользователя, который и работает с программой и программа не рассчитана для

работы в сети, то сразу отпадает 2 основных недостатка симметричного шифрования:

- проблема управления ключами в большой сети;
- сложность обмена ключами;

т. е. пользователю не нужно распространять свои ключи, так как только он будет работать с хранимой информацией.

Также симметричное шифрование обладает многими достоинствами по сравнению с другими видами шифрования. Рассмотрим достоинства симметричного шифрования.

- 1) данный метод отличается более высокой скоростью работы, что по сравнению с асимметричным шифрованием в 3 раза быстрее;
- 2) простота реализации (за счёт более простых операций);
- 3) меньшая требуемая длина ключа для сопоставимой стойкости;

Ключ – это секретная информация, которая используется криптографическим алгоритмом при шифровке и дешифровке сообщений, постановке и проверке ЭЦП, а также для вычисления кодов аутентичности в MAC системах. Результат шифрования зависит от ключа при использовании одного и того же алгоритма. Для современных алгоритмов криптографии утрата ключа приводит к невозможности расшифровки информации. Надежность криптографической системы определяется сокрытием секретных ключей, а несокрытием используемых алгоритмов или их особенностей. Длина ключа измеряется в битах. Для симметричных алгоритмов шифрование с использованием ключа длиной 128 бит считается сильным, так как для расшифровки такого шифра без ключа потребуются годы. Для асимметричного шифрования сильным считается шифр с длиной ключа 1024 бита.

- 4) изученность (за счёт большего возраста);
- 5) более высокая конфиденциальность.

Рассмотрим алгоритм работы с программой. Пользователь создает свою учетную запись, состоящую из имени и пароля. Впоследствии они будут нужны для шифрования данных. Основной ключевой момент состоит в создании так называемого контейнера – зашифрованного хранилища для файлов. После того как пользователь создал свою учетную запись он может приступить непосредственно к работе с программой, то есть созданию контейнеров и добавлению в них файлов. При создании контейнера пользователь назначает ему пароль, который и будет использоваться как ключ для симметричного шифрования. Контейнеры хранятся на диске, как файлы, и пользователь может помещать их в любое удобное для себя место. При подключении контейнера программа запросит пароль, который пользователь назначил для данного контейнера.

Пользователь может работать с несколькими контейнерами одновременно.

С появлением различных устройств для мобильной транспортировки информации (различные карты памяти и прочее), к сожалению, вырос риск утери или кражи данных устройств и, соответственно, информации

на них. Во избежание попадания информации в чужие руки в ход идет шифрование данных на этих устройствах.

Разрабатываемая программа позволяет поместить данные в зашифрованный контейнер, поместить их на съемный носитель и перенести на другой компьютер. При этом можно перенести и саму программу, так как она не требует установки и может работать сразу после запуска.

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «СВЕДЕНИЯ О ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА Р. БЕЛОЙ»

Н. Н. Красногорская, Т. Б. Фащевская, Ц. В. Нечаева,

Э. Р. Янгирова, Я. С. Волков

Уфимский государственный авиационный технический университет

Водосборный бассейн реки Белой является территорией с развитой хозяйственной деятельностью. На р. Белой расположены крупнейшие промышленные и экономические центры республики: Мелеуз, Ишимбай, Салават, Стерлитамак, Уфа и другие. Развитие хозяйственной деятельности приводит к увеличению воздействия на водные объекты. Большинство отраслей промышленности республики Башкортостан являются водоемкими. Также в руслах рек ведутся работы по добыче строительных материалов, таких как песок, гравий. В результате антропогенного воздействия меняются руслоформирующие характеристики рек: уровень и расход воды. Также в последние десятилетия происходит изменение климата, что отражается на водном балансе территории. Для прогнозирования последствий изменения гидрологического режима водотоков под воздействием природных и антропогенных факторов необходимо исследовать динамику гидрометеорологических характеристик. В связи с этим является актуальным создание информационно-аналитической базы данных о гидрологических и метеорологических параметрах водосборного бассейна реки Белой.

Программное обеспечение Информационно-аналитическая база данных «Сведения о гидрометеорологических характеристиках водотоков бассейна реки Белой» предназначено для хранения и анализа сведений о гидрологических (уровень и расход воды) и климатических (температура воздуха и количество осадков) параметрах рек Бельского бассейна, измеряемых гидрологическими и метеорологическими постами Башкирского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (БашУГМС). Приведены данные 46 постов, распределенных между тремя гидрологическими станциями (ГС Уфа – 24 поста, ГС Стерлитамак – 17 постов, ГС Павловка – 5 постов) за период 1936–2006 гг.

Данная программа реализована под платформу .Net на языке C# с использованием интерфейса OLEDB для взаимодействия с базами данных Access. Программа также предназначена для визуализации экспериментальных данных и наглядного представления гидрологических постов на

географической карте. Объем базы данных составляет 20,8 мегабайт. Есть возможность дополнения базы.

После запуска программы на экране появляется окно, которое позволяет задать атрибуты для дальнейшей работы и анализа данных. В данном окне можно выбрать: гидрологическую станцию, гидрологический пост, тип данных (гидрологические и метеорологические), исследуемые гидрологические характеристики, а также временной интервал. Результат представляется в виде таблицы, содержащей следующие столбцы: год, средние значения выбранных параметров. При двойном клике на поле «год» появляются средние месячные значения исследуемых характеристик (рис. 1).

Год	Месяц	Уровень воды, см
1939		114
1940		
1941		203
1942		179
1943		154
1944		140
1945		189
	Январь	91
	Февраль	96
	Март	101
	Апрель	242
	Май	432
	Июнь	247
	Июль	172
	Август	148
	Сентябрь	137
	Октябрь	160
	Ноябрь	241
	Декабрь	205
1946		221
1947		216
1948		183

Рис. 1. Вывод результата выбранных атрибутов

В программе реализована возможность построения графиков различных типов:

- хронологических, показывающих зависимость гидрологических и метеорологических параметров от выбранного интервала времени;
- хронологических графиков гидрометеорологических характеристик нескольких гидрологических постов на одном поле;
- графиков внутригодового изменения гидрологических и метеорологических параметров за выбранный интервал времени на одном поле;
- хронологических графиков нескольких гидрометеорологических характеристик на одном поле;
- графиков изменения гидрометеорологических характеристик водотоков по годам, по фазам, месяцам;
- набегающей суммы исследуемых характеристик (рис. 2).

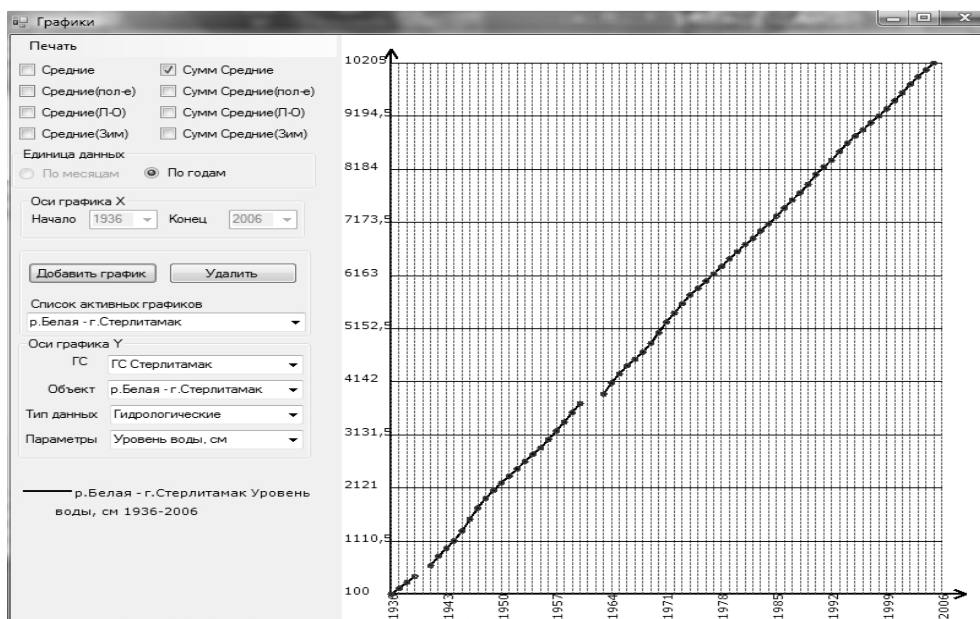


Рис. 2. Построение графика набегаящей суммы среднегодовых значений уровня воды р. Белой в створе г. Стерлитамака за период 1936–2006 гг.

Представлена возможность выбора гидрологического поста на физической карте Республики Башкортостан и ознакомление с его описанием (рис. 3).

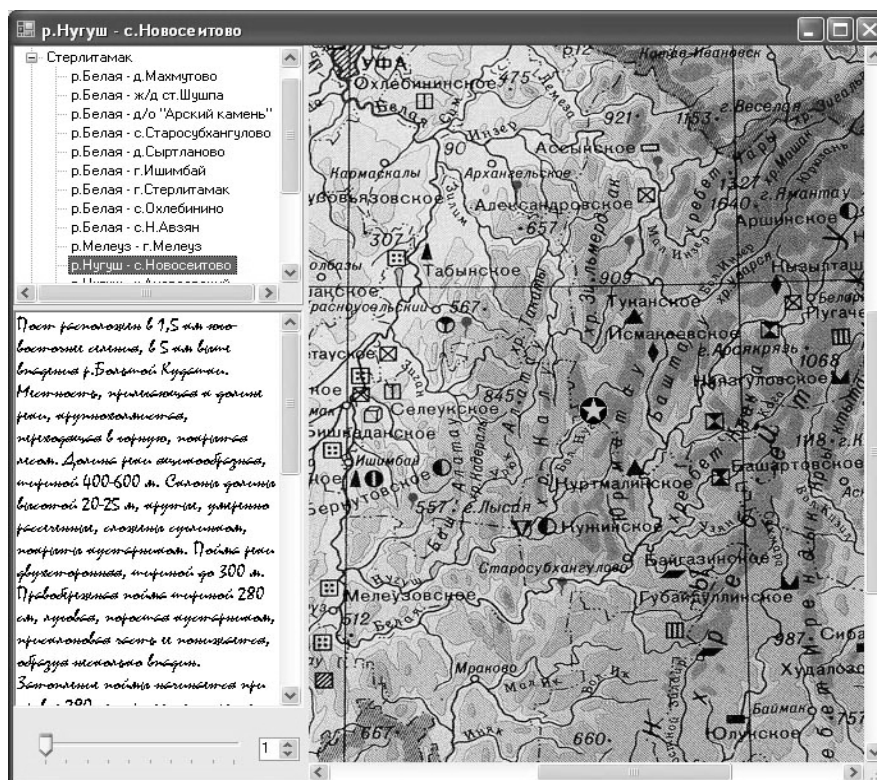


Рис. 3. Выбранный гидрологический пост (на карте отмечен звездочкой) и его описание (слева от карты)

Программа может быть использована как в учебных целях, так и при проведении научных исследований.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ОТДЕЛА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ В КОНФИГУРАЦИИ «УПРАВЛЕНИЕ ТОРГОВЛЕЙ»

В. В. Мангазеев, А. Б. Орлов

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

На каждом предприятии существует проблема обработки различного рода данных. В настоящее время практически в каждом предприятии происходит процесс перехода на компьютерную обработку и анализ данных. Предприятия различаются по сфере деятельности (общественное питание, производство различных товаров, услуги, покупка – продажа товаров, бюджетные организации и т. д.). Причем на этих предприятиях встречается три плоскости обработки данных: для обработки бухгалтерских документов, для расчета различного рода данных, для обработки документов в оперативном режиме. Кроме этого, на двух предприятиях, которые занимаются одним видом бизнеса, практически никогда не получится использовать одну и ту же программу для обработки данных. На каждом предприятии, даже занимающихся одним видом бизнеса, существуют свои особенности (цели, например), которые должны быть отражены в программе, предназначенной для обработки данных, образующихся на данном предприятии. На сегодняшний день существует система программ 1С: Предприятие, с помощью которой можно решить вышеперечисленные проблемы.

Материально-техническое обеспечение производства как компонент логистики и обеспечивающей подсистемы системы производственного менеджмента во многом определяет качество процесса переработки входа системы в ее выход – готовый продукт. При низком качестве входа системы невозможно получить высокое качество ее выхода. Процесс материально-технического обеспечения производства направлен на своевременную поставку на склады предприятия или сразу на рабочие места требуемых в соответствии с бизнес-планом материально-технических ресурсов.

В состав материально-технических ресурсов входят: сырье, материалы, комплектующие изделия, покупное технологическое оборудование и технологическая оснастка (приспособления, режущий и мерительный инструменты), новые транспортные средства, погрузочно-разгрузочное оборудование, вычислительная техника и другое оборудование, а также покупное топливо, энергия, вода. Другими словами, все, что поступает на предприятие в вещественной форме и в виде энергии, относится к элементам материально-технического обеспечения производства.

Актуальность данного исследования истекает из многочисленного использования системы 1С: Предприятие в организациях и предприятиях города.

Цель исследования – разработать конфигурацию для расчёта показателей, которые можно использовать при мотивировании персонала отдела материально-технического снабжения средствами 1С: Предприятие 8.0, конфигурации «управление торговлей».

Достижение поставленной цели потребовало решения ряда задач:

- 1) анализ деятельности отдела снабжения;
- 2) разработка механизма начисления премии для отдела снабжения;
- 3) проектирование разрабатываемых объектов в конфигурации для реализации механизмов премиальной системы;
- 4) собственно реализация в прикладном решении «управление торговлей».

В результате получили расширенную типовую конфигурацию «Управление торговлей», реализовав следующие объекты:

Документ «Поставки плановые» – документ фиксирует планы по поставке в организацию материалов в разрезе сроков, количества и стоимости на дату планирования и формирования бюджетов снабжения.

Документ «Поставки фактические» – документ фиксирует факт поставки в организацию материалов в разрезе сроков, количества и стоимости.

Отчет по поставкам в количественном выражении содержит данные об отклонениях факта от плана в количестве и сумме материалов с расчетом коэффициентов, используемых при начислении премии.

Отчет по датам поставкам показывает отклонения в разрезе дат поставок с расчетом коэффициентов, используемых при начислении премии.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕПЛОМАССООБМЕНА ПРИ РОСТЕ КРИСТАЛЛА

М. Ю. Медведева, Ю. В. Бабушкин

Томский политехнический университет

Кристаллы находят широкое применение в средствах связи, лазерной технике, нелинейной оптике и других областях науки и техники. К их структуре и однородности предъявляются весьма высокие требования. Конвекция, тепло- и массообмен являются теми механизмами, посредством которых условия роста кристалла связаны с его структурой и свойствами. К числу факторов, влияющих на тепловые и гидродинамические процессы при росте кристаллов, относятся способ подвода тепловой энергии, т. е. величина и ориентация потока тепловой энергии и фронта кристаллизации по отношению к направлению силы тяжести, геометрия ростового контейнера, наличие свободной поверхности, применение различных внешних воздействий (вращение ампулы, магнитное поле и другое). Действие конвекции может быть как благоприятным при переносе легирующих примесей, так и неблагоприятным, что приводит к появлению макро- и микронеоднородностей распределения легирующих примесей в

кристаллах. Исследование процесса выращивания кристаллов требует создания специализированной математической модели, основанной на уравнениях теплопроводности и Навье–Стокса [1].

Анализ существующих программных средств показывает, что решение поставленной задачи может быть осуществлено в пакете программ Comsol Multiphysics. Составим компьютерную модель процессов тепло- и массопереноса при выращивании кристалла в пакете Comsol Multiphysics.

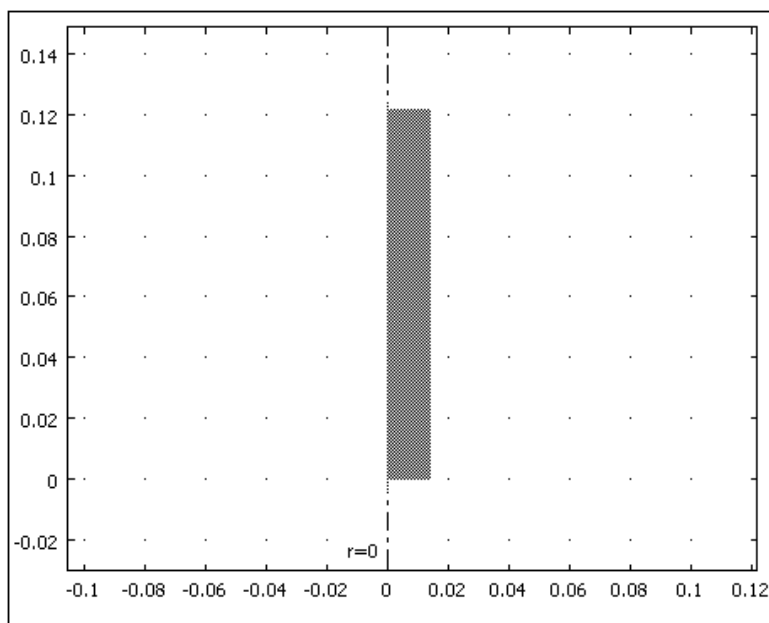


Рис. 1. 2D осесимметричная модель кристалла

В данном пакете моделирование теплопередачи реализуется в разделе Heat Transfer Module>Fluid-Thermal Interaction>Non-Isothermal Flow>Steady-state analysis [2].

Моделирование процесса кристаллизации осуществляется с помощью двух режимов: General Heat Transfer и Weakly Compressible Navier-Stokes

Процессы переноса тепла в расплаве и кристалле описываются уравнениями теплопроводности:

$$\begin{aligned}\nabla \cdot (-k \nabla T) &= Q - (\rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T), \\ \nabla \cdot (-k \nabla T) &= Q,\end{aligned}$$

где k – теплопроводность, $W/m \cdot K$, C_p – теплоемкость, $J/kg \cdot K$, Q – удельная мощность нагревателя (источник тепла), W/m^3 , ρ – плотность, kg/m^3 ; T – температура, K , $\mathbf{u}$ – вектор-скорость, m/s .

При прохождении ампулы с рабочим веществом через зону кристаллизации расплав охлаждается и застывает. На данном этапе образуется скрытая теплота кристаллизации. В целом количество тепла на единицу массы при фазовом переходе определяется изменением энтальпии ΔH . Предполагается, что между твердой и жидкой фазами существует переходная зона шириной $1K$, в которой теплофизические свойства рабочего вещества изменяются от свойств расплава до кристалла. Например, C_p за-

меняется на $(C_p + \delta\Delta H)$, где ΔH – скрытая теплота кристаллизации, а δ является Гауссовой кривой, имеющей вид

$$\delta = \frac{\exp(-(T - T_m)^2 / (\Delta T)^2)}{\Delta T \sqrt{\pi}}.$$

Здесь T_m – температура плавления, K , а ΔT обозначает половину ширины переходной зоны, K . Изменение теплоемкости можно аппроксимировать следующим образом:

$$\Delta C_p = \frac{\Delta H}{T}.$$

Это изменение представляется с помощью ступенчатой функции Хевисайда, встроенной в COMSOL Multiphysics (flc2hs) [2].

В режиме Weakly Compressible Navier – Stokes решается система уравнений, описывающая скорость движения и давление в жидкости:

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = \nabla \cdot [-p\mathbf{I} + \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) - (2\eta/3 - \kappa)(\nabla \cdot \mathbf{u})\mathbf{I}] + \mathbf{F},$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0,$$

где η – динамическая вязкость, а κ является объемной вязкостью (в данном случае равна 0), p – давление, $\mathbf{F}$ – сила, возникающая в расплаве за счет разности скоростей ампулы и расплава, её можно представить в виде

$$\mathbf{F} = \frac{(1 - B)^2}{B^3 + \varepsilon} A_{\text{mush}} (\mathbf{u} - \mathbf{u}_{\text{cast}}),$$

где B – объемная доля расплава; A_{mush} и ε представляют произвольные константы и $\mathbf{u}_{\text{cast}}$ – скорость движения ампулы. Доля расплава B определяется по формуле

$$B = \begin{cases} 1 & | (T > T_m + \Delta T) \\ (T - T_m + \Delta T) / (2\Delta T) & | (T_m - \Delta T) \leq T \leq (T_m + \Delta T) \\ 0 & | T < (T_m - \Delta T) \end{cases}.$$

Алгоритм моделирования тепловых и гидродинамических процессов в расплаве с применением пакета программ Comsol Multiphysics состоит из следующих этапов:

1. В программной среде Comsol Multiphysics задается геометрия ампулы в соответствии с рис. 1;
2. Вводятся параметры и константы в меню Options;
3. Вводятся начальные и граничные;
4. Генерируется сетка решателя;
5. Решается система уравнений для скорости движения расплава, давления и температуры;
6. Результаты решения выводятся на экран дисплея.

Литература

1. Полежаев В. И., Буне А. В., Вережуб Н. А. и др. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнения Новье – Стокса. – М.: Наука, 1987. – 272 с.

ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ ЯДРА СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

А. Н. Моисеев¹, М. В. Синяков²

¹*Томский государственный университет*

²*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

При исследовании процессов в различных экономических, физических, технических и других системах зачастую применяются математические модели систем массового обслуживания (СМО). Они представляют собой системы специального вида, реализующие многократное выполнение однотипных задач.

Схематически систему массового обслуживания можно представить в следующем виде:



Рис. 1. Общий вид системы массового обслуживания

Одним из методов исследования систем массового обслуживания является метод имитационного моделирования, суть которого заключается в построении модели имитирующей работу реальной системы во времени [1].

В работе представлено построение объектно-ориентированной имитационной модели системы массового обслуживания с одним или несколькими блоками обслуживания. Стоит отметить, что имитационная модель разрабатывается на основе дискретно-событийного метода имитационного моделирования с переменным шагом, при этом объектно-ориентированный подход к разработке модели позволяет представить систему в виде взаимосвязанных объектов, представляющих собой отдельные, самостоятельно функционирующие элементы системы массового обслуживания. Под процессом функционирования системы будем понимать последовательность смены состояний системы во времени, а процесс перехода системы из одного состояния в другое назовем событием системы.

Рассмотрев основные элементы СМО, логику функционирования и принципы взаимодействия ее элементов была получена статическая структура для разрабатываемой модели, представленная на рис. 2.

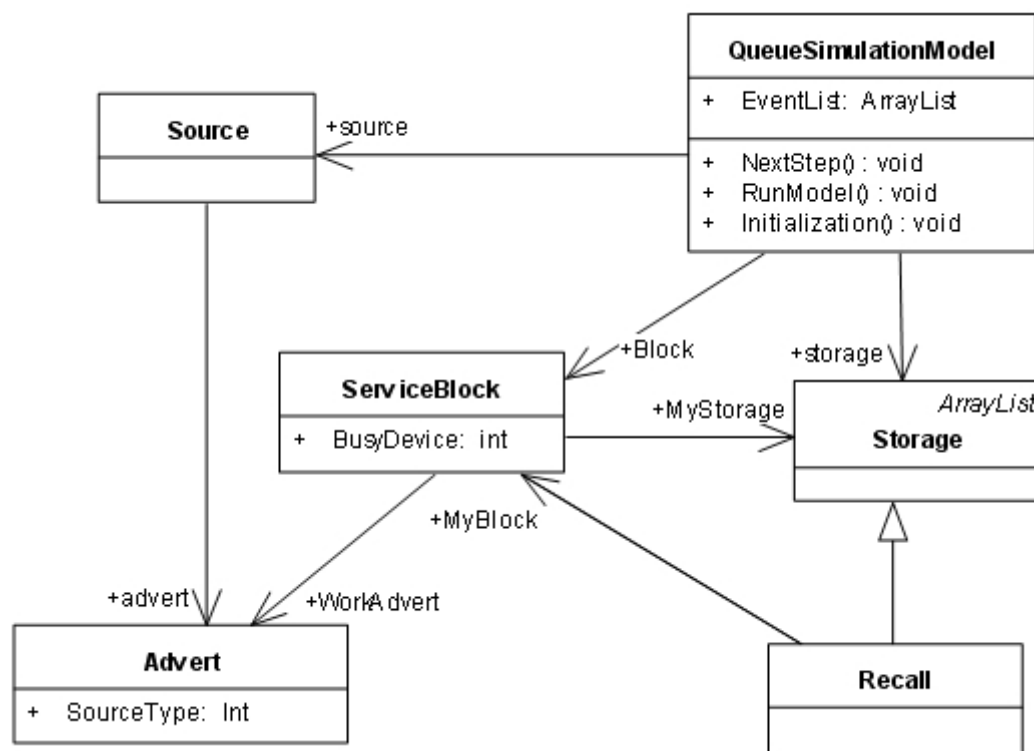


Рис. 2. Основные классы системы

Как видно из диаграммы, центральным элементом системы является объект QueueSimulationModel, представляющий собой саму имитационную модель. Для запуска основного имитационного цикла используется метод RunModel(). Также в системе предусмотрена возможность пошагового выполнения имитационного цикла. Для этого используется метод NextStep(), реализация которого заключается в поиске ближайшего по времени события и его обработке. Стоит отметить, что модель может быть запущена с начальным состоянием системы, которое задается методом Initialization(), суть которого заключается в определении текущего состояния каждого элемента системы.

Класс QueueSimulationModel имеет поле EventList, представляющее собой список событий системы, отсортированных по времени их возникновения.

За формирование входящего потока заявок отвечает класс Source. Экземпляр класса Advert представляет собой заявку определенного типа (SourceType). Тип заявки задается источником заявок. При этом каждый блок обслуживания обслуживает заявки только определенного типа.

Блок обслуживания состоит из конечного или неограниченного числа обслуживающих приборов, на которых происходит обслуживание конкретной заявки. Блок обслуживания может иметь очередь произволь-

ной длины или источник повторных вызовов (ИПВ). В разрабатываемой модели СМО блок обслуживания представлен классом ServiceBlock.

Очередь (класс Storage) представляет собой список, куда помещаются вновь пришедшие заявки, в случае если все приборы заняты. Занятость приборов определяется полем BusyDevice класса ServiceBlock, которое содержит текущее значение занятых приборов. Вместо очереди блок обслуживания может содержать ИПВ, который вновь обращается к приборам с попыткой повторного обслуживания через случайные интервалы времени.

Таким образом, в работе предложен подход к построению архитектуры ядра системы имитационного моделирования процессов массового обслуживания.

Литература

1. Кобелев Н. Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. – М.: Дело, 2003. – 333 с.

Работа выполнена при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)», проект № 4761 «Разработка методов исследования немарковских систем массового обслуживания и их применение к сложным экономическим системам и компьютерным сетям связи».

УЧЕТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ СТОЯНКИ НА ПЛАТФОРМЕ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8.0

А. Б. Орлов, А. К. Челнаков

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В настоящее время все большее количество предприятий задумывается о построении эффективных автоматизированных систем учета и управления. Сегодня системы автоматизации становятся для компании условием конкурентоспособности. Не вызывает сомнения, что основным критерием положительной оценки заказчиком произведенных работ является их экономическая эффективность, то есть повышение прибыльности бизнеса с учетом затрат на автоматизацию.

На сегодня в г. Анжеро-Судженск существует несколько организаций, оказывающих услуги по предоставлению парковочных мест на автомобильных стоянках. Большинство из них ведут документальный учет вручную, что является достаточно трудоемким и неэкономичным процессом. Поэтому потребовалось разработать программный продукт для автоматизации учета деятельности автомобильной стоянки, отличительной особенностью которого должны являться простота применения в сочетании с несложной структурой данных, способной хранить необходимую информацию.

Реализация описанной цели выделяет ряд следующих задач:

- изучение порядка оказания услуг автомобильными стоянками и нормативных документов, регулирующих их деятельность;
- проектирование информационной системы;
- реализация программного продукта;
- анализ полученных результатов.

В качестве платформы для разработки программы была выбрана система 1С: Предприятие 8, которая имеет в своей основе ряд механизмов, определяющих концепцию создания прикладных решений. Наличие этих механизмов позволяет максимально соотнести технологические возможности с бизнес-схемой разработки и внедрения прикладных решений.

Технологическая платформа «1С: Предприятие 8.0» содержит средство разработки, с помощью которого создаются новые или изменяются существующие прикладные решения. Анализ типовой конфигурации «Управление торговлей» показал, что данное прикладное решение не может в полной мере соответствовать предъявляемым к информационной системе требованиям. Поэтому реализация проводилась на базе чистой конфигурации.

В результате реализации получены следующие результаты:

- Проанализирована предметная область, в соответствии с Налоговым кодексом РФ, Гражданским кодексом РФ, постановлением правительства №795 «Об утверждении правил оказания услуг автостоянок».
- На основе модели предметной области выявлены конкретные задачи, решением которых должна заниматься программа:
 - хранение необходимой справочной информации;
 - оформление документов по оказанию услуг;
 - формирование отчетов;
 - вывод документов и отчетов на печать.
- Построены необходимые диаграммы:
 - структура данных;
 - диаграмма вариантов использования;
 - диаграммы последовательности;
 - диаграммы анализа.
- Программный продукт реализован при помощи технологической платформы 1С:Предприятие 8.

В результате получен программный продукт, выполняющий следующие функции:

- хранение справочной информации о сотрудниках и клиентах автостоянки, а также об автомобилях клиентов;
- оформление документов на разовое пользование автостоянкой, а также на бронирование места на стоянке на определенный период времени;
- формирование отчетов по кассе, по выручке сотрудников автостоянки и по оказанным услугам конкретному клиенту;

- предусмотрена возможность вывода документов и отчетов на печать.

Разработанная программа предназначена для использования на автомобильных стоянках города, оказывающих услуги по предоставлению парковочных мест и не несущих ответственность за сохранность транспортного средства.

Программа отражает факты совершения хозяйственных операций в организации и предоставляет возможность формирования нескольких видов отчетов.

СЛОВАРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ БЛОК СИСТЕМЫ «СТИЛЕАНАЛИЗАТОР»

В. В. Поддубный, О. Г. Шевелев, А. С. Кравцова, А. А. Фатыхов
Томский государственный университет

Проект программного комплекса «СтилеАнализатор», предназначенного для выполнения полного цикла анализа текстов, был начат в 2004 году в Томском государственном университете (ТГУ). С 2005 года разработчики факультета информатики ТГУ стали сотрудничать с группой лингвистов с филологического факультета МГУ им. Ломоносова. Главной целью исследований научного коллектива было выявление набора признаков, которые бы позволяли устойчиво различать стили текстов (Грант РФФИ 06-07-89320). В ходе совместных работ в «СтилеАнализатор» [1] были включены:

1. Предварительная обработка текстов и преобразование их к количественному виду.
2. Обработка полученных количественных данных.
3. Анализ данных с помощью различных методов, таких как иерархический кластерный анализ по различным мерам расстояния, деревья решений, энтропийный метод Хмелева и его модификации, нейронные сети прямого распространения, факторный линейный и нелинейный анализ и др.
4. Вывод данных в удобном для анализа виде.
5. Загрузка промежуточных и конечных результатов обработки.

Сейчас «СтилеАнализатор» активно используется коллективом лингвистов Лаборатории общей и компьютерной лексикологии и лексикографии МГУ им. Ломоносова.

Комплекс был разработан как локальное многооконное приложение (MDI), что по сравнению с имеющимися программами DOS было существенным шагом вперед. Однако позднее проявились различные ограничения. Например, «СтилеАнализатор» работает только в ОС Windows и взаимодействует только с определенными версиями текстовых и графических редакторов. Кроме всего прочего, исследования требуют все больших объемов данных, а интерфейс системы не позволяет их обрабатывать. Возникла необходимость в параллельных вычислениях.

Как следствие, в сентябре 2009 года было решено начать разработку нового поколения «СтилеАнализатора». Основная идея – на основе старой системы создать веб-приложение, работающее с текстами в базе данных. Такой подход существенно облегчает работу территориального распределенного коллектива, позволяет предоставлять отдельные функции системы заинтересованным людям. Разработка ведется на языке Java, используется СУБД MySQL и самые современные средства и технологии, такие как Spring Framework, Google Web Toolkit. Распределение прав пользователей и параллельные вычисления закладываются в систему с самого начала.

В старой версии «СтилеАнализатора» пользователь задавал уже готовый набор фиксированных признаков, характеризующих, по его мнению, стиль текстового произведения того или иного жанра. В такой набор, например, могли входить служебные слова, наиболее частотные слова, биграммы и т.п. Каждый признак измерялся количественно частотой его появления в исследуемом тексте произведения. Выявленные характеристики определяли пространство признаков стилей текстов. На выбранном наборе признаков, путем различных математических методов, проходил анализ, в результате получались новые количественные данные, которые зачастую было сложно интерпретировать с лингвистической точки зрения. Необходимость выбора набора исходных признаков существенно ограничивала полноту анализа. В программе не хватало инструмента для анализа исходных текстов, который бы помогал осуществить этот выбор.

В новой версии «СтилеАнализатора» в первую очередь разрабатывается словарно-аналитический блок, который как раз помогает проанализировать исходную информацию в текстах и выявить наиболее перспективные с точки зрения различия стилей признаки – фразы и слова. Одна из частей блока – построение матрицы частот встречаемости всех словоупотреблений или словоформ в выбранных текстах, на основе ранее наложенных пользователем фильтров и ограничений, где словоупотребления или словоформы размещаются по строкам, а тексты – по столбцам. Предполагается, что в более поздних версиях программы подобную матрицу можно будет построить не только по словоупотреблениям и словоформам, но и по грамматическим характеристикам слов, а также другим единицам текста и их характеристикам – морфемам, биграммам, сочетаниям слов и т.д. С данной матрицей производятся различного рода операции: автоматическая сортировка строк по частотам, дисперсиям и т.п., автоматическая и ручная маркировка столбцов-текстов и строк, автоматическое присваивание информационных характеристик группам слов и т.д.

Следующим логическим этапом развития словарно-аналитического блока является усовершенствование процедур корпусной лингвистики. Корпусная лингвистика направлена на создание и совершенствование корпусов текстов, а также на их применение в качестве инструмента лингвистического исследования [2]. Лингвистическим корпусом называют совокупность текстов, собранных в соответствии с определёнными принципами, размеченных по определённому стандарту и обеспеченных специа-

лизированной поисковой системой. Корпус нужен для обеспечения научных исследований лексики и грамматики языка, а также языковых изменений. Другая задача корпуса — предоставление всевозможных справок, относящихся к указанным областям (лексика, грамматика, акцентология, история языка). В новый «СтилеАнализатор» планируется включить удобные механизмы для создания оперативного корпуса текстов, предназначенного для конкретных исследований, и навигации по нему. Помимо расчета частотных словарей в виде вышеупомянутой матрицы предполагается, в частности, реализация нахождения пересечения и дополнения словарей групп текстов.

В данный момент ведется работа над базовыми функциями работы с корпусом и реализацией словарно-аналитических методов, которые были слабо представлены в настольной версии программы. Предполагается, что первый год две системы будут использоваться сообща. Веб-версия в первую очередь воплотит в себе функциональность работы с корпусом текстов, обеспечит импорт текстов из старой системы и экспорт обратно. Старая система пока будет использоваться для работы с количественными данными. В дальнейшем ее функции постепенно будут перенесены в новый «СтилеАнализатор».

Литература

1. Шевелёв О. Г. Разработка и исследование алгоритмов сравнения стилей текстовых произведений: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2006.
2. Яскевич А. А. Корпусная лингвистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://philology.by/page/corpling>, свободный.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ

А. Н. Прокудин

*Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика
М. Ф. Решетнева*

Одной из основных задач конструирования электронной аппаратуры систем электропитания космических аппаратов является задача размещения конструктивов i -го уровня проектирования в конструктивах $i+1$ -го уровня. Существуют два класса алгоритмов решения задачи размещения как задачи синтеза конструкций: класс последовательных и класс итерационных алгоритмов.

Для оценки эффективности из класса последовательных алгоритмов был выбран метод ветвей и границ, рассматривающий задачу размещения как задачу квадратичного назначения. Из класса итерационных был выбран метод длинных и коротких ребер, рассматривающий специальную задачу размещения.

Исходными данными для решения задачи размещения являются: математическое описание схемы в виде матрицы R взвешенного графа схемы (ВГС); описание коммутационного поля в виде матрицы расстояний

D ; начальное размещение (только для итерационного алгоритма). Критерием оптимальности является минимизация суммарной длины соединений (СДС):

$$L = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n r_{ij} d_{p(i)p(j)};$$

где r_{ij} – элемент матрицы R , d – элемент матрицы D , p – номер позиции элемента.

Задача заключается в отображении вершин ВГС в позиции коммутационного поля.

Метод ветвей и границ основан на переборе определенных вариантов решений задач при условии, что это число конечно. При этом в общем случае полный перебор вариантов решения задачи заменяется частичным. Определение оптимального варианта решения задачи состоит из двух основных операций метода, выбор которых, собственно, и определяет эффективность – это операции ветвления и отсечения. *Ветвление*. Для разбиения множества решений на подмножества будем фиксировать некоторые вершины в определенных позициях. Используя этот метод ветвления, можно найти подмножество, содержащее единственное, искомое решение. *Отсечение*. Для каждого подмножества решений, полученного на очередном шаге алгоритма, вычисляется нижняя граница – предполагаемое наименьшее значение СДС для данной ситуации [1].

Метод длинных и коротких ребер. Основная идея алгоритма заключается в том, что после начального размещения в виде графа $G(X, R)$ для каждой вершины $x_i \in X$ множество R_i инцидентных ребер разбивается на два подмножества: R_i' – «короткие» ребра и R_i'' – «длинные» ребра. На основе такого деления определяются пары вершин, перестановки которых приводят к уменьшению суммарной длины связей [2].

На рис.1 представлена диаграмма потоков данных подсистемы проектирования, реализующей рассмотренные алгоритмы. Входными данными для подсистемы является текстовый файл списка соединений схемы проектируемого электронного устройства. После обработки файла формируется матрица R . Далее полученное внутреннее представление передается процедуре начального размещения, которая производит размещение элементов в простом лексикографическом порядке. Процедура визуализации производит отображение схемы и КП на форму в виде установочных позиций, размещенных в них элементов и связей между ними. Данная процедура вызывается периодически при любом изменении данных для отображения актуальной информации о состоянии системы.

Через интерфейс пользователя выполняется вызов алгоритмов размещения элементов. Процедуре размещения передается матрица ВГС, матрица расстояний КП и начальное размещение. После окончания работы алгоритма процедура возвращает системе полученное новое размещение.



Рис. 1. Диаграмма потоков данных подсистемы проектирования

Разработанная подсистема проектирования позволила оценить эффективность работы реализованных алгоритмов размещения.

При исследовании коммутационные схемы электронных устройств оценивались по следующим параметрам: количество элементов, количество цепей, количество выводов в цепях, количество выводов элементов. Для каждого параметра введено граничное значение, определяемое типом схем ЭУ, что позволило выделить два диапазона – верхний и нижний и определить группы схем. *Малые схемы* – все параметры находятся в нижнем диапазоне, *большие схемы* – хотя бы три параметра находятся в верхнем диапазоне, *средние* – все остальные и *многовыводные схемы* – у которых сумма параметров, отражающих количество выводов, находится в верхнем диапазоне.

Эффективность оценивалась как относительное улучшение критерия оптимальности. При этом оценивались алгоритмы и их сочетания – одиночные проходы каждого алгоритма, двух-, трех- и четырехкратные проходы алгоритма ветвей и границ, а также последовательное прохождение двух алгоритмов в разном порядке. Результаты исследования приведены в таблице, где представлены средние значения эффективности для всех схем каждой группы.

Результаты исследования эффективности алгоритмов размещения

	Малые цепи	Средние цепи	Большие цепи	Многовыводные цепи	Все цепи
BNBA* 1	10,01%	13,09%	12,66%	10,32%	11,81%
BNBA 2	15,91%	13,08%	15,37%	13,36%	14,81%
BNBA 3	16,78%	12,12%	17,44%	14,38%	15,42%
BNBA 4	17,80%	15,69%	17,10%	13,67%	16,89%
LNSE**	9,55%	5,57%	8,59%	8,07%	7,94%
BNBA+LNSE	10,59%	13,05%	14,03%	11,26%	12,41%
LNBA+BNBA	10,55%	8,10%	12,20%	7,86%	10,22%

*BNBA – branches and bounds algorithm – алгоритм ветвей и границ.

**LNSE – long and short edges algorithm – алгоритм длинных и коротких ребер.

При исследовании учитывалось время выполнения алгоритмов. Так, время работы алгоритма ветвей и границ пропорционально $n(n+1)/2$, где n – количество элементов в схеме. Время работы алгоритма длинных и коротких ребер в общем случае не зависит от размерности задачи, а для больших и средних схем значительно меньше времени выполнения последовательного алгоритма.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Для *малых схем*: эффективность одиночных проходов алгоритмов и их сочетаний примерно одинакова и достаточно мала (около 10%), кроме того, время выполнения их сравнимо, поэтому возможно использовать трех- и четырехкратные проходы BNBA. Для *средних схем*: заметно влияние размерности задачи на время выполнения, наиболее эффективными оказываются одно- и двухпроходной BNBA и его последовательное сочетание с LNSE. Для *больших схем*: время выполнения даже одного прохода BNBA достаточно велико (десятки секунд и минуты), поэтому кратные проходы использовать неэффективно; наиболее выгодным оказывается сочетание BNBA+LNSE. Для *многовыводных схем*: для схем с большим количеством элементов (>50) эффективнее сочетание BNBA+LNSE, а с малым – двух- и трехпроходной BNBA.

Литература

1. Курейчик В. М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1990. – 325 с.
2. САПР в задачах конструкторского проектирования: метод. указания / сост. И. В. Тюрин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 56 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ИНТЕРАКТИВНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИЙ ИНТЕРНЕТ-САЙТ ФИЛИАЛА

А. Н. Решетов

Филиал Кемеровского государственного университета в г. Юрге

Для цивилизованного мира образование и культура являются наиболее важными и весомыми общечеловеческими ценностями. Большие возможности для культурного развития и повышения образовательного уровня открывает информационное пространство Интернет. С одной стороны, Интернет является источником образовательной информации, с другой стороны, выступает средством её поиска, представления и обработки. Это создаёт условия для развития инновационных методов обучения, для развития личности обучаемых, их творческой самореализации и активности.

Формирование технологий электронного обучения является закономерным и объективным процессом, характерным для всего мирового сообщества. Электронное обучение находится на стадии внедрения, апроба-

ции. Перспектива использования технологий электронного обучения представляется в виде оптимального сочетания традиционных и инновационных способов реализации учебного процесса. Очевидно, что от таких форм обучения, как очное, очно-заочное, заочное образование, придется отказаться. Это рудименты прошлого в России. На смену им идут формы обучения, основывающиеся на новых технологических тенденциях: пожизненное обучение, глобальное обучение, мобильные учащиеся, независимые учащиеся, обучение всем предметам в сети. Сегодня, имея даже мобильные телефоны, можно обучаться где угодно, где есть связь с Интернетом.

Современные информационные технологии позволяют использовать самую разнообразную информацию, например, из электронных учебников или находящуюся в открытом доступе в Интернете. Традиционные методы обучения (словесные, наглядные, практические) в условиях электронного обучения используют специфические сервисы обучения в условиях информационно-образовательной среды (электронная почта, форумы, чаты, веб-сайты) на основе форматов представления информации (гипертекста, гипермедиа, аудио- и видеотрейлеров, интерактивных тестов и т. п.). Поэтому главная проблема заключается не в использовании современных технологий, а в достижении наибольшей их эффективности. Но недостаточность методологических разработок может и не способствовать улучшению качества обучения студентов. Доступность образовательной информации, широкие возможности ее копирования, тиражирования, хранения больших объемов на небольших носителях зачастую приводят к расширению возможностей студента получить конечный результат без приложения умственных усилий, а не к повышению качества образования. Возможность получить результат (сдать зачет или экзамен) без приложения усилий снижает мотивацию к получению знаний.

Образовательные сайты стали перспективным средством информационно-коммуникационных технологий в сфере образования, особенно их роль в едином информационном образовательном пространстве.

Можно дать следующее определение образовательному сайту: «Образовательный веб-сайт – это совокупность web-страниц с повторяющимся дизайном, обеспечивающих собой целенаправленный процесс обучения и воспитания в интересах личности, общества, государства, объединённых по смыслу, навигационно и физически находящихся на одном сервере, использование которых может сопровождаться аттестацией обучающихся или констатацией достижения образовательных уровней».

Приведём примеры возможной аттестации или констатации достижения образовательных уровней. Например, принимая участие в телекоммуникационных олимпиадах с использованием средств Интернет, победители получают дипломы. Или, пройдя дистанционный курс, обучившиеся получают сертификаты о его прохождении.

Решение проблемы повышения качества образования возможно для студентов всех форм обучения в создании наряду с учебной литературой

интерактивных Интернет-приложений, включающих в себя систему регистрации и контроля. Это может быть интерактивный информационно-обучающий Интернет-сайт.

Структура такого сайта должна состоять из двух компонентов: информационно-обучающего и контролирующего.

Информационно-обучающий компонент разрабатываемого сайта должен включать теоретическую и практическую часть. Теоретическая – должна состоять из расширенного конспекта лекций, содержащего иллюстративный материал, в том числе и оригинальные интерактивные анимированные иллюстрации, ссылки на дополнительные Интернет-источники и систему самотестирования. Практическая часть сайта может быть представлена комплектом интерактивных лабораторных работ. Контролирующий компонент разрабатываемого сайта, который не менее важен, должен включать систему регистрации, систему контроля посещения и времени нахождения студента на этом сайте, а также систему контроля выполнения расчетных тестовых заданий практической части.

В контролирующей части необходимо использование серверных технологий и создание соответствующих баз данных, что может являться темой для научно-практических разработок силами специалистов и студентов филиала.

Имеющиеся на данный момент электронные учебно-методические комплексы, разработанные преподавательским составом филиала, позволяют без труда адаптировать их для размещения на сайте филиала, находящегося по адресу: <http://yf.kemsu.ru/>.

Сайт филиала на сегодняшний момент реализует информационную функцию о деятельности нашего учебного заведения, но заложенная в систему функция управления сайтом позволяет реализовать многие компоненты интерактивного обучающего сайта. Работа в данном направлении активно ведется как автором статьи, так и преподавателями и студентами филиала, в частности на сайте размещены методические материалы к выполнению практических и самостоятельных работ (И. В. Добрычева), конспекты лекций по преподаваемым дисциплинам (В. Ф. Денещук). На сайте внедрена система интерактивного обмена информацией в виде обмена почтовыми сообщениями, имеется поддержка ленты RSS, для оповещения пользователей обо всех новинках, опубликованных на сайте.

Таким образом, грамотная и профессиональная организация использования качественного интерактивного информационно-обучающего Интернет-сайта в процессе обучения в едином информационно-образовательном пространстве, с возможностью вовлечения обучающихся в самостоятельную познавательную деятельность, во многом будет способствовать достижению цели образования, а именно, подготовить выпускника, способного:

– адаптироваться к жизненным ситуациям, самостоятельно приобретать знания и применять их для решения задач;

- самостоятельно и критически мыслить, обнаруживать проблемы и рационально их решать, используя современные технологии;
- видеть области и возможные варианты применения приобретаемых знаний;
- генерировать новые идеи, творчески мыслить;
- перерабатывать информацию: собирать её, анализировать, делать умозаключения, сопоставлять варианты решения;
- выявлять закономерности, аргументировать выводы, применяя их для обнаружения и решения новых проблем;
- вести себя коммуникабельно и уметь работать в любом социальном коллективе, предотвращая или грамотно решая конфликтные ситуации;
- самостоятельно развивать свою нравственность, интеллект, культуру.

Литература

1. Тихомиров В. П. Качественное образование для всех как основа формирования знаний // Информационное общество. – 2005. – № 4.
2. Лавров О. А. Дистанционное обучение. Классификация проблем, термины и определения // Телекоммуникации и информатизации образования. – 2004. – № 5.
3. Глоссарий // E-learning World. Мир электронного обучения. – 2004. – № 5–6.
4. Тихомиров В. П. Электронное обучение как основа образовательных систем XXI века // Телекоммуникации и информатизации образования. – 2007. – № 1.
5. Куклев В. А. Методология мобильного обучения // Телекоммуникации и информатизации образования. – 2007. – № 1.
6. Бойков Д. И. Электронное обучение в университете Базеля (А. Ю. Круглов, П. Ю. Спирина) // Вестник герценовского университета. – 2009. – № 3 (65).
7. Дубнищева Т. Я., Рожковский А. Д. Интернет технологии и качество обучения студентов // Издание НГУЭиУ. – 2008. – № 2.
8. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.vorcuta.ru>

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА САХАРА

Д. В. Рогачев

Тамбовский государственный технический университет

Сахарная промышленность РФ занимает первое место в мире по производству свекловичного сахара и является важнейшей отраслью пищевой промышленности страны [3].

Современные экономические условия предъявляют повышенные требования к управлению технологическими процессами. Поддержание технологических параметров в заданных диапазонах в условиях комплекса возмущающих внешних воздействий возможно только посредством высокоэффективных систем автоматического управления (САУ) [1].

Эффективное решение данной задачи невозможно без использования современных микропроцессорных средств управления и современных принципов построения автоматизированных систем.

В течение многих лет системы управления строились по традиционной централизованной схеме. Основными недостатками централизованных АСУ ТП являются большие затраты на кабельную сеть и вспомогательное оборудование, сложный монтаж, низкая надежность и сложная реконфигурация.

В последнее время благодаря резкому снижению стоимости микропроцессорной техники, повышению ее эксплуатационных характеристик и интенсивному распространению промышленных сетей увеличивается доля распределенных систем управления.

Более широкому распространению распределенных АСУ ТП способствует также проникновение микропроцессоров на уровень датчиков и исполнительных механизмов. Связь с такими «интеллектуальными» датчиками и исполнительными механизмами осуществляется посредством некоторой промышленной сети. Помимо этого, встроенные микропроцессоры наделяют датчик и исполнительный механизм дополнительными полезными свойствами. Например, позволяют осуществлять диагностику датчика, дистанционную калибровку, передавать дополнительную служебную информацию и т. д.

Структура АСУ ТП производства сахара построена по традиционной двухуровневой схеме. Нижний уровень занимают контроллеры и различные функциональные устройства (преобразователи, блоки ручного управления и др.). Верхний уровень представлен одиночными или дублированными станциями оператора (автоматизированными рабочими местами – АРМ), технолога, инженера и др., выполненными на базе компьютеров в обычном или промышленном исполнении. При наличии нескольких разнородных АРМов комплекс строится с выделенным сервером базы данных реального времени.

АРМ оператора строится на базе персонального компьютера типа РС в промышленном или обычном исполнении. В качестве среды программирования (SCADA системы) при разработке АРМ оператора применяется программный пакет КРУГ-2000 российской НПФ «КРУГ».

АРМ оператора имеет многооконный интуитивно понятный графический пользовательский интерфейс. Основное окно отображается на экране компьютера автоматически после его включения. На нем изображена схема технологического оборудования с выведенными на нее значениями основных контролируемых и регулируемых параметров. При индикации измеряемых параметров предусмотрена четырехуровневая цветовая сигнализация:

- зеленый – параметр в норме;
- желтый – достигнута граница предупредительной сигнализации;
- красный – достигнута граница аварийной сигнализации;
- синий – недостоверное значение сигнала (обрыв линии связи и др. причины).

Для более детального изучения хода технологического процесса предусмотрены дополнительные видеокадры, переход на которые осуществляется при нажатии клавиши мыши.

Станция оператора (АРМ) обеспечивает:

- сбор текущей информации от контроллеров;
- архивирование и хранение текущей информации и ее дальнейшую необходимую обработку;
- представление текущей и исторической информации на дисплее (реализация динамизированных мнемосхем, гистограмм, анимационных изображений, таблиц, графиков, трендов);
- выделение аварийных и предаварийных ситуаций с автоматической генерацией сигналов тревоги;
- ввод и передачу команд и сообщений оператора в контроллеры;
- регистрацию всех действий оператора (ручной запуск процесса, аварийный останов, изменение настроечных параметров системы и т. д.);
- защиту от несанкционированного доступа и предоставление различных прав пользователям во время работы с системой;
- печать отчетов и протоколов произвольной формы в заданные моменты времени, представление и запись аварийных ситуаций в моменты их возникновения;
- информационные связи с серверами и другими рабочими станциями через разные сетевые структуры.

Использование АСУ ТП позволяет повысить эффективность производственного процесса за счет:

- точного соблюдения технологических нормативов согласно регламенту, уменьшения процента брака, сокращения энергозатрат, стабилизации качества продукции;
- минимизации рутинных действий диспетчера или оператора, концентрации его внимания на выработке точных и эффективных решений по управлению процессом;
- устранения или минимизации ошибок, допускаемых операторами, за счет дополнительного программного контроля правильности формирования команд дистанционного управления;
- автоматического выявления аварийных и предаварийных ситуаций, гарантированного оповещения о них;
- своевременной генерацией отчетов и предоставления полной необходимой информации руководящему персоналу;
- анализа факторов, влияющих на качество готовой продукции.

Надежность АСУ ТП определяется надежностью базовых программно-аппаратных компонентов. В аппаратной части используются хорошо зарекомендовавшие себя компоненты, серийно выпускаемые известными производителями, сертифицированные по международному стандарту качества ISO 9001, средняя наработка на отказ не менее 100 000 часов (12 лет) [1].

Таким образом, предложенная система управления по многим параметрам превосходит традиционную. Она позволяет увеличить экономическую и технологическую эффективность и модернизировать данное производство.

Литература

1. Елизаров И. А., Мартемьянов Ю. Ф., Схиртладзе А. Г., Фролов С. В. Технические средства автоматизации. – Тамбов: ТГТУ, 2003. – 140 с.
2. Азрилевич М.Я. Оборудование сахарных заводов. – 3-е изд. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 2002. – 392 с.
3. Соколов В. А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности. – М.: Агропромизд, 1991. – 445 с.

ДЕЛОВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИГРА

Е. Л. Рыжова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Деловые игры являются разновидностью активных методов обучения.

Деловая игра – это метод имитации принятия управленческих решений в различных производственных ситуациях путем игры по заданным правилам группы людей или человека с ЭВМ в диалоговом режиме. Деловые игры – активный метод обучения, использующий имитацию реального изучаемого объекта для создания у обучаемых наиболее полного ощущения реальной деятельности в роли лица, принимающего решения.

Деловые игры имеют длинную историю, в первых упоминаниях они принимались как военные и назывались «военные шахматы» или «маневры на карте». Позже стали разрабатываться предпринимательские игры, моделирующие перераспределение ресурсов в международных отношениях.

Появление компьютерных средств общения и обучения позволило обеспечить интерактивное общение с персональным компьютером и сосредоточивать внимание на множестве факторов, причем индивидуально, независимо от степени подготовленности обучаемого. Компьютерные деловые игры получили широкое распространение, и сейчас их насчитывается на рынке огромное количество.

Современные социальные условия наращивают требования к качествам профессионала. Нацеливают на формирование личности, характеризующейся сформированным экономическим мышлением, инициативой, самостоятельностью в принятии решений. Применение метода деловых игр при обучении способствует повышению уровня подготовленности студентов к будущей деятельности.

В настоящее время существует огромное количество деловых игр различной специализации, растет их использование в обучении, но при этом растет и цена продуктов.

Вследствие увеличения интереса к данному методу обучения мною была сделана попытка разработать свою деловую экономическую игру, моделирующую производственный процесс. Игра описывает работу производственного предприятия малого и среднего бизнеса. Расписаны основные части производственного цикла: от выбора сырья до места сбыта. Игрок имеет возможность выбора ассортимента производимой продукции, видов параметров производства. Игра представляет собой обучающий тренажер, позволяющий игроку ознакомиться с основами предпринимательской деятельности, экономикой предприятия, особенностями ведения бизнеса в РФ. Для приближения игровых ситуаций к реальности игроку будет предоставлено несколько внештатных задач для решения. В конце игры будут подводиться итоги: подсчитывается рейтинг игрока и анализируется деятельность предприятия.

При разработке игры были выдвинуты следующие требования:

1. Игрок может регистрировать свой профиль.
2. Возможность выбора ранее созданного профиля.
3. Возможность выбора предприятия и производимого товара.
4. Предоставление данных о поставщиках, их продукции, ценах.
5. Возможность регистрации игроком своего предприятия в соответствии с законодательством РФ.
6. Предоставление правил игры.
7. Предоставление игроку возможности ввода данных о производимом товаре.
8. Предоставление игроку отчета о затратах на производство продукции, об оплате труда и уплате налогов.
9. Возможность выбора рынка продаж.
10. Подсчет рейтинга игрока.
11. Учет времени в игре.
12. Наличие словаря экономических терминов.
13. Сохранение вводимой информации при завершении каждого шага.
14. Возможность выхода из игры на любом шаге.
15. Сохранение истории игры.
16. Создание внештатных ситуаций.

Диаграмма вариантов использования для однопользовательского варианта игры приведена на рис. 1:

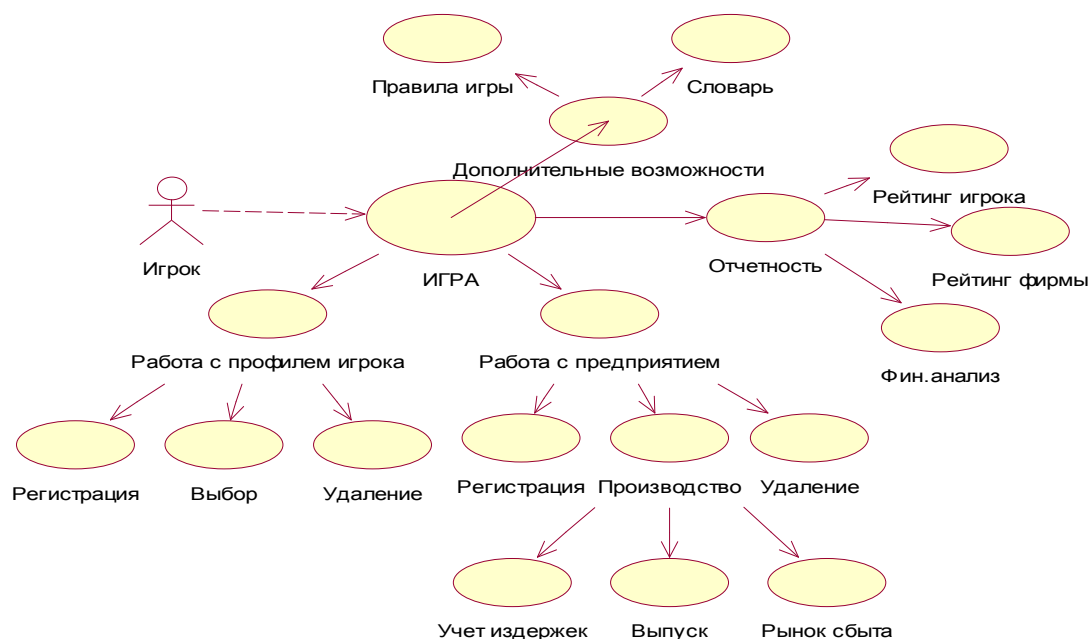


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

На сегодняшний момент создается однопользовательский вариант игры для отработки алгоритмов. В дальнейшем будет реализована многопользовательская версия.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЦЫ ОБУЧЕННОСТИ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ КОМПЛЕКСА ЗАДАЧ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ

О. М. Смирнова, Е. В. Киргизова

*Лесосибирский педагогический институт – филиал
Сибирский федеральный университет*

Ряд профильных курсов информатики включает в свое название слово «моделирование» или использует элементы моделирования в содержании. Это совершенно естественно, поскольку моделирование является неотъемлемым компонентом общечеловеческой культуры и мощным методом познания. Умение построить модель, реализующую проблему реальной действительности, исследование этой модели в процессе решения задачи и корректная интерпретация результатов являются важнейшими элементами информационной культуры на современном этапе.

Важность обучения моделированию вообще и математическому моделированию в частности определяется ролью рассматриваемых задач в развитии познавательного интереса учащихся, их творческих способностей, умений обобщать знания, полученные при изучении разных предметов.

Задача – проблемная ситуация с явно заданной целью, которую необходимо достичь. Решение задач – это всегда получение определенных результатов. А процесс получения результатов опирается на некоторый

способ действий и предполагает использование определенных средств. Одним из новейших средств решения различных задач становятся современные компьютеры [1]. Компьютерное моделирование состоит из нескольких этапов: постановка задачи, разработка информационной модели, компьютерный эксперимент, анализ полученной модели на адекватность объекту и цели моделирования.

Математическое моделирование содержит ряд подзадач, относящихся к задачам оптимального планирования и прогнозирования, которые представляют, на наш взгляд, наибольший интерес. При решении таких задач учащиеся имеют возможность провести исследовательскую работу, выполнить анализ полученных результатов, обратить внимание на конечность алгоритма, оценить точность модели, столкнуться с погрешностью приближенных вычислений, увидеть взаимосвязь информатики с другими научными дисциплинами, приобрести навык работы с соответствующими программами.

В содержании раздела «Прогностическое и оптимизационное моделирование» можно выделить следующие основные понятия: модель, моделирование, компьютерная модель, компьютерное моделирование, прогнозирование, оптимизация.

Для классификации учебного материала, входящего в программу раздела, удобно использовать так называемую матрицу обученности. В структуре знаний каждого образовательного уровня целесообразно выделить четыре звена, которые обозначаются соответствующими их названиям буквами алфавита: **М** – мировоззренческий минимум; **Б** – базовые знания как дополнение к минимуму, которое необходимо для дальнейшего успешного изучения данного предмета; **П** – программные знания сверх базового уровня; **С** – сверхпрограммные знания, рекомендованные как дополнение к программе.

В структуре умений также выделяются четыре уровня: **Ф** – фактический – предполагает умение узнавать основные факты, формулы, термины и принципы предмета; **О** – операционный – предполагает выполнение действий по образцу; **А** – аналитический – предполагает умение анализировать ситуацию и строить процедуры из простых освоенных операций; **Т** – творческий – доступен будущему профессионалу, свободно владеющему материалом предмета и способному находить нетривиальные решения.

Блоки знаний и умений удобно рассматривать вместе и отразить в виде таблицы (матрицы) на так называемой предметной плоскости или плоскости обученности (рис. 1).

↑ уровень умений	Т	13	МТ	14	БТ	15	ПТ	16	СТ
	А	7	МА	8	БА	9	ПА	12	СА
	О	2-3	МО	4	БО	6	ПО	11	СО
	Ф	1	МФ	2-3	БФ	5	ПФ	10	СФ
		М		Б		П		С	
		объем знаний							

Рис. 1. Матрица обученности

Элементы матрицы обученности МО, МФ, БО, БФ относятся к **базовому уровню**, т. е. образовательному минимуму, определенному образовательным стандартом. Это самый простой по содержанию, но и самый общий, важный исходный элемент обученности. Сюда относится учебный материал, которым учащиеся должны владеть на самом низком уровне – уровне узнавания. Он предполагает наличие умений составлять модели прогнозирования и оптимизации в программе MS Excel по предписанным алгоритмам, на репродуктивном уровне. Например, при изучении темы «Прогнозирование в экологии» на этом уровне учащиеся должны иметь представление о том, что такое прогнозирование, модель прогнозирования, поверхностно ориентироваться в предметной области классической экологии. Уметь вникать в суть экологических задач, совместно с учителем подробно составлять математические модели и реализовывать их на компьютере по составленному алгоритму или образцу.

Ячейки МА, БА, ПА, ПО и ПФ относятся к **конструктивному уровню**. В качестве обязательного элемента знаний по разделу можно выделить сведения о логике умозаключений, то есть правила проведения анализа фактов и сведений о том, как делаются выводы, прогнозы, поиск оптимальных решений по результатам анализа созданной модели. Требуется наличие умений самостоятельно создавать модели прогнозирования и оптимизации в программе MS Excel, а также делать выводы и анализировать результаты, но совместно с учителем, либо по ранее выполненным близким, но не тождественным образцам. Например, при изучении темы «Прогнозирование в экологии», в дополнение к знаниям и умениям предыдущего уровня, учащиеся должны знать основные виды прогнозирования, этапы процесса разработки прогнозной модели, основные понятия классической экологии (вид, популяция, экологическая система и т. п.). Уметь самостоятельно составлять математические прогнозные модели классической экологии, реализовывать их на компьютере, получать результаты, совместно с учителем их анализировать и делать определенные выводы.

Элементы таблицы обученности МТ, БТ, ПТ, СТ, СА, СО и СФ относятся к **творческому уровню**, т. е. сверхпрограммному материалу или к повышенному уровню трудности. Прочно усвоенные основные понятия позволяют обеспечить высокую степень усвоения знаний в области компьютерного моделирования, установить межпредметные связи, что, в свою

очередь, способствует творческому использованию полученных знаний в новых ситуациях. Учащиеся самостоятельно выявляют новые причинно-следственные связи, делают обобщения, выводы и прогнозы. Для проверки усвоения этого уровня знаний предполагаются задачи, у которых нет и не может быть заранее известных решений. Например, при изучении темы «Прогнозирование в экологии», в дополнение к знаниям и умениям предыдущих уровней, учащиеся должны знать суть видов прогнозирования и этапов разработки прогнозной модели, уметь применять их, уверенно ориентироваться в предметной области классической экологии и оперировать ее понятиями. Уметь самостоятельно добывать необходимые знания и составлять прогнозные экологические модели, реализовывать их на компьютере, получать результаты, делать выводы и прогнозы, проводить компьютерный эксперимент и анализ модели на адекватность.

Приведенная классификация обученности позволяет строить дидактические программы и контрольные задания к ним на основе единого, унифицированного подхода к учебному материалу, что позволяет достаточно объективно оценить эффективность и качество любой методики преподавания, учебника или учебной технологии.

Литература

1. Гаевский А. Ю. Информатика: 7–11 кл.: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – К.: А. С. К., 2006. – 536 с.

МОДУЛЬ CMS ДЛЯ РАБОТЫ С БАЗАМИ ДАННЫХ

М. Р. Фазлутдинов

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Система управления контентом (Content management system) – это система удаленного администрирования, которая позволяет автоматизировать процесс поддержки сайта силами собственников сайтов без привлечения веб-разработчиков. CMS, избавляет администратора сайта от рутинной работы с контентом и позволяет быстро поместить материал на сайте.

Используя CMS, практически любой офисный работник, не знающий основ веб-дизайна, имеющий начальные базовые навыки работы с ПК сможет самостоятельно управлять информацией на веб-сайте. CMS позволяет:

- создавать новые веб-страницы;
- добавлять ссылки на созданные страницы в меню навигации сайта;
- редактировать текстовую и графическую информацию веб-страниц сайта;
- размещать новости, статьи, пресс-релизы, графику и т. д.

Однако современные бесплатные CMS не предоставляют возможности эффективно хранить данные в БД, производить выборки из записей

таблиц, работать с SQL запросами, пользоваться поиском, без чего просто невозможно построить гибкий и легко настраиваемый сайт.

Создание сайта без базы данных дешевле и не накладывает больших ограничений по стандартизации материалов на сайте. Такие сайты обычно реализуют не очень сложные функции. Многоуровневые каталоги и интернет-магазины без базы данных будут работать медленно и неэффективно.

Преимущества использования БД для хранения контента сайта:

- **Безопасность.** Доступ к БД предоставляет высокую степень безопасности, требуя аутентификации и авторизации.

- **Объём.** Можно хранить неограниченное количество информации.

- **Целостность данных.** Условие того, что данные не были изменены при выполнении любой операции над ними, будь то передача, хранение или представление.

- **Доступность.** Данные, хранящиеся в БД, доступны для обработки широким спектром инструментов обработки информации.

- **Широкая поддержка.** Доступен целый спектр различных инструментов, для обработки хранящейся информации.

Минусы использования БД:

- **Сложность.** Ошибки в проектировании могут привести к проблемам масштабирования.

- **Эффективность.** Использование большого числа запросов может снизить быстродействие сервера.

Модуль предоставляет такие возможности, как:

1. Работа с таблицами БД: добавление, редактирование, просмотр, удаление.

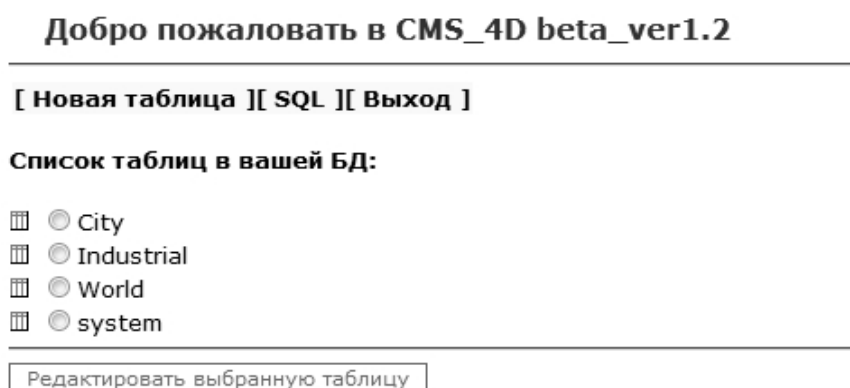


Рис. 1. Главная страница модуля

2. Работа с данными: добавление, редактирование, просмотр, удаление записей.

Вставка новой записи в Users

[Назад] [Список таблиц]

Имя поля	Тип поля	Длина	Значение
Name	string	0	Maxim
login	string	0	max4d
password	string	0	009

Рис. 2. Добавление новой записи в таблицу

3. Настройка отображения таблиц.
4. Осуществление поиска по таблицам БД.
5. Работа с SQL запросами: создание, хранение и просмотр результатов запросов.

Например, результатом запроса, приведенным на рис. 3 к таблице «cauntry_s», будет таблица на рис. 4.

Добро пожаловать в CMS_4D beta_ver1.2

[Вернуться к списку таблиц]

```
select * from cauntrv_s where cauntrv = 'England'
```

Рис. 3. Форма для работы с SQL

id	cauntry	city
6	England	London
7	England	Oxford

Рис. 4. Результат выполнения запроса

Полученный продукт позволяет активно работать с БД. Пользователю достаточно зайти на сервер, где расположен данный модуль, и зарегистрироваться. При регистрации автоматически создается новая база данных. Пользователь вносит в нее необходимые данные. К созданным на сервере файлам БД могут обращаться любые системы управления контентом сайтов.

Литература

1. Учебник по PHP и MySQL [Электронный ресурс] // URL: <http://www.sqlphp.ru/> (дата обращения: 22.11.2009).
2. Сайт о системах управления сайтом [Электронный ресурс] // URL: <http://cmslist.ru/> (дата обращения: 11.02.2010).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО УЧЕТУ ЛИЦ, ОТБЫВАЮЩИХ НАКАЗАНИЕ В МЕСТАХ ЛИШЕНИЯ СВОБОДЫ ЗА СОВЕРШЕНИЕ ПРЕСТУПЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ КОЛОНИИ-ПОСЕЛЕНИЯ)

А. Е. Шадрина, А. С. Шкуркин

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Сегодня невозможно представить деятельность любого предприятия или организации без использования профессиональных систем управления базами данных [1].

Современные темпы развития органов уголовно-исполнительной системы указывают на необходимость активного внедрения новых методов работы, соответствующих возросшим требованиям к исполнению наказаний, а также необходимость учета лиц, отбывающих наказание в местах лишения свободы за совершение преступления.

В последний период уголовно-исполнительная система начала меняться, в ней произошли достаточно существенные изменения. За последние годы объем финансирования вырос, но разработать и реализовать соответствующую и компетентную базу данных пока не удалось [2].

Целью данной работы является автоматизация деятельности по учету лиц, отбывающих наказание в местах лишения свободы за совершение преступления (рис. 1).

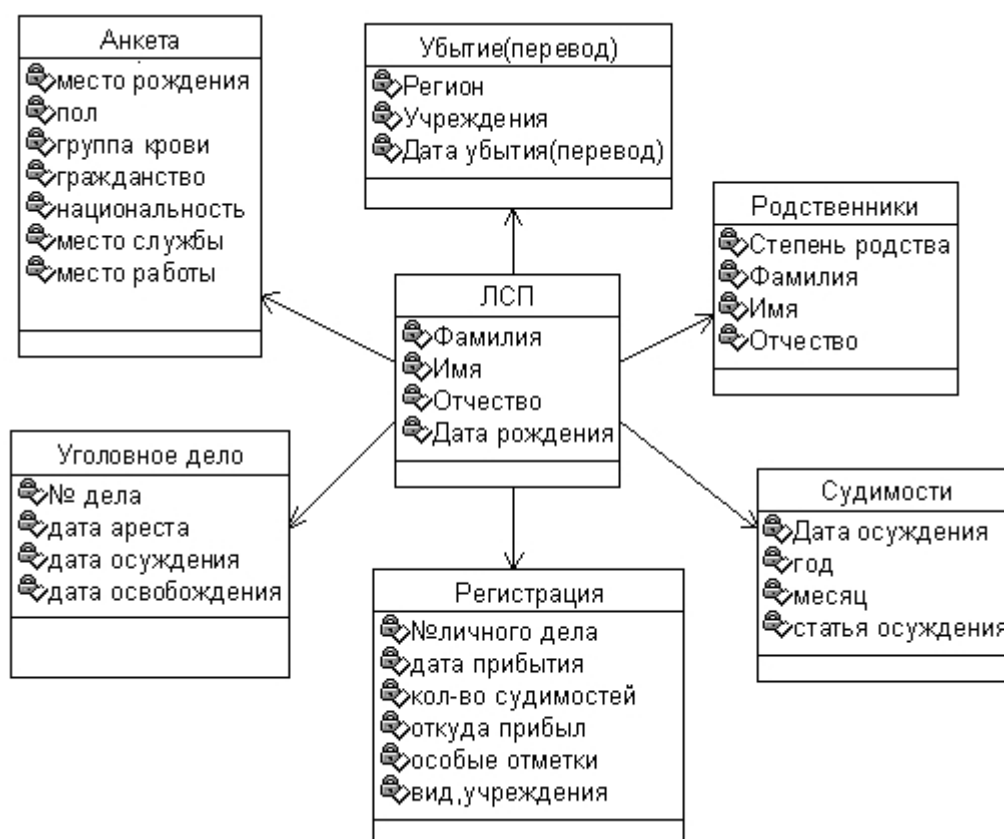


Рис. 1. Модель предметной области

На основе анализа предметной области разработана база данных предназначенная для автоматизации деятельности по учету лиц, отбывающих наказание за совершение преступления, содержащая данные о лицах, совершивших преступления, анкеты, сведения об уголовных делах и вспомогательные данные, выводящая статистические данные, реализующая печать документов установленных форм.

В настоящий момент работа проходит апробацию в отделе безопасности колонии-поселения г. Анжеро-Судженска.

Литература

1. Малыгина М. П. Базы данных: основы, проектирование, использование: Учеб. пособие. – 2-е изд. – СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 114 с.
2. Калинин В. Б., Смирнов Л. Б. Уголовно-исполнительное право: учебник для юридических вузов и факультетов. – М.: Контракт, Волтерс Клувер, 2010. – 368 с.

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРАВООТНОШЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОПЛАТОЙ ТРУДА

Л. Н. Волкова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

На всех этапах развития общества люди стремились удовлетворить свои потребности, для чего им просто необходимо было иметь при себе средства, за которые они могли приобрести результаты чужого труда. Такими средствами выступала плата за их собственный труд, вложенный в производство товаров или же оказание услуг. Таким образом, главным источником денежных средств населения является заработная плата.

В современной экономической науке существуют следующие определения понятия «заработная плата»:

- форма вознаграждения за труд и важный стимул работников фирмы, выполняющий воспроизводственную, стимулирующую (мотивационную), социальную и учетную функции (О. И. Волков);

- вознаграждение за физический труд наемного рабочего (Ф. А. Брокгауз, И. А. Ефрон);

- это величина денежного вознаграждения, выплачиваемого наемному работнику за выполнение определенного задания, объема работ или исполнение своих служебных обязанностей в течение некоторого времени. (Т. И. Юркова, С. В. Юрков).

Помимо этого в литературе часто встречается термин «оплата труда», который авторы предлагают отличать от «заработной платы» по следующим признакам: зарплата выплачивается работнику систематически в порядке, установленном законодательством, а оплата по гражданским договорам – разовая как плата за вещественный результат труда (книгу, изобретение и т. д.); зарплата имеет определенную правовую организацию – работник заранее знает, когда его зарплата может быть повышена, когда снижена, чего нет при оплате труда в гражданском договоре; зарплата имеет установленный государством минимум, систематически повышаемый с ростом цен, чего нет при оплате труда по гражданскому договору. Но Федеральный закон № 90-ФЗ внес изменения в 129 статью ТК РФ, согласно которой теперь понятия заработной платы и оплаты труда рассматриваются законодателем как синонимы:

«Заработная плата (оплата труда работника) – вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные выплаты (доплаты и надбавки компенсационного характера, в том числе за работу в условиях, отклоняющихся от нормальных, работу в особых климатических условиях и на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, и иные выплаты компенсационного характера) и стимулирую-

щие выплаты (доплаты и надбавки стимулирующего характера, премии и иные поощрительные выплаты)»).

Таким образом, предприятие обязано выплачивать своим рабочим заработную плату, основным источником выплат является фонд оплаты труда (ФОТ). В экономической литературе можно найти следующее определение ФОТ – суммарные денежные средства предприятия, израсходованные в течение определенного периода времени на заработную плату, премиальные выплаты, доплаты работникам, т. е. фонд оплаты труда состоит из фонда заработной платы (ФЗП) и дополнительных социальных выплат работникам.

В Приказе от 12 ноября 2008 г. № 278 «Об утверждении указаний по заполнению форм федерального статистического наблюдения» фонд заработной платы определен как суммы оплаты труда в денежной и неденежной формах за отработанное и неотработанное время, компенсационные выплаты, связанные с условиями труда и режимом работы, доплаты и надбавки, премии, единовременные поощрительные выплаты, а также оплата питания и проживания, имеющая систематический характер.

В выплаты социального характера включаются суммы средств, связанные с предоставленными работникам социальными льготами, в частности, на лечение, отдых, проезд, трудоустройство (без пособий из государственных социальных внебюджетных фондов).

Стоит заметить, что в современной экономике заработная плата регулируется законодательством, при этом главными **нормативными документами** являются Трудовой кодекс РФ, Гражданский кодекс РФ, Налоговый кодекс РФ.

В соответствии со ст. 2 ТК РФ каждый работник имеет право на своевременную и в полном размере выплату справедливой заработной платы, обеспечивающей достойное человека существование для него самого и его семьи, и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда (МРОТ).

Минимальный размер оплаты труда – установленный федеральным законом размер месячной заработной платы за труд неквалифицированного работника, полностью отработавшего норму рабочего времени при выполнении простых работ в нормальных условиях труда. В величину минимального размера оплаты труда компенсационные, стимулирующие и социальные выплаты не включаются.

Минимальный размер оплаты труда устанавливается одновременно на всей территории РФ федеральным законом и не может быть ниже размера прожиточного минимума.

Однако величина прожиточного минимума для трудоспособного населения на территории Российской Федерации за IV квартал 2009 года (по состоянию на 26 февраля 2010 г.) в среднем составляет 5 607 рублей, что значительно превышает МРОТ, величина которого составляет 4 330 рублей. Подобная разница вызывает большой интерес. В чем же причина такого несоответствия законодательству еще предстоит выяснить.

СОЦИАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ: ЗАКОНЫ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПРИНЦИПЫ

О. В. Головина

*Беловский институт (филиал)
Кемеровского государственного университета*

Социальное управление основывается на законах, объективных закономерностях общественного развития, на закономерностях самого управления и его принципах.

Законы социального управления выражают важные внутренние устойчивые черты, особенности процесса управления. Закономерностью обычно называют устойчивую причинно-следственную повторяемость и последовательность в явлениях. Закономерности отвечают и соответствуют законам.

Одни ученые к основным законам социального управления относят четыре: единство системы социального управления, пропорциональность управляемой и управляющей подсистем социального управления, оптимальное соотношение централизации и децентрализации функций социального управления, участие различных слоев населения в социальном управлении [1, с. 85–86].

Другие выделяют десять законов социального управления: необходимость разнообразия в средствах управления, специализация управления, интеграция управления, экономия времени, приоритетность социальных целей, возрастающая субъективность и интеллектуальность в управлении, непремещенность доминирования глобальной социальной цели в управлении, обязательность разработки социальной доктрины, передача функций управления народным органам самоуправления и самоуправления [2, с. 19].

Под принципами социального управления понимаются «правила, основные положения и нормы поведения, которыми руководствуются органы управления в социальных условиях, сложившихся в обществе» [1, с. 86]. Принципы социального управления «направляют формирование необходимых качеств управленческих работников, характерные черты их стиля деятельности... В принципах социального управления раскрываются подходы к построению, выбору способов, форм и методов осуществления управленческого воздействия, характера взаимодействия субъекта и объекта управления» [3, с. 17]. Принципы управления представляют собой результат обобщения людьми объективно действующих законов и закономерностей, присущих им общим чертам, характерным фактам и признакам, которые становятся общим началом их деятельности.

Так, принципы социального управления должны основываться на законах развития общества, его социальных законах и законах управления; соответствовать целям социального управления, отражать основные свойства, связи и отношения управления, учитывать временные и территориальные аспекты процессов социального управления; иметь пра-

вовое оформление, т. е. быть закреплены в различных нормативных документах [1, с. 86].

И. М. Слепенков, Ю. П. Аверин выделяют шесть принципов социального управления: принципы политического подхода в социальном управлении; объективности; комплексности и системности; демократического централизма; гласности; организации процесса управления (принципы основного звена, проблемной ориентации, конечно-целевой направленности, адресности) [3, с. 78–92].

Творческая группа под руководством В. Н. Иванова, В. И. Патрушева [1, с. 86–87] характеризует тринадцать принципов: принципы единоточаия в принятии решений и коллегиальности при их обсуждении; единства административно-государственного, хозяйственного и социально-культурного менеджмента; сочетания отраслевого и территориального социального управления; научности социального управления, прогнозирования социального управления; мотивации (стимулирования) труда; ответственности за результаты социального управления; рационального подбора кадров, их подготовки, расстановки и использования; экономичности и эффективности управления; системности (рассмотрение объекта или субъекта управления как системы, состоящей из различных звеньев); иерархичности; необходимого; обязательности обратной связи (получение информации о результатах воздействия управляющей системы на управляемую систему путем сравнения фактического состояния с заданным).

По нашему мнению, наиболее полно охарактеризовать принципы социального управления путем их простого перечисления крайне сложно. Многообразие принципов требует их дифференциации по различным критериям.

Многие ученые принципы социального управления подразделяют на 2 группы: 1) общие (общесистемные) – социальная направленность управления, научная обоснованность, системность, эффективность в реализации, демократизм, состязательность и конкуренция, стимулирование работников, саморегулирование, многофункциональность и широкая применимость; 2) конкретные (частные) – соблюдение социального партнерства, отправление государственной службы в строгом соответствии с законом, управление подготовкой кадров для социального управления, соответствие моральным требованиям общества, косвенный контроль за деятельностью служб социального управления [2, с. 38–47].

Ю. Е. Булыгин, В. И. Волковский считают, что система принципов социального управления, помимо общих и конкретных, включает также:

– основные принципы, образующие ядро принципов управления тем или иным видом деятельности, и функциональные, отражающие специфику реализации конкретной управленческой функции (анализ и оценка обстановки, выработка и принятие решения, планирование и т. д.);

– «принципы Закона», законодательно закрепленные для того или иного вида социального управления, и «принципы Науки», полученные на

основе анализа, обобщения практики управления данного вида деятельности, ее научного исследования;

– организационно-политические (принципы законности, соблюдения прав и свобод человека, соблюдения баланса жизненно важных интересов личности, взаимной ответственности, гуманизма, осуществления связи с общественностью) и организационно-технические (принципы единства, устойчивости и развития, федерализма, соответствия, разделения труда, линейный принцип, объектовый, единоначалия, научной обоснованности, объективности, динамичности, целенаправленности, оптимальности, решающего звена, главного звена, гибкости) [4, с. 27–33].

Н. А. Костко делит принципы на 4 блока: 1) общие принципы управления: социальная ориентация, объективность, демократизм, вероятность, управляемость, проектируемость, оптимальность, поступательность, индикативность, ответственность, обратная связь, гласность, направленность на развитие, безопасность; 2) организационно-технологические принципы: целеполагание и целеосуществимость, разделение труда, иерархичность выделенной компетенции, коллегиальность, сочетание централизма и демократизма, единство всех методов управления; 3) видовые принципы – определены спецификой различных сфер общественной жизни; 4) частные принципы социального управления – характеризуются особенностями стадий управленческого цикла [5, с. 50–51]. Эта классификация наиболее полно отражает разнообразие принципов социального управления.

Полагаем невозможным считать какие-то принципы главными, а какие-то – второстепенными в социальном управлении. Любой из них осуществляется в конкретной управленческой деятельности (функциях управления), завершаясь принятием управленческих решений и выработкой управляющих воздействий – основных форм социальных отношений управления. Каждый из названных принципов имеет самостоятельное значение и в то же время находится в тесной взаимосвязи и взаимодействии с другими принципами, которые в своей совокупности образуют целостную систему принципов, в соответствии с которой строятся организация и функционирование социального управления.

Литература

1. Социальный менеджмент / В. Н. Иванов, В. И. Патрушев, Н. С. Данакин и др.; Под ред. В. Н. Иванова, В. И. Патрушева. – М.: Высшая школа, 2002. – 271 с.
2. Веселова Н. Г. Социальное управление и элементы его культуры / Под ред. В. А. Трайнева. – М.: ИТК «Дашков и К^о», 2002. – 340 с.
3. Слепенков И. М., Аверин Ю. П. Основы теории социального управления. – М.: Высшая школа, 1990. – 302 с.
4. Булыгин Ю. Е., Волковский В. И. Основы теории социального управления / Под общ. ред. Е. С. Кушеля. – М.: ЧеРо, 2000. – 141 с.
5. Костко Н. А. Социальное проектирование как элемент управления развитием региона. Тюмень: Тюменский гос. институт мировой экономики, управления и права, 2004. – 120 с.

**СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ МУ «ЦСОН БЕЛОВСКОГО РАЙОНА»)**

Л. Г. Зеленая, Н. В. Котлубовская

Беловский институт (филиал)

Кемеровского государственного университета

Любая организация существует и функционирует во взаимосвязи с множеством факторов, которые по-разному воздействуют на неё, перспективы ее развития и стратегию. Совокупность факторов взаимодействия рассматривается в менеджменте как среда организации. Современная внешняя среда предприятий характеризуется очень высокой степенью сложности, динамизма и неопределенности, что значительно осложняет процедуры разработки и принятия управленческих решений. Поэтому руководители предприятий остро ощущают потребность в систематической, оперативной информации о состоянии и возможных изменениях, происходящих во внешней среде. Анализ внешней среды – это очень важный для выработки стратегии организации и очень сложный процесс, требующий внимательного отслеживания происходящих в среде процессов, оценки факторов и установления связи между факторами и теми сильными и слабыми сторонами организации, а также возможностями и угрозами, которые заключены во внешней среде [1, с. 164]. Очевидно, что, не зная среды, организация не сможет успешно развиваться в быстро изменяющихся рыночных условиях. Для достижения необходимого эффекта при анализе внешней среды необходимо знать ее составные части, т.е. иметь представление о структуре внешней среды организации. Наиболее широко распространен подход, согласно которому во внешней среде любых организаций выделяют два уровня: микро- и макросреду [4, с. 68]. Микросреда – среда прямого влияния на предприятие, которую создают поставщики, потребители, посредники, конкуренты, государственные органы, финансово-кредитные учреждения, страховые компании и другие субъекты внешней среды. Макросреда или среда косвенного влияния – это те факторы, которые могут не оказывать прямого немедленного воздействия на организацию, к ним относятся такие, как состояние экономики, научно-технический прогресс, социокультурные и политические изменения, влияние групповых интересов и существенные для организации события в других странах.

Существует большое количество методов анализа внешней среды организации, среди них часто встречаются: SWOT-анализ (сила, слабость, возможности и угрозы); SNW-анализ (сильная, нейтральная, слабая сторона); PEST-анализ (изучение социальных, технологических, экономических и политических факторов) и другие. Как показывает практика, анализ внешней среды уже много лет успешно применяется на различных коммерческих предприятиях. Однако использование подобного метода в деятельности некоммерческих организаций в настоящих условиях становится

также достаточно актуальным. Эффективная деятельность государственных бюджетных организаций всех уровней во многом зависит от условий внешней среды, чем и объясняется необходимость систематического исследования действия факторов внешнего окружения.

Муниципальное учреждение «Центр социального обслуживания населения Беловского района» создано в соответствии с распоряжением Администрации Беловского района путем выделения его из состава Управления социальной защиты населения Беловского района. Центр социального обслуживания – некоммерческая организация, созданная для социальных целей, осуществляющая на территории Беловского района организационную, практическую и координационную деятельность по оказанию социальных услуг гражданам пожилого возраста и инвалидам, нуждающимся в социальном обслуживании, не преследует получение прибыли в качестве основной цели своей деятельности. Данное учреждение действует в основном за счет бюджетных средств района, поэтому очень важно, чтобы деятельность данного учреждения была результативной. Однако оно подвергается влиянию множества факторов внешней среды. Выявить факторы, определить степень их влияния и наиболее существенные угрозы деятельности, а также выдвинуть дальнейшую стратегию развития данного предприятия возможно с помощью PEST-анализа.

Для исследования внешней макросреды МУ «ЦСОН Беловского района» использовался PEST-анализ. В ходе проведенного нами опроса населения и работников были выделены наиболее важные факторы, которые можно распределить в четыре группы: политические, экономические, социальные и технологические.

1. Политические факторы: *отсутствие комплексного подхода к совершенствованию системы социального обслуживания*, что подтверждает необходимость модернизации системы социального обслуживания; *недостаточно развитая правовая база системы социального обслуживания* – существующие законодательно-нормативные и правовые акты отстают от жизненных реалий и тормозят оптимальное регулирование отношений по предоставлению услуг в сфере социального обслуживания населения, развитие социальной инфраструктуры на основе современных концептуальных подходов внедрения экономически обоснованных методов стимулирования исполнителей услуг к повышению их качества, активизации ресурсного потенциала социальных служб; *отсутствие стандартов качества предоставления услуг в сфере социального обслуживания*, которые должны способствовать повышению качества оказываемых услуг.

2. Экономические факторы: *увеличение дефицита бюджета Беловского района в связи с финансовым кризисом* и, как следствие, снижение объемов финансирования системы социального обслуживания, что является очевидной угрозой для деятельности данного учреждения, в связи с невозможностью выполнения государственных гарантий обеспечения социально не защищенных слоев общества; *внедрение экономического механизма в распределительные каналы и ресурсное обеспечение социального*

обслуживания, при этом главной проблемой является отсутствие рынка социальных услуг. На наш взгляд, государство должно создать условия для его развития, способствовать формированию экономического механизма привлечения мелкого и среднего предпринимательства, некоммерческого (добровольческого) сектора, что приведет к расширению номенклатуры оказываемых услуг и снижению затрат государства по оказанию услуг; создание условий для привлечения благотворительного сектора.

3. Социальные факторы: увеличение доли пожилого населения; снижение благосостояния незащищенных групп населения; недостаточная профессиональная подготовка социальных работников.

4. Технологические факторы: создание новых видов услуг в соответствии со спросом населения; внедрение компьютерной системы и баз данных.

Из перечисленного видно, что у Центра больше угроз, проблем и препятствий для деятельности, чем возможностей. Поэтому для оптимизации его деятельности можно предложить следующие мероприятия: совершенствование нормативно-правовой базы организации и функционирования учреждения социального обслуживания; развитие научно-методических основ деятельности, включение новых технологий, инноваций, компьютеризации и т. д.; укрепление материально-технической базы и кадрового обеспечения учреждения социального обслуживания, в том числе и за счет привлечения благотворительности; введение дифференцированных подходов к реализации права на социальное обслуживание в зависимости от потребностей и материальной обеспеченности граждан, расширение спектра платных услуг; внедрение технологии измерения результативности предоставления социальной помощи и социальных услуг; продвижение от централизованной системы социального обслуживания к смешанным формам, где государственное обеспечение дополняется частными и общественными структурами; достижение уровня социальных услуг, по объему и качеству соответствующего государственным нормам и стандартам социального обслуживания, обеспечивающим гарантированный государством уровень социальной защиты.

Представленные мероприятия могут стать для органа обслуживания населения новой основой его арсенала управленческих инструментов.

Литература

1. Игнатов В. Г. Экономика социальной сферы: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Март, 2001. – 416 с.
2. Лотова И. П. Концептуальные подходы к проблеме технического регулирования в области социального обслуживания населения // Социальное обслуживание. – 2008. – № 1. – С. 68–89.
3. Максимова М. Н. Учреждения социального обслуживания // Вестник Московского университета. Экономика. – 2007. – № 6. – С. 11–24.
4. Пласкова Н. Стратегический анализ и его роль в обосновании стратегии развития организации // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – №1. – С. 86–97.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГМУ «ДЕТСКИЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ПСИХОНЕВРОЛОГИЧЕСКИЙ САНАТОРИЙ № 1»)

А. А. Косачёва

*Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета*

В последние годы показатели здоровья россиян ухудшились. Резко упала рождаемость, растет смертность в группе трудоспособного населения, сокращается ожидаемая продолжительность жизни, ухудшается физическое развитие подрастающего поколения. В данной ситуации остро встает вопрос обеспечения качественной медицинской помощью населения России.

Качество и эффективность медицинской помощи сегодня занимают приоритетное место в большом количестве проблем российского здравоохранения.

Эффективность деятельности системы здравоохранения напрямую связана с затратами и достигнутыми результатами. Анализ уровня соответствия медицинской помощи должному уровню качества предопределяет необходимость научного обоснования критериев, стандартов, нормативов или формализованной базы для оценки качества.

В результате теоретических исследований было рассмотрено множество определений и трактовок, но наиболее полными и объективными являются следующие:

Здравоохранение – это система социально-экономических и медицинских мероприятий, направленных на сохранение и повышение уровня здоровья населения.

Система здравоохранения – совокупность взаимосвязанных элементов (входящих в нее организаций здравоохранения), имеющая вход (ресурсы), выход (цель), взаимосвязь с внешней средой (коммуникации).

Здравоохранение традиционно относят к непроизводственным отраслям, к сфере услуг нематериального характера, но с этим нельзя согласиться, поскольку в нем сочетаются товарно-материальная и духовно-информационная деятельность. В этом смысле здравоохранение можно называть «отраслью сохранения и производства здоровья», в которой используется большой арсенал медицинских, экономических методов и средств.

Организации здравоохранения в рамках законодательства осуществляют экономическую деятельность – производство и реализацию медицинских товаров и услуг, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения, используя при этом различные финансовые, материальные, трудовые, информационные и другие ресурсы.

Следует отметить, что медицинская услуга – это структурный элемент профилактической, лечебно-диагностической, реабилитационной, са-

наторно-курортной, санитарно-эпидемиологической, лекарственной, протезно-ортопедической и других видов помощи, имеющий определенную стоимость.

Специфическими особенностями медицинских услуг являются: неосвязаемость, несохраняемость, вариабельность качества, неоднозначность в оценке результата, медицинская услуга – это продукт не только производителя (медицинского работника), но и потребителя (пациента).

Качество медицинских услуг во многом зависит от эффективной деятельности лечебно-профилактического учреждения.

При определении качества медицинской помощи следует рассматривать четыре основных компонента: квалификация врача, оптимальность использования ресурсов, риск для пациентов, удовлетворенность пациента оказанной медицинской помощью.

Под понятием «эффективность» в здравоохранении понимают отношение результатов медицинской и экономической деятельности, выраженных в определенных показателях к произведенным затратам.

Эффективность медицинского учреждения – это степень достижения им поставленных задач в области оказания медицинской помощи населению с учетом факторов качества, адекватности, производительности.

Расчёт показателей эффективности в здравоохранении производится по следующим направлениям: по виду эффективности (медицинская, социальная, экономическая, интегральный показатель, который учитывает все результаты); по уровню (уровень работы врача, уровень работы подразделений, уровень работы медицинских учреждений, уровень работы отрасли здравоохранения, уровень работы народного хозяйства); по этапам или разделам работы (на этапе предупреждения заболевания, на этапе лечения заболевания, на этапе реабилитации).

Медицинская эффективность характеризуется степенью достижения ожидаемых результатов в профилактике, диагностике, лечении, диспансеризации, реабилитации больных.

Анализ социальной эффективности системы здравоохранения основывается на выборе эмпирических индикаторов. Одним из основных критериев социальной эффективности выступает показатель доступности медицинской помощи. Другим существенным индикатором социальной эффективности здравоохранения является индекс информированности населения об имеющихся заболеваниях. Общим эмпирическим индикатором социальной эффективности здравоохранения является индекс удовлетворенности населения деятельностью местной системы здравоохранения.

Экономический эффект в здравоохранении – один из результатов деятельности организации здравоохранения, который выражается в показателях прибыли или убытков и определяется как разница между доходами и затратами.

Экономическая эффективность в здравоохранении рассматривается в двух аспектах: внутренний аспект – эффективность использования различных видов ресурсов в системе здравоохранения; внешний – влияние

здравоохранения на развитие экономики страны.

Предлагается ввести специальный показатель качества и эффективности деятельности МУЗ – интегральный коэффициент эффективности, представляющий собой произведение коэффициентов медицинской эффективности, социальной эффективности и коэффициента соотношения затрат.

Система оценки качества и эффективности медицинской помощи применялась при исследовании эффективности работы детского психоневрологического санатория г. Новокузнецка. Аналитические исследования выявили, что существуют причины, снижающие эффективность работы данного медицинского учреждения.

На сегодняшний день имеется возможность получения санаторием дополнительного дохода за счет оказания платных услуг.

При оценке мероприятий по повышению эффективности деятельности ГМУ «НДКПНС № 1» применялась предложенная система оценки качества и эффективности медицинской помощи, которая позволила охватить все сферы деятельности учреждения.

СУЩНОСТЬ ВЕНЧУРНОГО КАПИТАЛА И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

К. Ю. Кутузова

*Стерлитамакская государственная педагогическая академия
им. Зайнаб Бишиевой*

Мощной поддержкой инновационной деятельности в странах с инновационно ориентированной экономикой является венчурный капитал (от англ. «venture» – «рискованное предприятие или начинание»). Венчурный бизнес действует в разных отраслях производства, в том числе и в традиционных, однако основная часть всех рискованных капиталовложений связана с высокими технологиями.

Венчурный капитал представляет собой особое финансовое звено, объединяющее носителей денежного капитала и носителей технологий, и именно он решает проблему финансовой недостаточности в секторе стартовых инновационных проектов [2, с. 8].

Венчурный капитал – относительно новая экономическая категория для подавляющего числа специалистов. Этот термин был известен и распространен у нас лишь среди определенного круга исследователей по экономическим и иным дисциплинам.

Процессы венчурного финансирования привлекли внимание отечественных экономистов еще до начала рыночных реформ 1990-х гг., так как использование венчурного капитала имеет особое значение для развития экономики. Незначительное по объему, оно создает новый тип инвестиционного механизма, который дает возможность получать значительные макроэкономический и структурный эффекты.

Но в начале рыночных реформ, в условиях отсутствия цивилизованного фондового рынка, высокого уровня инфляции создание венчурной индустрии было затруднено. И только в последние годы складываются условия, позволяющие, при сохранении политической и экономической стабильности, надеяться на успешную адаптацию венчурного механизма в России.

Существует множество определений того, что собой представляет венчурное инвестирование, но все они так или иначе сводятся к его функциональной задаче: способствовать росту конкретного бизнеса путем предоставления определенной суммы денежных средств в обмен на долю в уставном капитале или некий пакет акций.

По мнению М. Бунчук, венчурный капитал – это долгосрочный, рискованный капитал, инвестируемый в акции новых и быстрорастущих компаний с целью получения высокой прибыли после регистрации акций этих компаний на фондовой бирже [1, с. 37].

Толковый словарь терминов венчурного финансирования РАВИ трактует венчурный капитал как источник финансирования начинающих компаний, вновь возникших компаний либо компаний, находящихся в сложных условиях. Венчурные инвестиции содержат высокую степень риска, но одновременно обещают хорошие перспективы дохода – выше среднего.

Другое определение РАВИ гласит: венчурный капитал (Venture capital) – это источник капитала для прямого инвестирования и форма вложения средств в частные компании. Венчурный капитал направляется в виде прямых инвестиций в компании, находящиеся на начальных стадиях развития, на стадии развития или расширения бизнеса. Этот вид инвестиций, как правило, используется для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, создания и запуска на рынок нового продукта [5, с. 111].

Лирмян Р. А. выделяет узкую и широкую трактовку понятия «венчурный капитал». Венчурный капитал (в узком смысле) – капитал, ищущий возможности для инвестиций, отличающихся высокой степенью риска и высоким уровнем прибыли от инвестиций в случае успеха [3, с. 16].

Венчурный капитал (в широком смысле) – капитал, переданный в качестве долевого или акционерного капитала в компанию малого или среднего бизнеса, осуществляющего реализацию инновационного проекта, связанного с освоением новых технологий и/или выпуском принципиально нового вида продукции [3, с. 17].

Среди участников венчурного финансирования можно выделить компанию-реципиента (венчурную фирму), венчурных инвесторов, венчурных профессионалов.

Компанией-реципиентом венчурного капитала может стать любая компания, независимо от размера и рода деятельности. Однако, чаще других к механизму венчурного финансирования вынуждены прибегать малые наукоемкие предприятия, реализующие инновационные проекты в высокотехнологичных отраслях. Причинами этого являются наличие высоких рисков, связанных с реализацией инновационной, неапробированной про-

дукции, а также отсутствие необходимой материальной базы для привлечения финансирования в виде банковского кредита.

Другим участником венчурного финансирования является венчурный инвестор. В качестве венчурных инвесторов могут выступать крупные корпорации, различные страховые компании, пенсионные фонды, частные инвесторы («неформальный сектор»), предоставляющие финансовые ресурсы для рискованных проектов.

Наиболее типичной схемой венчурного финансирования является схема с использованием звена-посредника между венчурными инвесторами и компаниями-реципиентами – так называемого венчурного института. В качестве такого посредника выступает венчурный фонд. Средствами венчурного фонда управляет профессиональная управляющая компания. Венчурный профессионал – руководитель управляющей компании, он не является владельцем большей части средств венчурного фонда, его главный вклад в фонд – прежде всего видение перспективы, управленческие навыки, связи.

Особый интерес у исследователей вызывают «бизнес-ангелы», под которыми понимаются частные «неформальные» инвесторы, которые инвестируют в некотирующиеся на фондовой бирже начинающие свой бизнес компании. Это, как правило, располагающие значительными средствами бывшие предприниматели или представители руководящего состава крупных компаний. «Бизнес-ангелы» предоставляют не только средства, но и свой опыт, и навыки в области предпринимательской и производственной деятельности. В принципе, они могут вкладывать средства в венчурный фонд, но на практике чаще используют механизм прямого финансирования

Таким образом, формирование ресурсов, необходимых для инвестиционной деятельности, чаще всего связано с использованием собственного дохода и ресурсов, привлеченных со стороны. Формирование венчурного капитала, как правило, принимает следующие формы: приобретение обыкновенных акций с правом голоса, дающих право на дивиденд только после покрытия всех других обязательств компании; приобретение привилегированных акций без права голоса, но обладающих приоритетным правом на дивиденды и погашение; предоставление ссуды, через какое-то время нередко конвертируемой в акции.

При финансировании проектов венчурным капиталом высокие риски должны находиться в сочетании с высокими ожидаемыми коммерческими результатами. Как показывают некоторые исследования, около 15 % рискованных предприятий терпят полную неудачу, 25 % теряют больше, чем зарабатывают, 30 % едва сводят концы с концами и лишь 30 % фирм, использующих венчурный капитал, обеспечивают всю прибыль, компенсирующую потери остальных. Поэтому венчурные инвесторы соглашаются на норму прибыли не менее 25–30 % в год, рассматривая ее как плату за риск [4, с. 122].

Подводя итоги, необходимо отметить, что венчурный капитал — это специфический тип капитала, предоставляемого определенными фирмами, которые инвестируют и одновременно участвуют в управлении молодыми компаниями, акции которых пока еще не котируются на фондовом рынке. Инвестиции

венчурного капитала сопряжены с длительными сроками, элементами риска, участием в управлении компанией и с доходами в большей степени в форме прироста капитала, чем в виде дивидендов. Венчурные капиталисты необходимы для поддержки сопряженных с высоким риском инвестиций в малые, ориентированные на новые технологии фирмы, которые в большинстве случаев не получают поддержки со стороны крупных компаний и традиционных финансовых институтов.

Литература

1. Бунчук М. Роль венчурного капитала в финансировании малого инновационного бизнеса // Технологический бизнес. – 1999. – № 1. – С. 33–37.
2. Каширин А. И., Семенов А. С. Венчурное инвестирование в России. – М.: Вершина, 2007. – 320 с.
3. Лирмян Р. А. Венчурное инвестирование в инновации: мировой опыт и российская практика. – М.: Научная книга, 2006. – 138 с.
4. Манцев О. Венчурное предпринимательство: мировой опыт и отечественная практика // Вопросы экономики. – 2006. – № 5. – С. 122–131.
5. Толковый словарь терминов венчурного финансирования. – СПб.: РАВИ, 1999. – С. 111.

ОБЗОР РЕФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ЖИЛЬЯ

О. Ю. Мезенцева

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Началом реформирования жилищно-коммунального хозяйства в РФ был Указ Президента РФ «О Реформе жилищно-коммунального хозяйства в РФ», из которого следует Концепция реформы жилищно-коммунального хозяйства в РФ. Одной из основных целей реформирования является смягчение для населения процесса реформирования системы оплаты жилья и коммунальных услуг при переходе отрасли на режим безубыточного функционирования, т. е. на 100 % оплату жилищно-коммунальных услуг. Переход регламентируется постановлением Правительства РФ от 26.08.2004 г. № 441 «О федеральных стандартах оплаты жилья и коммунальных услуг и порядке возмещения расходов на капитальный ремонт жилья на 2005 г.».

В РФ по областям переход на 100 % оплаты ЖКУ проходил в разное время: в 2005 г. на 100 % оплату ЖКУ перешли Республика Татарстан и Тюменская область, в 2006 г. – Свердловская область. В Кемеровской области в качестве экспериментальной площадки был выбран шахтерский город Березовский, в котором в 2006 г. переход на 100-процентную оплату ЖКУ признан успешным, вся Кемеровская область, как и Московская, должна перейти на 100 % оплаты ЖКУ к 2011 г.

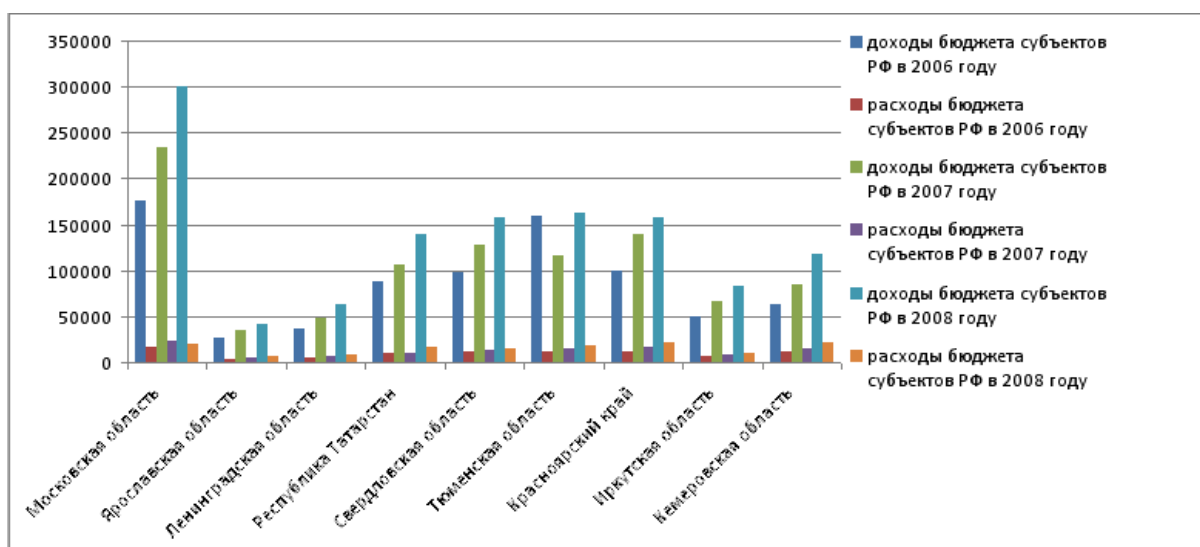


Рис. 1. Расходы бюджетов субъектов РФ на ЖКХ (в млн руб.)

В среднем по Российской Федерации расходы на финансирование ЖКХ из средств федерального бюджета в 2006 г. составили 15,8 % и к 2008 г. увеличились до 16,4 %. По областям самый большой процент расхода бюджета на ЖКХ в Кемеровской области – 17,1 %, в Ярославской области и Красноярском крае – 13,4 %, в Ленинградской области этот процент составлял 13 %.

Из регионов, которые перешли на 100 % оплату ЖКХ, процент расходов на ЖКХ в 2006 г. составлял: Республика Татарстан – 11,7 %, Свердловская область – 11,9 %, Тюменская область – 8,5 %. В целом во многих регионах в 2008 г. произошло увеличение расходов бюджета на ЖКХ в среднем на 1,3 %, интервал разброса составляет от 0,5 % до 2,9 %. Исключение составили Республика Татарстан, Свердловская область, в которых произошло сокращение бюджетного финансирования на 0,7 и 2,7 % соответственно.

В г. Анжеро-Судженске бюджет в 2006 г. составлял 1 099 778 тыс. руб., на ЖКХ было направлено 201 045 тыс. руб. В 2008 г. доходы бюджета увеличились на 98 % и составили 2 173 612,5 тыс. руб., расходы на ЖКХ также увеличились почти в два раза и составили 400 100 тыс. руб.

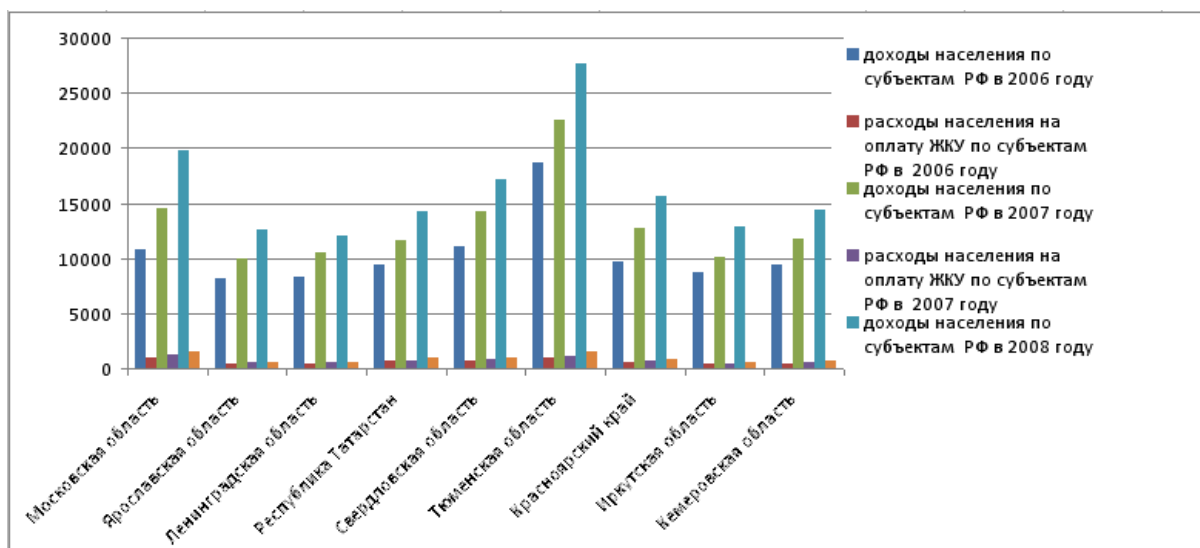


Рис. 2. Расходы населения субъектов Российской Федерации на ЖКУ (в месяц руб.)

В среднем по Российской Федерации доля собственных расходов граждан на оплату жилья и коммунальных услуг в совокупном доходе семьи в 2006 г. составляла 8,7 %. По областям самый большой процент расхода денежных средств населения на ЖКУ в Московской области – 11,9 %, в Ярославской и Тюменской областях – 9,2 %. Наименьшая доля собственных расходов на оплату ЖКУ в Кемеровской области – 6,8 %. В регионах, перешедших на 100 % оплаты ЖКУ, это доля в 2006 г. составила: Республика Татарстан – 10 %, Свердловская область – 8,7 %.

В 2008 г. по Российской Федерации произошло сокращение расходов населения на ЖКУ и составил в среднем 1,1 %, интервал разброса составляет от 0,4 до 1,5 %. Стоимость услуг ЖКХ за 2006–2008 гг. в анализируемых областях в среднем выросла на 39 %, доходы населения выросли на 55 %, официальный темп инфляции за тот же период составил 34,2 %.

Анализ показал, что во всех регионах РФ оплата ЖКУ населением не только не превышает, а значительно ниже федерального стандарта максимально допустимой доли собственных расходов граждан на оплату жилого помещения и коммунальных услуг в совокупном доходе семьи в размере 22 %, установленного постановлением Правительства РФ от 29.08.2005 г. № 541. А учитывая, что Кемеровская область – один из регионов с наименьшей долей собственных расходов граждан, существует реальная возможность «безболезненного» перехода к 100 % оплате услуг ЖКХ.

СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ИЖМОРСКОГО РАЙОНА

М. Л. Микрюкова, Е. В. Козлова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

Для обеспечения сбалансированного социального развития любого муниципального образования в долгосрочной перспективе целесообразными являются следующие стратегические цели:

1) обеспечение и предоставление равных возможностей для удовлетворения потребностей жителей района в общественных услугах (медицинских, образовательных, туристических, культурно-просветительных, жилищных услугах, услугах общественного транспорта, спортивно-оздоровительных услугах и т. д.);

2) подготовка и поддержание условий, необходимых для сбалансированного поступательного развития социально-экономической системы Ижморского района;

3) обеспечение социальной стабильности как фактора устойчивого социально-экономического развития Ижморского района.

Первая стратегическая цель социального развития непосредственно ориентирована на население муниципального образования, независимо от его социально-экономической роли (работающие или безработные, предприниматели или наемные работники, трудоспособные или нетрудоспособные жители и т. п.).

Вторая стратегическая цель ориентирована, прежде всего, на перспективное определение количественных и качественных параметров функционирования и развития объектов социальной инфраструктуры, результатами деятельности которых являются изменяемые (формируемые) характеристики жителей муниципального образования, а именно: уровень притязаний, гражданская позиция, уровень и направленность образования, уровень общего развития, широта кругозора, уровень культуры, состояние здоровья и отношение к нему людей и т. д. Подготовка и адаптация населения в соответствии с социальными и экономическими запросами и реалиями, а также формирование необходимой структуры занятости позволяют перейти к фактическому долгосрочному управлению спросом и предложением рабочей силы. Таким образом, социальная сфера непосредственно влияет на потенциал и возможности развития муниципального образования в долгосрочной перспективе.

Третья стратегическая цель делает акцент на необходимости системного и комплексного развития муниципального образования, на приоритетность развития социальной сферы как системообразующего элемента, а также на реализацию конституционного императива – формирование социального рыночного государства.

Вместе с тем на основании анализа социальных условий и динамики их изменения, а также результатов SWOT-анализа Ижморского района

и опроса жителей района структура целей и подцелей социального развития представлена следующей совокупностью:

1. Рост благосостояния и качества жизни населения Ижморского района. Для достижения данной стратегической цели необходимо обеспечить достижение подцелей. Одной из них является здравоохранение. Здесь наблюдается следующая ситуация:

- увеличилась численность врачей всех специальностей и среднего медицинского персонала;
- показатель общей смертности населения снизился, а показатель уровня рождаемости в Ижморском районе увеличился;
- сократилось количество врачебных учреждений, оказывающих амбулаторно-поликлиническую помощь, а также количество больничных коек.

2. Рост образовательного, научного, культурного и духовного потенциала населения Ижморского района. Положительным является то, что по президентской программе «Компьютеризация сельских школ» все образовательные учреждения получили компьютеры, однако благодаря инициативе администрации района удалось дополнительно получить 12 компьютеров для Ижморской СОШ № 2. Система учреждений культуры функционирует достаточно эффективно. Народное творчество в Ижморском районе представлено следующими жанрами: хореография, вокал, музыкально-инструментальное творчество, декоративно-прикладное мастерство и др.

3. Повышение уровня безопасности жизни в Ижморском районе. Регистрация преступлений в ОВД Ижморского района имеет тенденцию к снижению. Причиной сокращения стало уменьшение выявления экономических составов преступлений, незаконного оборота наркотиков. Минусами является то, что материальное обеспечение ОВД оставляет желать лучшего. Далеко не каждое подразделение ОВД имеет хотя бы один персональный компьютер, без которого в современном документообороте нельзя обойтись. Электронная почта, оперативная проверка лиц по базам данных информационного центра ГУВД КО требуют наличия модемов для оперативных подразделений, милиции общественной безопасности, дежурной части, штаба.

4. Улучшение качества среды обитания жителей Ижморского района. Наблюдается положительная тенденция:

- сократилась средняя обеспеченность населения жильем, кв.м. общей площади с 34,9 в 2005 году до 22,7 в 2007 году;
- сдан в эксплуатацию 36-квартирный жилой дом в микрорайоне п. г. т. Ижморский;
- строительство 33-квартирного жилого дома в микрорайоне п. г. т. Ижморский;
- идет выдача ссуд для строительства жилых домов по программе «Сельский дом»;
- реконструкция 16-квартирного жилого дома в с. Святославка, сдан в эксплуатацию;
- переселение из ветхого жилья.

Основными текущими проблемами, требующими решения со стороны администрации муниципального образования в анализируемой сфере, являются:

- содержание и ремонт жилищного фонда;
- содержание и ремонт сетей коммунальных сетей жилищного фонда города;
- обеспечение очередников квартирами при увеличении их абсолютной численности.

5. Выбор стратегических приоритетов устойчивого социального развития Ижморского района.

Анализ стартовых условий и оценка исходной социальной ситуации показали, что муниципальное образование имеет достаточный производственный и человеческий потенциал, а также природные ресурсы, которые могут быть использованы для развития территории в будущем.

ПОТРЕБИТЕЛЬСКАЯ КОРЗИНА И ВЫБОР ПОТРЕБИТЕЛЯ

О. В. Тихонова

*Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске*

В 2010 г. Министерство здравоохранения и социального развития создаёт комиссию, цель деятельности которой – пересмотр существующей потребительской корзины. Новая потребительская корзина будет рассматриваться на пятилетку, которая начнется в 2011 году.

На основе потребительской корзины устанавливается размер прожиточного минимума в стране. Если доходы гражданина не дотягивают до этого минимума, он признается бедным и получает право на социальные выплаты, место в очереди на бесплатное жилье, субсидии по квартплате и прочее. Ежеквартально Росстат выводит среднеарифметическую цену потребительской корзины по стране. Затем подсчитывают ее среднюю стоимость в регионах и отдельно для каждой категории граждан: для трудоспособных, пенсионеров и детей.

Сегодня используются нормы, принятые в 2006 году. Корзина включает меню из хлеба (133,7 кг в год на трудоспособного россиянина), картофеля (107,6 кг), мяса (37,2 кг), рыбы (17,5 кг) и овощей (97 кг), а также расходы на жилье, коммунальные услуги и транспорт. Кроме того, каждому гражданину полагается три пальто на семь лет, шесть пар обуви на три года и девять комплектов нижнего белья на два года. Расходы на посещение театров, кино и выставок составляют до 5 процентов от всей корзины.

Величина прожиточного минимума ежеквартально пересматривается.

По данным Росстата, за IV квартал 2009 года, прожиточный минимум в Москве в среднем составил 7493 рублей, в Новосибирской области - 5391 рублей, в Кемеровской – 4260 рублей. Один из самых низких показателей в Белгородской области – 4502 рублей, самый высокий – на Камчатке – 10890 тысяч рублей, а в среднем по стране – 5198 рублей.

На стоимость потребительской корзины в первую очередь напрямую влияет изменение цен на основные продовольственные товары.

Продукты и требуемые годовые объемы подбирались согласно **Закону Кемеровской области от 12.12.2006 № 152 «О потребительской корзине в Кемеровской области»** (табл. 1).

Таблица 1

**Стоимость минимального набора продуктов питания
в г. Анжеро-Судженске (февраль 2010 г.)**

	СМ «Спутник»	ГП «Алпи»	Магазин «Искра»
Мука (1 кг)	11.20 р. Алтай	14.90 р. Высший сорт	12.30 р. Алтай
Картофель (1 кг)	10.80 р. Фасованный	10.60 р. Фасованный	10.80 р. Фасованный
Капуста (1 кг)	17.80 р. «Свежий урожай»	13.50 р.	15.20 р.
Яблоки (1 кг)	52.90 р. «Рубин фрутис»	54.60 р.	55.50 р.
Сахар (1 кг)	34.90 р.	35.10 р.	35.10 р.
Мясо (1 кг)	232.20 р. Говядина	235.00 р. Говядина	234.60 р. Говядина
Рыба (1 кг)	95.90 р. Горбуша	126.50 Горбуша	125.70 р. Горбуша
Молоко (1 л) 2,5 %	25.90р. «Анжер- ское»	27.60 р. «Скоморошка»	25.00 р. «Анжерское»
Яйца (10 шт)	38.50р. Инское	30.10 р. Диетическое отборное	39.00 р. Инское
Масло растительное (1 л)	34.90 р. «Выгодный товар»	35.90 р. «Масленица»	37.00 р. «Масленица»
Чай (1 кг)	18.30 р. «Лисма» 100г	21.10 р. «Принцесса Гита» 100г	38.00 р. «Принцесса Гита» 200г
Итого на год согласно объемам потребительской корзины	31 686.78 р.	32 897.28 р.	32 257.66 р.
Итого на месяц	2 640.57 р. (1967.2р.)*	2741.44 р. (1967.2р.)	2688.14 р. (1967.2р.)

Объем потребительской корзины для трудоспособного населения в среднем в год:

- хлеб, макароны, крупы в пересчете на муку – 137,1 кг;

- картофель – 100,1 кг;
- овощи бахчевые – 97 кг;
- фрукты свежие – 23 кг;
- сахар и кондитерские изделия в пересчете на сахар – 22,2 кг;
- мясопродукты – 39,8 кг;
- рыбопродукты – 17,5 кг;
- молоко и молокопродукты в пересчете на молоко – 205,1 кг (взяты литры);
- яйца – 200 шт.;
- масло растительное, маргарин и жиры – 15 кг (взяты литры);
- прочие продукты (соль, чай, специи) – 4,9 кг.

В работе представлена динамика изменения стоимости потребительской корзины для жителей г. Анжеро-Судженска Кемеровской области табл. 2 и диаграмма 1.

Индекс цен на продукты в разных магазинах разных ценовых категорий построен на основе минимальной потребительской корзины (учтены только основные продукты питания).

Таблица 2

**Динамика изменения стоимости
потребительской корзины в феврале 2010**

Магазин	Цена		1 мес	3 мес	6 мес
СМ «Спутник»	2 640.57	↑	+1.33%	+3.3%	+5.31%
ГП «Алпи»	2 741.44	↑	+1.45%	+3.47%	+5.51%
М-н «Искра»	2 688.14	↑	+1.36%	+3.37%	+5.39%

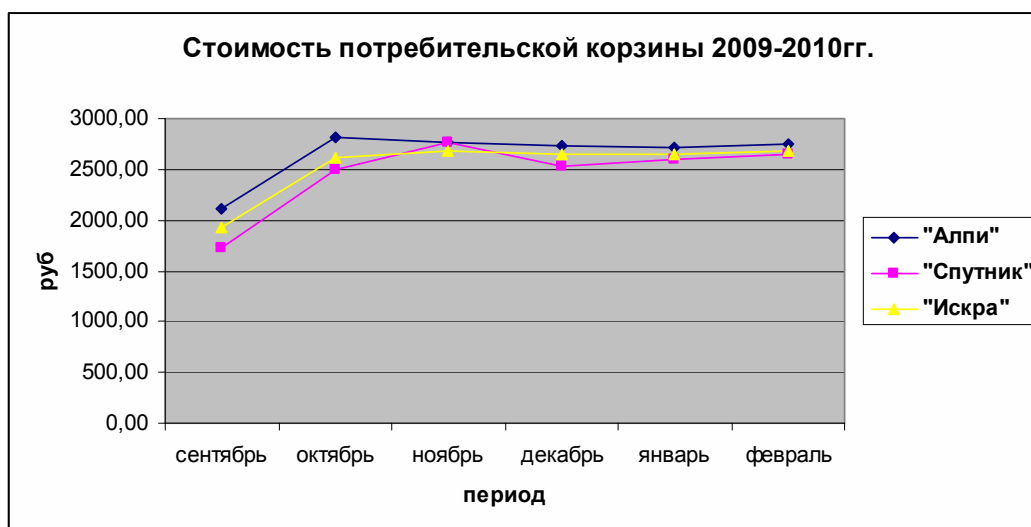


Диаграмма 1. Стоимость потребительской корзины 2009–2010 гг.

В целом, значительных изменений в стоимости потребительской корзины не наблюдается. Потребитель может сэкономить от 50 до 100

рублей, выбрав сеть магазинов «Спутник». Но если учесть затраты времени и затраты на проезд, сумма экономии сократится.

Следует отметить, что прожиточный минимум России установлен на уровне физиологического выживания, не учитывает современные потребности человека, а потребительская корзина не включает расходы, принятые в западных странах.

Возможно, новая потребительская корзина, которую разработает созданная комиссия, учтет эти недостатки.

Литература

1. Дмитриева Д. Прожиточный минимум и средняя заработная плата продолжают «радовать» горожан [Электронный ресурс] // URL: <http://www.vorle.ru>.
2. Распоряжение губернатора Томской области № 6-р от 15.01.2010 г. [Электронный ресурс] // URL: <http://tmsk.gks.ru>.
3. Постановление губернатора Новосибирской области от 9 февраля 2010 г. №29 «Об установлении величины прожиточного минимума на душу населения и по основным социально-демографическим группам населения в Новосибирской области за IV квартал 2009 года» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.garant.ru>.
4. Постановление Коллегии Администрации Кемеровской области от 13 января 2010 г. № 3 «Об установлении величины прожиточного минимума на душу населения и по основным социально-демографическим группам населения Кемеровской области за четвертый квартал 2009 г.» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.garant.ru>.
5. Федеральный закон от 31.03.2006 N 44-ФЗ «О потребительской корзине в целом по Российской Федерации»
6. Закон Кемеровской области от 12.12.2006 № 152 «О потребительской корзине в Кемеровской области»
7. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области КЕМЕРОВОСТАТ [Электронный ресурс] // URL: <http://www.kemerovostat.ru>.

К ВОПРОСУ ОБ УВЕЛИЧЕНИИ СТОИМОСТИ ЧИСТЫХ АКТИВОВ ПАЕВЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ФОНДОВ

А. П. Трутнева

*Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета*

В кризисный период совокупная стоимость чистых активов фондов снизилась почти на 48 %, и отток средств с начала 2009 г., по данным НЛУ составил более 10 млрд рублей, но и в этих условиях ПИФы остаются привлекательным инструментом инвестирования. Появление на российском рынке новых категорий ПИФов (рентные фонды, кредитные, хедж-фонды), рост показателей фондового рынка, регулирование со стороны законодательства (наличие закона «Об инвестиционных фондах», подзаконных актов), отсутствие фиксированных ежемесячных расходов, освобождение от уплаты подоходного налога по истечении 3 лет владения паем и возможность переложить работу по анализу рынка на плечи профессионалов – все это способствует росту пайщиков и, как следствие, увеличению активов фондов [1].

Необходимое условие для этого – эффективность управления средствами, которая определяется не только доходностью фонда, но и его рисками, такими как инвестиционные риски, риски ликвидности, снижения финансовой устойчивости, кредитные риски.

Нами были рассмотрены показатели риска фондов управляющих компаний, представленных в г. Новокузнецке: УК БрокерКредитСервис, УК КитФортисИнвестментс, УК ФИНАМ Менеджмент. При оценке риска использовались методики CAPM, VaR, Z-модель (оценка кредитного риска управляющей компании), рассчитывался коэффициент Сортино, характеризующий соотношение доходности и риска, и коэффициент финансовой устойчивости. Наиболее высокое значение коэффициента Сортино у фонда «БКС-Фонд национальных облигаций» – порядка 0,43. У остальных фондов значение данного показателя отрицательное, что говорит о превалировании риска по отношению к доходности. Бета-коэффициент фонда «ФИНАМ – Низколиквидные акции» больше единицы – рискованное значение в связи с неоднозначностью и волатильностью рынка. Что касается показателя VaR, то наименьшим риском обладают рассмотренные фонды облигаций, у фондов акций риск выше –17,38 % и –22,44 % соответственно. У всех трех УК кредитный риск находится на низком уровне, угроза банкротства отсутствует, но у УК ФИНАМ коэффициент финансовой устойчивости не соответствует норме, следовательно, у компании высока доля заемных средств, в частности кредиторской задолженности.

По нашему мнению, причина возникновения вышеперечисленных рисков не всегда заключается в непрофессионализме инвестиционного комитета. К примеру, одним из способов управления риском является хеджирование при помощи опционов и фьючерсов. Но законодательство РФ ограничивает в этом управляющие компании: только 10 % от чистых активов может быть использовано для хеджирования рисков. Также существуют ограничения по структуре портфеля (например, количество акций одного эмитента не должно превышать 15 % от портфеля), закон запрещает фондам «играть на понижение» [3]. В качестве одной из мер повышения инвестиционной привлекательности нами предлагается увеличение процента чистых активов, направленного на хеджирование рисков, так как клиенты заинтересованы в профессиональном использовании широкого спектра финансовых инструментов и в получении высокой доходности. В ином случае ПИФ просто следует индексной стратегии рынка, применять которую может пайщик самостоятельно, открыв брокерский счет.

Еще одним методом увеличения активов ПИФов, на наш взгляд, является оптимизация минимальной суммы средств для первоначального приобретения пая. Большинство ПИФов ориентировано на работу с обеспеченными клиентами. Практика показывает, что небольшие суммы реже изымаются из фонда, в то время как крупные довольно часто. Не менее 20 % ПИФов в связи с этим находятся в зоне риска, связанного с бегством капитала [2]. В определенной степени ПИФы могут регулировать риски потери клиентов. Закон не запрещает фондам пользоваться современными

маркетинговыми стратегиями для привлечения пайщиков, но только некоторые из них используют инновационные технологии, позволяющие дистанционно оформлять заявки на приобретение паев. Особенно эта проблема актуальна для регионов. В исследуемом представительстве УК КитФортисИнвестментс основными покупателями паев являются юридические лица. Из-за невысокого уровня сервиса, отсутствия рекламы и консультаций населения фонды теряют значительную часть клиентов.

Таким образом, для увеличения стоимости чистых активов ПИФов наиболее перспективными методами, на наш взгляд, являются расширение спектра использования производных финансовых инструментов в сочетании с гибкой маркетинговой стратегией управляющих компаний.

Литература

1. Грунин Г. И. Лучшие управляющие // РБК. – 2010. – № 2. – С. 56–57.
2. Ионов С. В. Коллективные инвестиции // Личный бюджет. – 2009. – № 8. – С. 59.
3. Национальная лига управляющих [Электронный ресурс] // URL: www.nlu.ru.

ФОРМИРОВАНИЕ РЫНКА КЛИНИНГОВЫХ УСЛУГ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ

Д. А. Чернышева

Научный руководитель: доц. О. С. Дуса

Новокузнецкий филиал-институт

Кемеровского государственного университета

Клининг (от английского clean – чистота) – это профессиональная деятельность специализированных компаний в сфере уборки помещений, поддержания чистоты, ухода за объектами недвижимости и прилегающей территории.

В России первые клининговые компании появились в начале 90-х годов прошлого века с появлением первых совместных предприятий и, на тот момент, единственных потребителей данных услуг. Сегодня в структуре российского рынка клининговых услуг 52 % занимает московский регион, на долю петербургского рынка приходится 13 % и на другие регионы – 35 %.

Рынок клининговых услуг представляет собой совокупность экономических отношений, проявляющихся в сфере предоставления услуг, связанных с уборкой помещений, уходом за объектами недвижимости и прилегающей территории, в результате которых формируется спрос, предложение и цена. На данном рынке функционируют следующие экономические субъекты: муниципалитет, предприятия различных форм собственности, домохозяйства. Рынок клининговых услуг действует в условиях несовершенной конкуренции.

На всех уровнях власти нет четкой политики по развитию данной отрасли. Все проблемы, возникающие в процессе формирования рынка, условно можно разделить на следующие группы: юридические, экономические, социальные, информационные, кадровые.

Рынок клининговых услуг г. Новокузнецка территориально представлен шестью районами города. Уровень насыщения клининговыми услугами по районам имеет существенные диспропорции.

В г. Новокузнецке шесть крупных организаций (ООО «Благоустройство Запсиба»; ООО «Ирэн Клининг»; ООО «Империя чистоты»; ООО «Новокузнецкая Клининговая компания»; ООО «Ротекс»; ООО «Мойдодыр»), предоставляющие 91 % клининговых услуг и мелкие или сезонные – 9 %.

Наиболее крупная клининговая компания ООО «Ротекс» предлагает своим клиентам полный цикл услуг по сопровождению бизнеса: от уборки помещений и организации корпоративного и индустриального питания, до комплексных решений по технической эксплуатации недвижимости, включая обслуживание инженерных систем, охрану объектов, а также утилизацию промышленных и бытовых отходов (ТБО). Сопутствующие клинингу услуги, такие как уборка прилегающих территорий и их озеленение, а также вывоз ТБО, со временем превратились в отдельное направление. Спектр услуг предприятия: чистка ковровина; уборка офисов; продажа оборудования/химии; ежедневная уборка; мойка окон и фасадов (альпинизм); вывоз мусора и снега; уборка после строительства, ремонта; уборка внешней территории; обработка твердых поверхностей; химчистка ковровых покрытий, мягкой мебели; комплексное обслуживание; мойка окон и витрин. ООО «Ротекс» обслуживает Центральный, Орджоникидзевский, и Куйбышевский районы.

Анализ рынка клининговых услуг г. Новокузнецка показал, что он находится в стадии формирования и охватывает лишь 8 % площадей в коммерческой недвижимости (для сравнения: в Москве – 20 %, в США этот показатель достигает 80 %).

Были изучены спрос и предложение на рынке клининговых услуг г. Новокузнецка. Предложение на данном рынке представлено тремя сегментами:

а) *предприятиями, работающими по муниципальному заказу.* Потенциал роста данной части рынка высок как в части увеличения объемов клининговых услуг, так и в части увеличения числа фирм, работающих по муниципальному заказу. Однако выход на данный рынок значительно затруднен и имеет свои ограничения. Структура данной части рынка представляет монополистическую конкуренцию. Уровень насыщения ограничен финансированием городского бюджета.

б) *фирмами, предоставляющими услуги предприятиям всех форм собственности и домохозяйствам.* Потенциал для роста этой части рынка также велик. В настоящее время здесь сложилась ситуация олигополии. Практически отсутствует конкуренция. Интересы фирм не сталкиваются. Номенклатура услуг гораздо шире, чем у предприятий, работающих по муниципальному заказу. Но, по оценкам экспертов, обслуживание помещений и придомовой территории достаточно дорого и недоступно широкому кругу потребителей.

в) фирмами, предоставляющими товары необходимые данному рынку. В данной части рынка больше, чем в других, развита конкуренция. Охватывается достаточно широкий спектр потребителей: от потребителей с низким уровнем дохода до обеспеченных. Фирмы, действующие на данном рынке, активно используют приемы стимулирования продаж. Уровень насыщения рынка достаточно высок. Представлены различные способы получения информации потребителем.

Потребители на рынке клининговых услуг представлены следующими сегментами: 22 % – офисные помещения (банки, бизнес-центры), 32 % – торговые помещения, 25 % – промышленные и складские помещения, 11 % – прочие (медицинские, образовательные, жилые, досуговые, служебные помещения – гостиницы, рестораны, фитнес-центры). При этом клининговыми услугами охвачено лишь 0,01 % жилых помещений.

Опрос предприятий различных форм собственности и деятельности, а также населения показал, что на рынке существует неудовлетворенный спрос, который не покрывает действующее предложение. Данные опроса выявили необходимость в следующих услугах: озеленение прилегающих территорий предприятий, озеленение придомовых территорий, оформление балконов, лоджий, эркеров, озеленение горизонтальных поверхностей крыш, вертикальное озеленение, уборка жилых помещений и т. д. Таким образом, выявлена необходимость в увеличении и расширении предложения на рынке клининговых услуг.

Отсутствие конкуренции на рынке обусловлено, прежде всего, малым количеством фирм, действующих на этом рынке, несмотря на то, что этот бизнес крайне привлекателен. Для его организации не требуется больших затрат. Как показали экономические расчеты, данные предприятия среднерентабельны и окупаются за 1,5–2 года.

Можно расширить перечень услуг за счет создания зимних садов, оранжерей, зеленых зон психологической разгрузки, строительства снежных и ледяных городков. Предоставляться подобные услуги могут как предприятиям различных форм собственности, так и домохозяйствам.

Таким образом, имеются все предпосылки для развития рынка клининговых услуг в г. Новокузнецке, и опыт таких городов, как Москва, Санкт-Петербург, Челябинск, Новосибирск, доказывает, что темпы роста рынка клининговых услуг составляют 20–40 % в год.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

А. В. Щепетов, М. А. Рыжих, Е. И. Голоктионова

Новокузнецкий филиал-институт

Кемеровского государственного университета

Наиболее актуальной задачей развития углеобогащения в условиях сложившегося кризиса является повышение эффективности производства

за счет его структурно-параметрической адаптации (модернизации и реконструкции). Работа, посвященная решению этих вопросов, является актуальной.

В качестве объекта исследования была выбрана технологическая линия обогащения угля для условий филиала ОАО «Южный Кузбасс» – Управление по обогащению и переработке угля ЦОФ «Кузбасская» (г. Междуреченск).

Исследования показали, что задача обеспечения выживаемости углеобогащительных, металлургических и многих других предприятий за счет качественного, своевременного и экономически оправданного их изменения (адаптации) является центральной.

Для ее решения наиболее рациональным, по мнению многих авторов, является системный подход [1], когда структурно-параметрическая адаптация рассматривается как частный случай управления, а модернизация технологии и реконструкция производства являются целенаправленными процедурами структурно-параметрического изменения производства, позволяющими без изменения номенклатуры выпускаемых продуктов (или с требуемыми изменениями) обеспечить выполнение заданных внешних ограничений и критериев. Можно также считать, что модернизация технологии и реконструкция производства являются частью заданных процедур его адаптации к изменяющимся внешним и внутренним условиям функционирования. В научно-технической литературе понятия реконструкции и модернизации необоснованно объединяют, хотя очевидно, что в большинстве случаев модернизация технологии включает процессы параметрических изменений, а реконструкция – структурных [2].

Цель управления процессом обогащения угля состоит в получении концентрата определенного качества при обеспечении максимальной производительности и экономичности работы.

Весь процесс обогащения подразделяется на углеприем и подготовку угля к обогащению, обогащение угля и обезвоживание, осветление оборотных вод, сушку концентрата и так далее. В работках Владимира Константиновича Буторина и Бориса Ивановича Кудрина такие предприятия относятся к классу организационно-технологических систем [3]. Одной из выходных (управляемых) величин является концентрат, качество которого характеризуется содержанием золы, а важнейшей входной величиной (параметром) является состав рядовых углей, поступающих из различных шахт и добычных участков (качественные и количественные свойства рядового угля).

В работе предложена экономико-математическая модель для решения задачи модернизации технологии обогащения угля на ЦОФ «Кузбасская». Обобщенная структура модели представлена на рис. 1.

Результаты расчетов по основным вариантам модернизации технологии

Показатели	Ед. изм.	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3
Поступление	т. тн	5909	5825	7200
Зольность рядового угля	%	23,9	24,5	29,2
Производственная мощность	т. тн/год	7500	7500	7500
Выпуск продукции	т. тн	5190	5170	6331
Выпуск концентрата	т. тн	4817	4750	5863
Зольность концентрата	%	7,5	7,5	7,5
Выход концентрата	%	81,5	81,5	81,4
Себестоимость переработки	руб/тн	95	99	84
Коэффициент использов. мощности	%	0,79	0,78	0,96

Таким образом, увеличение производственной мощности без роста себестоимости и максимальный выпуск продукции необходимого качества будут обеспечены при сырьевой базе под третьим вариантом.

Практическая значимость результатов заключается в возможности дальнейшего использования разработанной экономико-математической модели в системе управления, что позволит выработать такую стратегию, которая смогла бы обеспечить жизнедеятельность предприятия, адекватную сложившейся рыночной ситуации, повысить эффективность производства за счет его параметрической адаптации.

Литература

1. Буторин В. К., Ткаченко А. Н., Шипилов С. А. Прикладной системный анализ: концептуальный подход. – Кемерово; М.: ИО «Российские университеты»: «Кузбассвуиздат»: «АСТШ», 2007. – 323 с.
2. Буторин В. К., Щепетов А. В. Аксиоматика и классификация задач модернизации технологии и реконструкции производства в организационно-технологических системах // Научно-технический журнал «Информационные технологии моделирования и управления». – Вып. 7 (25). – Воронеж: Научная книга, 2005. – С. 955–960.
3. Кудрин Б. И., Буторин В. К. Организационно-технологические системы: термины и определения. – Кемерово; М.: ИО «Российские университеты»: Кузбассвуиздат : АСТШ, 2006. – 207 с.

БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ, ФИЗИКА

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СОРБЦИИ ЦИСПЛАТИНА КАРБОКСИЛСОДЕРЖАЩИМИ ЦЕЛЛЮЛОЗАМИ

Д. А. Адамчик, С. О. Соломевич, Е. Г. Дрепаков, П. М. Бычковский

Учреждение Белорусского государственного университета

«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

Системы доставки лекарственных веществ (ЛВ) на основе полимеров позволяют контролировать скорость высвобождения ЛВ, осуществлять его доставку к органу-мишени и тем самым существенно повышают длительность и эффективность терапевтического действия ЛВ.

В настоящее время известно множество полимерных материалов, применяющихся в качестве носителей ЛВ. Наибольший интерес представляет окисленная оксидом азота (IV) целлюлоза (ОЦ). ОЦ рассасывается в тканях организма в сроки, зависящие от степени окисления, может быть получена в любой физической форме (тампоны, порошки, салфетки, нити и т. д.), обладает противоопухолевым, иммуностимулирующим и репаративным эффектами. Благодаря наличию карбоксильных групп ОЦ может быть использована в качестве матрицы для иммобилизации ЛВ посредством ионной или ковалентной связей [1].

Другим весьма перспективным материалом, который может использоваться в качестве носителя цисплатина и других лекарственных веществ, является бактериальная целлюлоза (БЦ). Как и другие природные полимеры, БЦ биологически совместима с организмом, не наносит ему вреда и не отторгается. Вместе с тем БЦ не является биodeградируемым полимерным материалом, что существенно ограничивает возможности её медицинского применения.

Окисление хлопковой [2] и бактериальной целлюлоз (БЦ) проводили 10–40 % растворами оксида азота (IV) в хлороформе при (292 ± 2) К в течение различного времени (8–72 часа).

Изучали сорбцию противоопухолевого препарата цисплатина из его водных растворов ОЦ и ОБЦ в статических условиях в диапазоне исходных концентраций $1 \cdot 10^{-4}$ – $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л (верхняя предельная концентрация цисплатина обусловлена величиной его растворимости в воде) при температуре (293 ± 1) К в течение 24 часов. Контролировали pH исходного и равновесного растворов. По окончании сорбции образцы извлекали из раствора, определяли их степень набухания методом центрифугирования и сушили над оксидом фосфора (V) до постоянной массы при температуре (323 ± 1) К.

На рис. 1 представлены изотермы сорбции цисплатина образцами ОЦ и ОБЦ с различным содержанием карбоксильных групп.

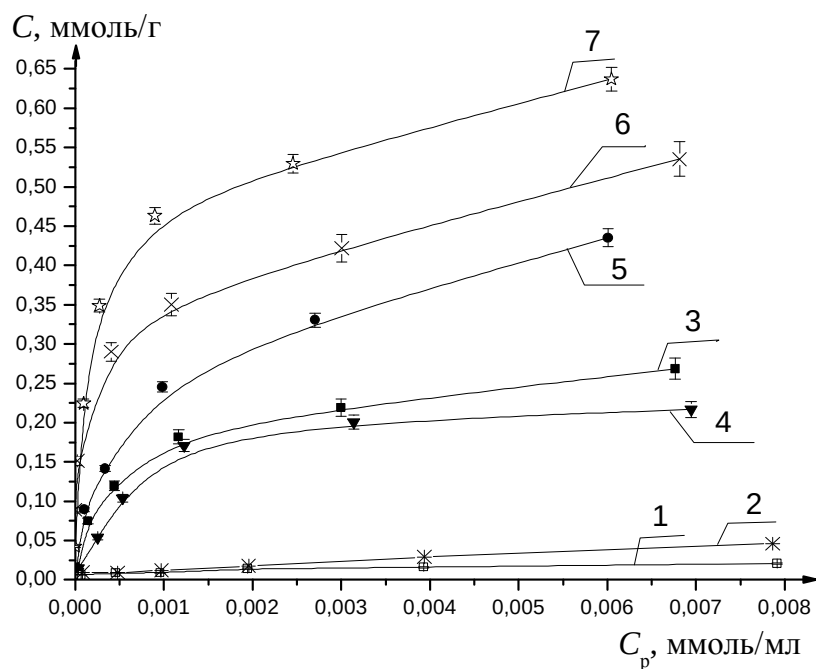


Рис. 1. Изотермы сорбции цисплатина исходной целлюлозой (1), исходной БЦ (2), ОЦ с содержанием карбоксильных групп (мг-экв/г): 1,70 (3), 1,65 (4) и 4,40 (5); и ОБЦ с содержанием карбоксильных групп (мг-экв/г): 2,22 (6), 5,18 (7)

Видно, что количество сорбированного цисплатина увеличивается с ростом обменной емкости сорбентов, т. е. можно предположить, что карбоксильные группы модифицированных полисахаридов принимают непосредственное участие в связывании цитостатика, а сорбция цисплатина ОЦ и ОБЦ протекает по ионообменному механизму посредством образования ионных комплексов с карбоксилат-ионами окисленных целлюлоз и частичного вытеснения обменных ионов Cl^- в раствор. Подтверждением этого служит существенное уменьшение pH равновесных растворов по сравнению с исходными и значением pH в холостом опыте (измеряли pH дистиллированной воды, в которую были погружены ОЦ либо ОБЦ в тех же условиях, в которых протекала сорбция), а также данные ИК-спектроскопии (рис. 2).

В ИК-спектре продукта взаимодействия ОЦ с цисплатином наблюдается незначительное увеличение поглощения при 1420 см^{-1} и 1640 см^{-1} (симметричные и антисимметричные валентные колебания COO^- групп) и заметное уменьшение интенсивности полосы поглощения при 1740 см^{-1} (валентные колебания C=O неионизированной карбоксильной группы), что согласно [3] свидетельствует о солеобразовании. ИК-спектры окисленной целлюлозы и продукта взаимодействия окисленной целлюлозы с цисплатином практически идентичны.

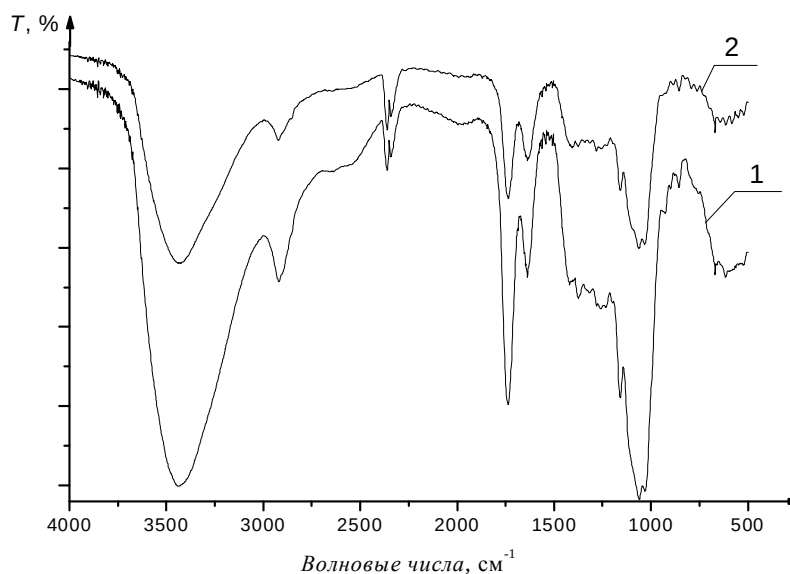


Рис. 2. ИК-спектры ОЦ (1) и продукта взаимодействия ОЦ с цисплатином (2)

Таким образом, было показано, что сорбция цисплатина карбоксилсодержащими целлюлозами из водных растворов протекает по ионообменному механизму, и определяющую роль в процессе связывания цитостатика играют отрицательно заряженные карбоксильные группы.

На основе полученных результатов был разработан способ получения лекарственного препарата «Цисплацел», заключающийся в иммобилизации цисплатина окисленной целлюлозой из водного раствора цитостатика с концентрацией, не превышающей $8 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

В результате проведенных клинических испытаний было установлено, что эффективность препарата «Цисплацел» в качестве противоопухолевого средства послеоперационной локальной химиотерапии супратенториальных глиом головного мозга оценивается как положительная: наблюдалось достоверное увеличение продолжительности безрецидивного периода с $31,9 \pm 2,8$ недель до $50,8 \pm 3,2$ недель. Кумулятивная выживаемость, рассчитанная по таблицам продолжительности жизни (Life table method), в основной группе была выше, чем в контрольной, что также свидетельствует об эффективности полученного препарата по сравнению с нативным цисплатином [4].

Литература

1. Zimnitsky D. S., Yurkshtovich T. L., Bychkovsky P. M. Adsorption of zwitterionic drugs onto oxidized cellulose // Journal of Colloid and Interface Science. – 2006. – V. 295. – P. 33–40.
2. Белая А. В. Исследование сорбции аминокислот монокарбоксилцеллюлозой: Дис. ... канд. хим. наук. – Минск, 1982. – 171 с.
3. Жбанков Р. Г. Инфракрасные спектры и структура углеводов // Минск: Наука и техника, 1972. – 445 с.
4. Бычковский П. М., Юркштвич Т. Л., Капущкий Ф. Н., Беляев С. А., Адамчик Д. А., Жаврид Э. А., Ваккер А. В., Шанько Ю. Г., Короткевич Е. А., Смеянович А. Ф. //

ЗАПАХОВОЕ ПРЕДПОЧТЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЛЛЕЛЯ HLA-DRB1 ПРИ ВЫБОРЕ ПАРТНЕРА

¹ Л. В. Акинчина, ² А. А. Могилина, ¹ Л. А. Гордеева

¹ Учреждение РАН Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово

² Кемеровский государственный университет

³ Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск

Введение. Известно, что такие события, как супружеский выбор, гаметогенез, фертилизация и имплантация, предшествующие онтогенезу, носят не случайный характер и тем самым предопределяют его особенности [1]. Более того, для данных явлений показан феномен отбора в главном комплексе гистосовместимости (МНС) [2]. Принимая во внимание, что генетический локус МНС эволюционировал из генов ольфакторных рецепторов, открывается важность изучения хемокоммуникаций по МНС у различных видов животных и у человека [3].

Исходя из этого, целью настоящего исследования было изучение особенностей запахового предпочтения по DRB1* гену главного комплекса гистосовместимости человека (HLA) среди неродственных доноров разного пола.

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи было проведено исследование на студентах Кемеровского государственного университета. Исходя из физиологии полового выбора у млекопитающих, донорами запаха явились юноши в возрасте 17–20 лет (49 испытуемых), а реципиентами девушки в возрасте 19–25 лет (19 испытуемых). Все испытуемые подверглись HLA-DRB1* типированию. Каждая девушка провела ольфакторное тестирование 49 юношей, что в целом составило 3724 комбинации женских и мужских специфичностей HLA-DRB1*. Ольфакторным предпочтением считали преобладание положительного женского выбора над случайной комбинацией сравниваемых женских и мужских специфичностей HLA-DRB1*. Напротив, ольфакторное отталкивание документировали при преобладании отрицательного женского выбора над случайной комбинацией сравниваемых женских и мужских специфичностей HLA-DRB1*.

Сравнение соответствующих сочетаний аллелей предпочтения и отторжения проводили с помощью критерия χ^2 с поправкой на Йетса.

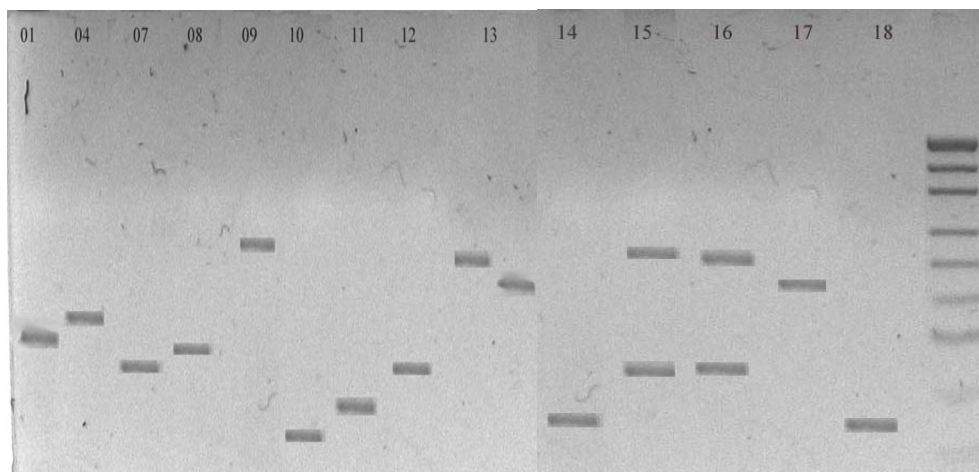


Рис. 1. Электрофорез продуктов амплификации в 3% агарозном геле.
Цифрами указаны специфичности HLA DRB1*

Результаты и обсуждение. При исследовании особенностей ольфакторного выбора женщинами, находившимися в нерепреципитивной фазе овариального цикла, мужчин выявили избегание формирования восьми комбинаций женских и мужских специфичностей HLA DRB1*. Большинство выявленных отрицательных ассоциаций были связаны с женской специфичностью HLA DRB1*04. Для этой же ситуации было найдено девять предпочтительных ассортативностей по HLA DRB1. В большинстве случаев положительные ассоциации были связаны с женской специфичностью HLA DRB1*01.

При оценке особенностей запахового выбора женщинами, находящимися в репреципитивной фазе овариального цикла, мужчин обнаружили 4 отрицательные ассортативные комбинации женских и мужских специфичностей HLA DRB1*. Предпочтение наблюдалось для 11 комбинаций женских и мужских HLA DRB1*.

Среди исследованных женщин, находящихся в любой фазе овариального цикла и экспрессирующих HLA DRB1*04, было выявлено стойкое отторжение к HLA DRB1*11 и HLA DRB1*15 мужским специфичностям.

Проведенное исследование показало наличие ольфакторного отбора по HLA DRB1*, результатом которого является избегание сочетаний в супружеской паре специфичностей HLA DRB1*, ассоциированных с репродуктивными потерями и иммунопатологией.

Литература

1. Корочкин Л.И. Биология индивидуального развития. – М., 2002. – С. 49.
2. Wedekind C., Furi S. Body odor preference in man and women: Do they aim for specific MHC combinations or simply heterozygosity? *Proceedings of the Royal Society* 1995. В 246, 1471-1479.
3. Beauchamp G. K., Yamazaki K. // *Biochem. Soc. Trans.*, 2003. – V. 31. – P. 147–151.

Авторы выражают искреннюю признательность д-ру биол. наук М. П. Мошкину и д-ру биол. наук Н. А. Литвиной.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АЗИДА СЕРЕБРА ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ИНИЦИИРОВАНИИ

М. В. Ананьева, А. А. Звекон, А. В. Каленский

Кемеровский государственный университет

В работе [1] была предложена модель распространения твердофазной цепной реакции в азиде серебра (АС), рассмотрено распространение реакции в однородном образце и задача об очаговом инициировании. Система кинетических уравнений, соответствующая модели, имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dp}{dt} = -2k_2p^2 + k_1K(2A + \frac{1}{2r_0} \int_0^1 A(x)\exp(-|\Delta x|/r_0)dx) - k_Rp + D\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}\right)p, \\ \frac{dA}{dt} = k_2p^2 - k_1A \\ \frac{dN_2}{dt} = 2k_1A, \\ K = (L-p-2A-2N_2)/L, \end{cases} \quad (1)$$

где p – концентрация дырок, A – комплексов N_6 , L – число Лошмидта, k_1 – константа распада N_6 , k_2 – константа образования комплекса A из двух дырок, k_R – константа рекомбинации электрон-дырочных пар. Модель учитывает как возможность диффузии электрон-дырочных пар, так и генерацию носителей цепи на эффективном расстоянии r_0 от места протекания акта ветвления цепи. При расчетах, исходя из ранее полученных экспериментальных данных, принимали величину $r_0 = 50$ мкм.

Для моделирования зарождения, развития и распространения твердофазной цепной реакции в кристаллах АС при локальном инициировании реакции был создан комплекс программ, позволяющих численно решать большие (до 2000) жесткие системы интегро-дифференциальных уравнений. При моделировании принималось, что инициирующий импульс имеет прямоугольную пространственную форму, что соответствует параметрам экспериментальной установки [2]. Считая длительность импульса пренебрежимо малой, можно учесть его как начальное условие для концентрации дырок:

$$\begin{cases} p = p_0, -d \leq x \leq 0; p = 0, x < -d, x > 0 \\ A = 0 \\ N_2 = 0, \end{cases} \quad (2)$$

Система (1) с начальным условием (2) интегрировалась численно. Результаты для $d = 600$ мкм представлены на рис. 1. На начальном этапе в очаге реакции происходит уменьшение концентрации дырок и увеличение концентрации комплексов N_6 (рис. 1) – индукционный период реакции. По мере протекания реакции профиль концентрации дырок теряет прямоугольную форму, становится более плавным. Начинается рост концентра-

ция дырок вне области инициирования на расстояниях ~ 100 мкм от края облучаемой зоны. С точки зрения диффузионной модели это же расстояние может быть оценено как $\sqrt{Dt} \sim 1$ мкм (D – коэффициент диффузии, t – время расчета). Следовательно, в рамках модели основной причиной оттока носителей цепи из зоны облучения является не диффузия, а пространственные характеристики акта ветвления цепи. Таким образом, отток носителей цепи из зоны облучения интенсивно протекает уже на стадии индукционного периода взрыва.

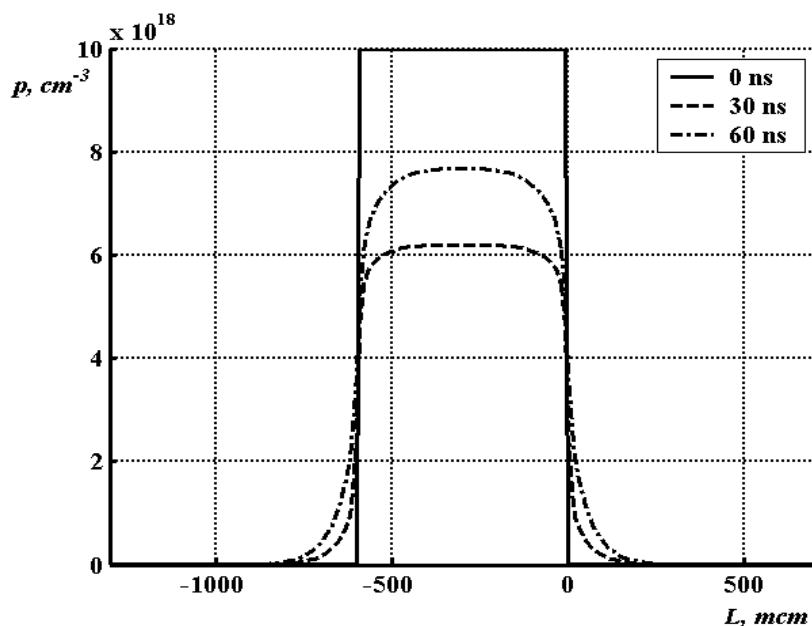


Рис. 1. Распределение концентрации дырок по кристаллу на стадии индукционного периода

Индукционный период заканчивается синхронным ростом концентрации реагентов как в облученной зоне, так и в изначально не возбужденных областях (рис. 2). В процессе развития цепной реакции происходит увеличение степени выгорания анионной подрешетки, которое приводит к затуханию реакции в зоне инициирования. В результате очаг раздваивается, и образуются два фронта реакции, движущиеся к противоположным краям кристалла (рис. 3).

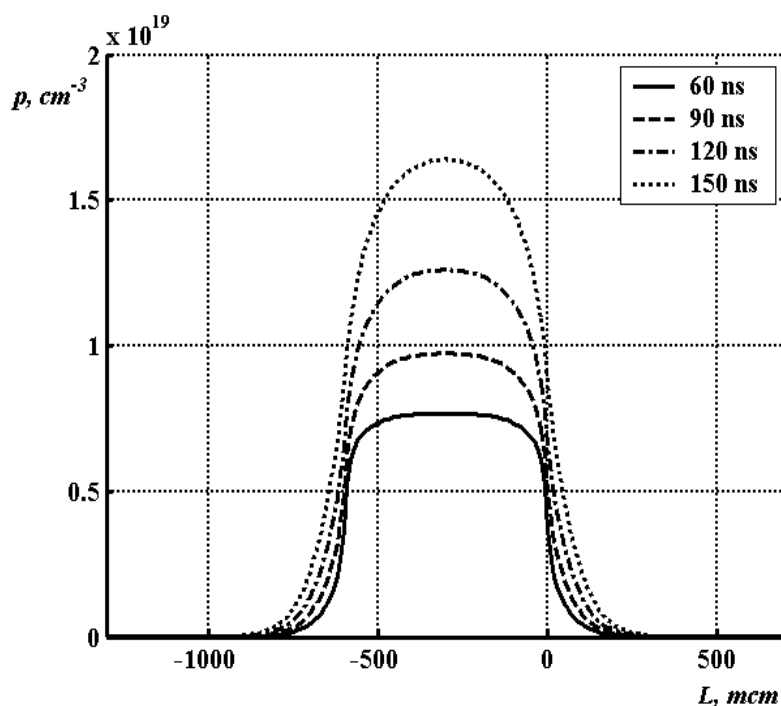


Рис. 2. Распределение концентрации дырок по кристаллу на стадии развития реакции в зоне облучения

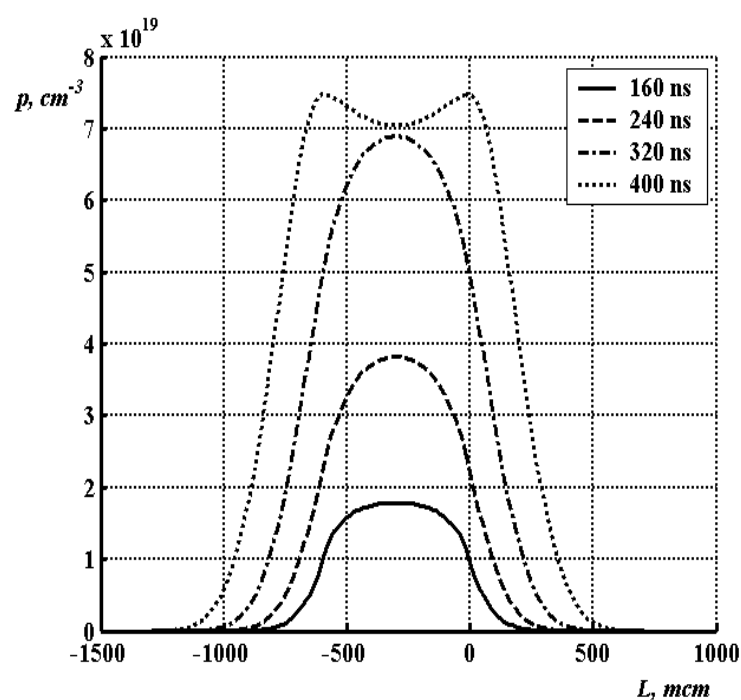


Рис. 3. Распределение концентрации дырок по кристаллу на стадии формирования фронта разложения

При достаточно высокой концентрации носителей цепи вблизи момента вырождения реакции область кристалла, окружающая зону облучения, также становится сильно возбужденной. Благодаря этому относительная величина оттока энергии из зоны облучения уменьшается.

Вывод: Диаметр зоны облучения оказывает большее влияние на скорость развития реакции в зоне воздействия на ранних стадиях разложе-

ния. На поздних стадиях вблизи точки вырождения влияние диаметра на скорость развития реакции слабое.

Работа поддержана грантом РФФИ

Литература

1. Каленский А. В., Кригер В. Г., Ананьева М. В., Боровикова А. П. Механизм зарождения и распространения реакции взрывного разложения азидов тяжелых металлов // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. – 2007. – Т. 1, №2. – С. 109–114.

2. Ципилев В. П. Стенд для исследования кинетики взрывного разложения конденсированных сред при воздействии импульсов лазерного излучения // *Известия ТПУ*. 2003. – Т. 306, № 4. – С. 99–103.

РАЗЛОЖЕНИЕ АЗИДА СЕРЕБРА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Л. К. Байкина, Ю. М. Кулагина, Л. В. Кузьмина

Кемеровский государственный университет

Азиды тяжелых металлов являются неустойчивыми соединениями, для которых при внешних воздействиях различной природы во время эксплуатации, при транспортировке или хранении, процессы старения могут значительно ускоряться, следствием чего является отказ работы изделия, что принципиально ограничивает область применения данных материалов и нередко влечет за собой значительный материальный ущерб.

В связи с этим актуальным является исследование влияния слабых магнитных полей на стабильность кристаллов азида серебра.

В работе использовали кристаллы, выращенные обычным способом (методом медленного испарения из раствора аммиака) [1], а также в однородном магнитном поле (МП) (в этом случае кювета с раствором помещалась между полюсами магнита).

Для проведения экспериментальных исследований готовили образцы азида серебра в планарном варианте геометрии (на предварительно обезжиренную этиловым спиртом слюдяную подложку кристаллы наклеивали за оба конца клеем БФ–6). Для исследования дислокационной структуры применяли метод ямок травления. Приклеенный кристалл опускали в 10 % водный раствор тиосульфата натрия на 5–7 секунд, затем промывали в дистиллированной воде и наблюдали ямки травления под микроскопом с увеличением $\times 120$. Использовали кристаллы азида серебра, хранившиеся после получения не более 1 и более 6 месяцев. Магнитное поле напряженностью $H=0,5 \div 500$ Э ($B=5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-2}$ Тл) создавали с помощью постоянных магнитов. Приготовленные образцы помещали между полюсами постоянных магнитов в специальной заземленной ячейке, изготовленной из латуни, таким образом, чтобы вектор напряженности МП совпадал с определенным кристаллографическим направлением [100] либо [010]. Для создания переменного магнитного поля использовали трансформатор, состоящий из двух обмоток, в магнитопроводе которого сделан зазор, куда помещали образец в специально изготовленной ячейке. Индукцию МП

контролировали с помощью тесламетра. Реакционную способность кристаллов азидата серебра после воздействия исследовали методом Хилла, который заключается в том, что обработанный полем кристалл растворяли в 0,38 N водном растворе тиосульфата натрия через определенный интервал времени Δt . Процесс растворения наблюдали под микроскопом. Измеряли суммарный объем V пузырьков газа, выделяющихся с рабочей грани кристалла в растворитель, отнесенный к площади S этой поверхности.

Экспериментально установлено, что кристаллы, выращенные в однородном магнитном поле, отличались меньшими размерами во всех трех направлениях, степенью оптической чистоты и отсутствием видимых в микроскоп макродефектов, а также полученные таким способом кристаллы длительное время остаются стабильными (т. е. не разлагаются ни в катионной, ни в анионной подрешетках) к внешним энергетическим воздействиям, что является актуальным для данных высокочувствительных материалов.

В то же время экспериментально показано, что кристаллы азидата серебра, выращенные обычным способом, подвергаются интенсивному старению в магнитных полях (постоянном, переменном) и даже в магнитном поле Земли.

Для кристаллов азидата серебра, выращенных обычным способом, была исследована дислокационная структура методом ямок травления. При этом обнаружено примерно 5 ямок травления на поверхности (010), расположенных упорядоченно на расстоянии 200 мкм друг от друга. Что касается свежевыращенных кристаллов в однородном МП, то ямки травления в них не обнаружены. Этот результат не противоречит полученным данным по выделению газа. Газ (азот) выделяется из областей, совпадающих с ямками травления. Таким образом, старение кристаллов азидата серебра связано с наличием дислокаций.

Получены экспериментальные зависимости количества выделившегося газа от напряженности постоянного МП в кристаллах азидата серебра, выращенных различными способами при разных временах обработки. При этом использовали кристаллы, хранившиеся один месяц и более. Вектор напряженности МП совпадал с кристаллографическими направлениями [100] и [010].

Во всех случаях, независимо от времени воздействия, максимум газовыделения для кристаллов, выращенных обычным способом, приходится на напряженность МП $H=50$ Э либо частоту 1 кГц, но количество выделившегося газа с увеличением времени воздействия МП незначительно увеличивается. Следует отметить, газовыделение с грани (010) наблюдали с заметно большей интенсивностью. Что касается кристаллов, выращенных в МП, то газовыделения не наблюдается ни на одной из граней кристаллов. Кристаллы азидата серебра, которые хранили после получения более 6 месяцев, имеют следующие особенности, а именно разложение в слабых МП указанного диапазона обнаруживают кристаллы, выращенные как в МП, так и обычные, но более интенсивно подвержены разложению в

этом случае кристаллы, выращенные в МП, в то время как обычные кристаллы, проявляющие высокую способность к разложению в течение длительного времени, утрачивают свои свойства после 6 месяцев хранения, т. е. за это время они разлагаются в катионной подрешетке (фиксируется по почернению поверхности) и в большей степени подвержены взрывному разложению, чем медленному.

Литература

1. Иванов Ф. И. О выращивании нитевидных кристаллов азидов серебра и свинца // Кристаллография. – 1983. – Т. 28, № 1. – С. 194–196.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНЫ ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

А. П. Боровикова, А. А. Звеков, В. Г. Кригер, А. В. Каленский

Кемеровский государственный университет

Определение параметров фронта реакции является одной из важных задач исследования распространения взрывного разложения. Быстрое экзотермическое превращение конденсированной фазы сопровождается образованием затухающих продуктов взрыва, что создает определенные сложности при регистрации взрывного свечения, поскольку измерительная аппаратура фиксирует также сигнал и от продуктов. Длина шлейфа образующихся продуктов, как правило, значительно превышает область химического взаимодействия в конденсированной фазе. Однако для определения механизма распространения фронта взрывного разложения наибольший интерес представляет именно область химической реакции в конденсированной фазе, а не процессы расширения образующейся при взрыве плазмы.

В работе [1] была предложена методика определения скорости движения фронта взрывного разложения по образцу (нитевидный кристалл или длинная прессованная таблетка). Методика [1] заключалась в измерении кинетической зависимости взрывного свечения при движении фронта реакции над калиброванными отверстиями в непрозрачной подложке, на которой располагался образец взрывчатого вещества. Достоинство использованной ячейки заключалось в том, что практически все свечение разлетающихся продуктов взрыва не фиксируется фотоприемником. Целью настоящей работы является создание методики обработки кинетических закономерностей свечения распространяющегося очага химической реакции для определения пространственно-временных параметров зоны химического взаимодействия (скорость и профиль).

Для решения поставленной задачи требуется, чтобы расстояние между отверстиями превышало сумму ширины волны реакции и удвоенной ширины отверстия. Лишь при соблюдении этого условия становится возможным выделить на осциллограмме свечения область сигнала, отвечающую прохождению волны реакции над отдельно взятым отверстием. В дальнейшем будем полагать, что это условие выполняется.

Грубую оценку ширины волны реакции можно сделать непосредственно из осциллограммы: временной промежуток между максимумами соседних отдельных пиков свечения соответствует расстоянию, проходимому реакцией с известной скоростью, равному разности расстояния между отверстиями и удвоенной ширины волны. Однако такой способ оценки даст величину, соответствующую чувствительности фотоприемника. Поэтому возникает более сложная задача восстановления пространственного распределения свечения в волне реакции.

Рассмотрим движение волны реакции над отдельно взятым отверстием и связанную с ним кинетику свечения, фиксируемую фотоприемником. Будем полагать, что скорость распространения волны реакции и ее пространственная форма при прохождении над отверстием (размером 100 мкм) постоянны. Скорость реакции определим через время прохождения над двумя соседними отверстиями:

$$V = \frac{L + d}{\tau}, \quad (1)$$

где L – расстояние между отверстиями, d – ширина отверстия, τ – промежуток времени между двумя пиками свечения.

Обозначим через $y(x)$ распределение интенсивности свечения в волне реакции. Тогда измеряемая кинетика свечения может быть представлена в виде выражения

$$I(t) = \hat{A}y(x) = \int K(x - Vt)y(x)dx. \quad (2)$$

Ядро интегрального оператора K отвечает форме отверстия. В простейшем случае прямоугольной щели размера d ядро имеет вид

$$\begin{cases} K(x - Vt) = 1, 0 \leq x - Vt \leq d \\ K(x - Vt) = 0, x - Vt < 0, x - Vt > d. \end{cases} \quad (3)$$

Учет конструктивных элементов конкретной ячейки (наличие дополнительной прозрачной подложки, конечная толщина непрозрачной подложки, отклонения от прямоугольной формы отверстия) приводит к более сложному виду для ядра.

Экспериментально полученный сигнал после оцифровки осциллографом и устранения шумов представляет собой набор дискретных значений интенсивности свечения в некоторые моменты времени (например, через 1 нс). Поэтому перейдем в (2) от непрерывных величин к дискретным:

$$I_i = \sum K_{ij}y_j. \quad (4)$$

Для получения y_i теперь требуется умножить выражение (4) справа на обратную матрицу K_{ij}^{-1} :

$$y_j = \sum K_{ij}^{-1}I_i. \quad (5)$$

Таким образом, задача восстановления формы волны (распределения интенсивности свечения в волне реакции) сводится к построению мат-

рицы обратного оператора и преобразованию с ее помощью исходной кинетики взрывного свечения.

Для апробации алгоритма на полученное распределение интенсивности свечения в волне реакции (рис. 1) действовали прямым оператором K . Обратное преобразование полагалось правильным, если полученная зависимость совпадала с исходным сигналом. В результате было установлено, что устранение высокочастотных гармоник, как правило, не приводит к значительным ошибкам (рис. 2).

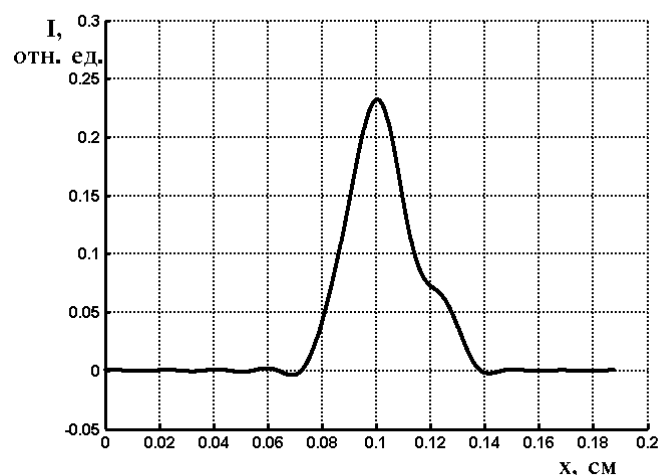


Рис. 1. Распределение интенсивности свечения в движущейся волне реакции разложения АС, полученное после удаления высокочастотных гармоник

Ширина волны на полувысоте составляет 300 мкм (рис. 1). Волна не симметрична, хотя ширина заднего фронта волны на полувысоте (140 мкм) мало отличается от ширины переднего (160 мкм). Полагая по аналогии с исследованиями кинетики взрывного свечения из зоны воздействия, что передний фронт волны соответствует реакции разложения в твердой фазе, получаем оценку времени взрывного разложения $\tau \leq 240$ нс.

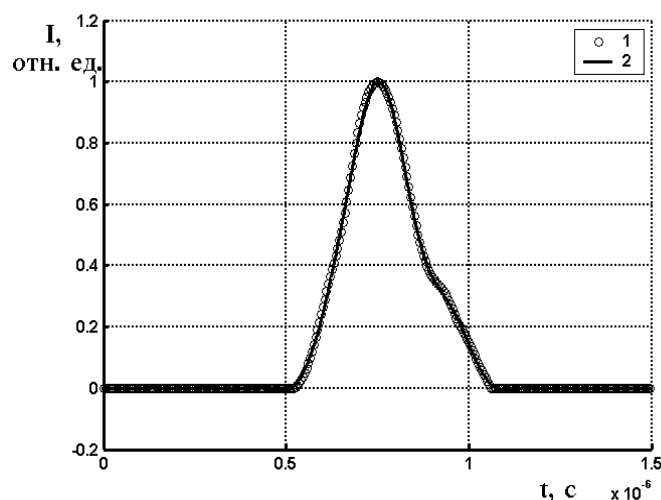


Рис. 2. Сравнение результата преобразования волны реакции в кинетическую зависимость свечения (2) и исходного сигнала (1)

Описанная методика была реализована как часть комплекса компьютерных программ для обработки кинетических зависимостей взрывного свечения азидов тяжелых металлов. Отметим, что рассмотренные в работе методические подходы могут быть легко адаптированы для исследования процесса распространения быстрой экзотермической реакции в любых энергетических материалах.

Литература

1. Боровикова А. П., Кригер В. Г., Каленский А. В., Ципилев В. П., Звеков А. А. Закономерности распространения реакции взрывного разложения кристаллов азидов серебра и свинца // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 66–70.

РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ МОДЕЛИ КОАКСИАЛЬНОГО МАГНИТОПЛАЗМЕННОГО УСКОРИТЕЛЯ

О. В. Васильева, Ю. Н. Исаев

Томский политехнический университет

Целью работы является построение и исследование математической модели коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) и исследование физических явлений в ускорителе методами вычислительного эксперимента. Исследование осуществляется на примере модельного КМПУ, соответствующего реально используемому на практике устройству [1].

На рис. 1 представлена упрощенная модель КМПУ. Для описания процессов, происходящих в КМПУ, представим его как электромеханическое устройство, считая, что масса и сопротивление плазмы постоянны.

Индуктивность коаксиальной системы жгут – электрод $L(t)$ определяем из энергетического соотношения

$$W = I^2 L / 2. \quad (1)$$

Запишем энергию системы

$$W(z) = \mu \int \frac{H_{\text{пл}}^2}{2} dV = \frac{I^2 \mu 2\pi}{2(2\pi)^2} \int_0^z dz \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r} = \frac{z \mu I^2}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right), \quad (2)$$

здесь $\mu = 4\pi 10^{-7}$ – магнитная проницаемость воздуха, R_2, R_1 – радиусы электрода ствола и плазменного жгута соответственно, z – координата распространения жгута.

Из последнего соотношения (2) следует, что индуктивность можно записать в виде линейной функции координаты распространения

$$L(z) = \frac{z \mu I^2}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right) = L' z. \quad (3)$$

Постоянный коэффициент L' при координате z называется погонной индуктивностью (индуктивность – единицы длины) [2]. После подстановки необходимых величин получаем его значение (4):

$$L' = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right). \quad (4)$$

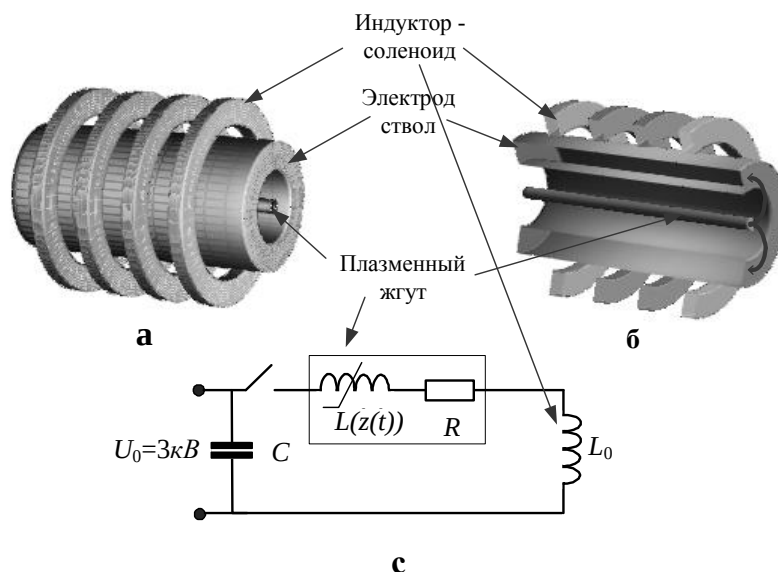


Рис. 1. а – Упрощенная модель проводящей части плазменного ускорителя; б – его сечение; с – электротехническая схема замещения КМПУ

Поставив необходимые значения, получаем величину погонной индуктивности $L' = 10 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

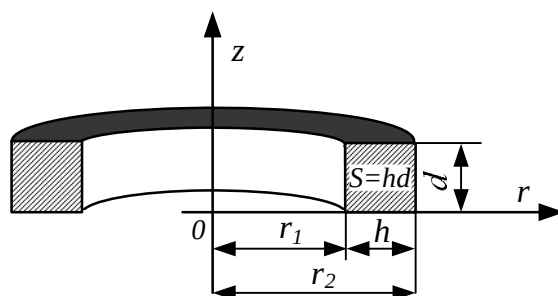


Рис. 2. Сечение проводника в виде кольца

Индуктор имеет сложную конфигурацию электродов, поэтому расчет индуктивности индуктора также проведен через известное энергетическое соотношение (1). В свою очередь, энергия магнитного поля при заданной конфигурации электродов и заданном распределении токов можно определить, используя последовательность соотношений [1]:

$$W_M = \frac{1}{2} \int_V \mathbf{A} \delta dV \rightarrow L_0 = \frac{2W_M}{I^2} = \frac{1}{I^2} \int_V \mathbf{A} \delta dV, \quad (5)$$

где $\mathbf{A}$ – векторный магнитный потенциал, δ – вектор плотности тока.

После несложных преобразований из (5) получим выражение для индуктивности одного кольца с прямоугольным сечением, с учетом того, что интегрирование производится только по объему проводника [3] и что ток в кольце равен $I = 1 \text{ А}$ (параметры кольца приведены на рис. 2):

$$L = \frac{2\pi}{S^2} \int_{r_1}^{r_2} \int_0^z A(z, \rho) \rho d\rho dz \quad (6)$$

При наличии четырех колец в индукторе в соответствии с рисунком 3 и (6) получена индуктивность индуктора $L_0 = 8.764 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$.

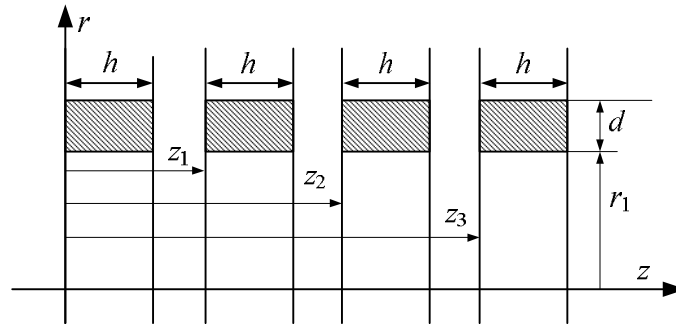


Рис. 3. Индуктор с четырьмя кольцами

Таким образом, представлен промежуточный этап работы для разработки математической модели коаксиального магнитоплазменного ускорителя.

Литература

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика Т. 1: Механика. – М.: Наука, 1992. – 664 с.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика Т. 8: Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1992. – 664 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика Т. 2: Теория поля. – М.: Наука, 1992. – 664 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АЗИДА СЕРЕБРА С УЧЕТОМ РАЗОГРЕВА

Е. А. Гришаева, А. А. Звеков, В. Г. Кригер, А. В. Каленский

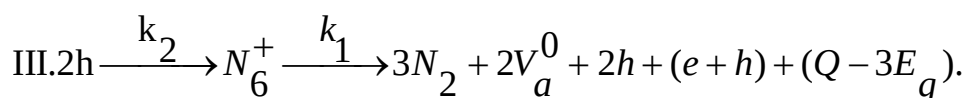
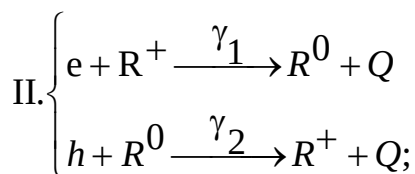
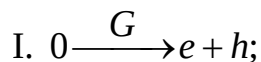
Кемеровский государственный университет

Существуют две принципиально различные группы моделей взрывного разложения энергетических материалов: модели цепной реакции и модели теплового взрыва. Основное отличие этих групп моделей определяется природой реагентов, участвующих в процессе взрывного разложения. В модели теплового взрыва предполагается, что процесс разложения лимитируется термически активируемой стадией, скорость которой во всем температурном диапазоне определяется одной и той же энергией активации.

Модель цепной реакции взрывного разложения азидов тяжелых металлов (АТМ) дает разумную оценку порога инициирования и его зависимости от длительности импульса, размеров образца, параметров предварительного воздействия и т. д. [1] Предсказанное в рамках цепной модели влияние размера кристалла (аналог размерного эффекта газофазных цеп-

ных реакций) и длины волны излучения на порог инициирования было обнаружено экспериментально. Таким образом, бимолекулярная модель позволяет качественно и количественно описать основные закономерности инициирования взрывного разложения АТМ в условиях импульсного воздействия излучения.

Схема реакции модели твердофазной цепной реакции [1]:



Первая стадия – генерация электрон-дырочных пар (e.h.) внешним излучением. Вторая стадия – рекомбинация e.h. пар на объемных и поверхностных локальных центрах. Скорость рекомбинации носителей лимитируется захватом дырки на нейтральном центре $V_r \approx k_r p$. Третья стадия - взаимодействие двух дырок, локализованных в соседних узлах кристаллической решетки, с образованием промежуточного комплекса N_6 , последующим его распадом на возбужденные молекулы азота. При дезактивации возбужденных молекул происходят образование электрон-дырочной пары и генерация двух дырок с уровней анионных вакансий.

Уравнение для изменения температуры образца имеет вид

$$\dot{T} = \frac{1}{c} \left(\alpha G E_g e + k_r p E_g e + k_2 p^2 \left(\frac{Q}{E_g} - 3 \right) E_g e + e k_0 (Q - 3E_g) \exp \left(-\frac{E}{kT} \right) \right) - k_{\text{ном}} (T - T_0), \quad (1)$$

где $\alpha G E_g e$ – скорость разогрева внешним излучением, $k_r p$ – скорость рекомбинации e.h. – пар, $k_2 p^2$ – скорость преобразования в тепло части энергии, выделяющейся при разветвлении цепи, $k_0 \exp(-E_0/kT)$ – скорость химической реакции разложения образца по тепловому механизму, $k_{\text{ном}}(T - T_0)$ – скорость теплоотвода, k_0 – предэкспонент константы скорости реакции, идущей по тепловому механизму. $k_0 = 1 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \cdot L$, $L = 2 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$ – число Лошмидта, E_a – энергия активации термического разложения (1,58 эВ для АС). Коэффициент теплоотвода ($k_{\text{ном}}$) связан с коэффициентом температуропроводности $k_{\text{теп}} = 5 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{с}$ соотношением $k_{\text{ном}} = k_{\text{теп}}/l^2$, где l – размер кристалла.

$$p = (1 - \alpha)G - k_r p + k_2 p^2 + 3k_0 \exp \left(-\frac{E}{kT} \right). \quad (2)$$

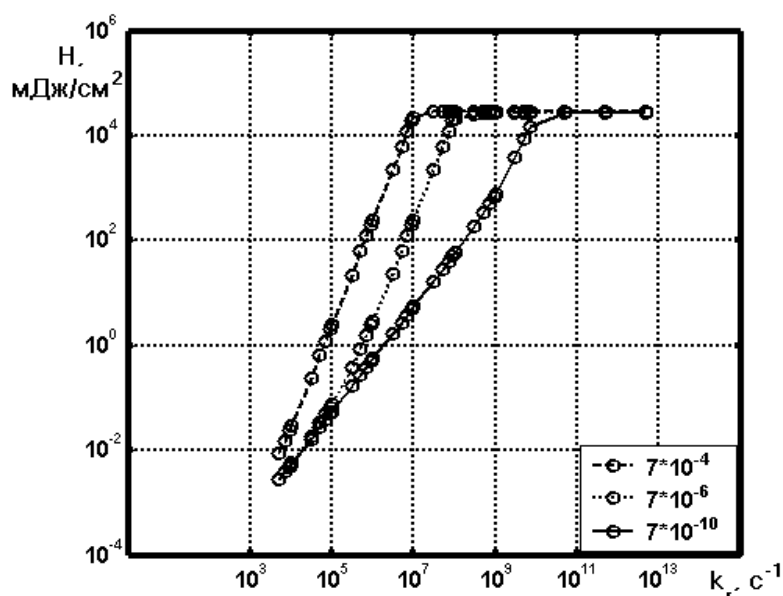


Рис. 1. Зависимость критической плотности (H) от константы рекомбинации (k_r) при разных длительностях импульса

Слагаемые этого уравнения имеют следующий смысл: $(1-\alpha)G$ – генерация е.л.-пар внешним излучением, $k_r p$ – рекомбинация ел-пар, $k_2 p^2$ – размножение носителей в результате разветвления цепи, $k_0 \exp(-E_0/kT)$ описывает генерацию носителей цепи за счет энергии, выделяющейся при реакции взятых для учета теплового механизма.

При расчетах величина G задавалась в виде: $G = G_0 \exp(-(t \cdot k_i)^2)$, где k_i связана с τ_i отношением $\tau_i^2 = \ln 2 / k_i^2$.

В рамках моделирования была рассчитана зависимость критических параметров инициирования (плотности энергии H) от значений константы рекомбинации носителей цепи и длительности импульса. На рис. 1 представлена зависимость критической плотности энергии (H) от k_r , значения длительностей импульса на полувысоте, при которых делался расчет, указаны в легенде. На зависимости можно выделить 3 области.

Значения констант рекомбинации, при которых происходит переход от одной области к другой, определяются длительностью импульса. Область 1 соответствует условиям слабой рекомбинации, когда константа рекомбинации много меньше обратной длительности импульса $\tau_i \ll k_r^{-1}$. В этом случае критерием инициирования является плотность энергии, которая линейно зависит от константы рекомбинации.

Во 2-й области критерием инициирования является плотность мощности, при этом критическая плотность энергии инициирования имеет квадратичную зависимость от константы рекомбинации.

Переход от первого участка зависимости ко второй происходит при $k_r \cdot \tau_i \sim 1$. В работе [1] замечено, что такая смена критериев инициирования наблюдается и в рамках модели разветвленной твердофазной цепной реакцией.

Таким образом, на 1 и 2 участках зависимости механизм взрыва цепной, и критические параметры определяются конкуренцией разветвлений и обрыва цепи.

В 3-й области значение критической плотности энергии не зависит от константы рекомбинации и определяется конкурирующими процессами теплоотвода и тепловыделения в реакции, идущей по тепловому механизму.

Закключение. Проведено компьютерное моделирование взрывного разложения азида серебра. В рамках модели исследована зависимость критических параметров инициирования от значений константы рекомбинации носителей цепи и длительности импульсного воздействия. Цепной характер взрыва преобладает при коротких длительностях импульса и при относительно малых значениях константы рекомбинаций. Тепловой взрыв может наблюдаться при стационарных воздействиях и при больших значениях константы рекомбинаций.

Работа поддержана грантом РФФИ.

Литература

1. Кригер В. Г., Каленский А. В. Инициирование азидов тяжелых металлов импульсным излучением // Хим. физика. – 1995. – № 4. – С. 152–160.

ТЕРМОПРЕВРАЩЕНИЯ В НАНОРАЗМЕРНЫХ СЛОЯХ ВИСМУТА

Г. О. Еремеева, А. М. Аникушина, В. Э. Суровая

Кемеровский государственный университет

Кузбасский государственный технический университет

Интенсивное развитие техники обуславливает постоянную потребность в новых материалах, имеющих необходимое сочетание физических и химических свойств и пригодных для работы в определенных условиях.

Получение наноразмерных слоев различных материалов, изучение природы и закономерностей процессов, протекающих при тепловом воздействии в наноразмерных слоях висмута и на его поверхности, представляется необходимым как для решения группы научных задач, в частности, выяснения степени общности процессов, протекающих на границе между металлом, оксидом и окружающей атмосферой, так и в связи с необходимостью разработки принципиально новых материалов для полупроводниковой электроники, стабильных в условиях коррозионного воздействия окружающей среды [1, 2].

Среди неорганических материалов особое место занимают соединения на основе висмута, уникальный набор характеристик которых позволяет использовать их в самых различных областях человеческой деятельности: в химической, электрохимической и электронной промышленности, в металлургии, в ядерной технике, в медицине и т. д. С помощью висмута получают изотоп полоний-210, служащий источником энергии на космических кораблях. Некоторые висмутовые сплавы обладают уникальными магнитными свойствами, а при низкой температуре обладают сверхпрово-

димостью. В атмосферных условиях висмут устойчив, но при температуре красного каления он сгорает, превращаясь в Bi_2O_3 . При длительном хранении корродирует и покрывается оксидной пленкой.

Целью настоящей работы является исследование природы и закономерностей процессов, протекающих в условиях атмосферы в наноразмерных слоях висмута в зависимости от толщины материала, температуры и времени теплового воздействия.

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме ($2 \cdot 10^{-3}$ Па) путем нанесения тонких (2–180 нм) пленок висмута на подложки из стекла, используя вакуумный универсальный пост «ВУП-5М». Подложками служили стекла от фотопластинок, которые подвергали предварительной обработке в концентрированной азотной кислоте, в растворе дихромата калия в концентрированной серной кислоте, в кипящей мыльной воде, промывали в дистиллированной воде и сушили [3, 4]. Обработанные подложки оптически прозрачны в диапазоне 300–1100 нм. Образцы подвергали термообработке при температуре 773 К в муфельной печи «Тулячка-ЗП». Регистрацию эффектов осуществляли спектрофотометрическим методом, используя спектрофотометр «Shimadzu UV-1700».

В результате исследований оптических свойств пленок висмута (нанесенных на стеклянные подложки) до, в процессе и после термической обработки в атмосферных условиях при $T = 773$ К, было установлено, что спектры поглощения и отражения пленок висмута до термообработки существенно зависят от их толщины. В результате термической обработки пленок висмута в атмосферных условиях спектры поглощения и отражения претерпевают существенные изменения. Причем наблюдаемые изменения спектров поглощения и отражения после термической обработки образцов в значительной степени зависят от первоначальной толщины пленок висмута, температуры и времени термообработки.

На рис. 1 в качестве примера приведены спектры поглощения пленки висмута до и после термической обработки при температуре 773 К. Видно, что термическая обработка приводит к изменению вида спектральных кривых поглощения образцов. Наряду с уменьшением оптической плотности образца в диапазоне $\lambda = 400 \dots 1000$ нм с максимумом $\lambda = 870$ нм, связанным с уменьшением оптической плотности висмута в процессе прогрева, формируется спектр поглощения нового вещества. Оцененная по длинноволновому порогу поглощения, который находится при $\lambda = 370 \text{--} 400$ нм, оптическая ширина запрещенной зоны образующегося вещества составляет $E = 3,34 \text{--} 3,09$ эВ. Полученное значение ширины запрещенной зоны вещества удовлетворительно совпадает с шириной запрещенной зоны оксида висмута (III) ($E = 3,2$ эВ) [5]. Поэтому было сделано предположение, что при термической обработке пленок висмута основным продуктом взаимодействия их с кислородом окружающей среды является оксид висмута (III). Закономерности изменения спектров поглощения пленок висмута по мере увеличения температуры термической обработки сохраняются.

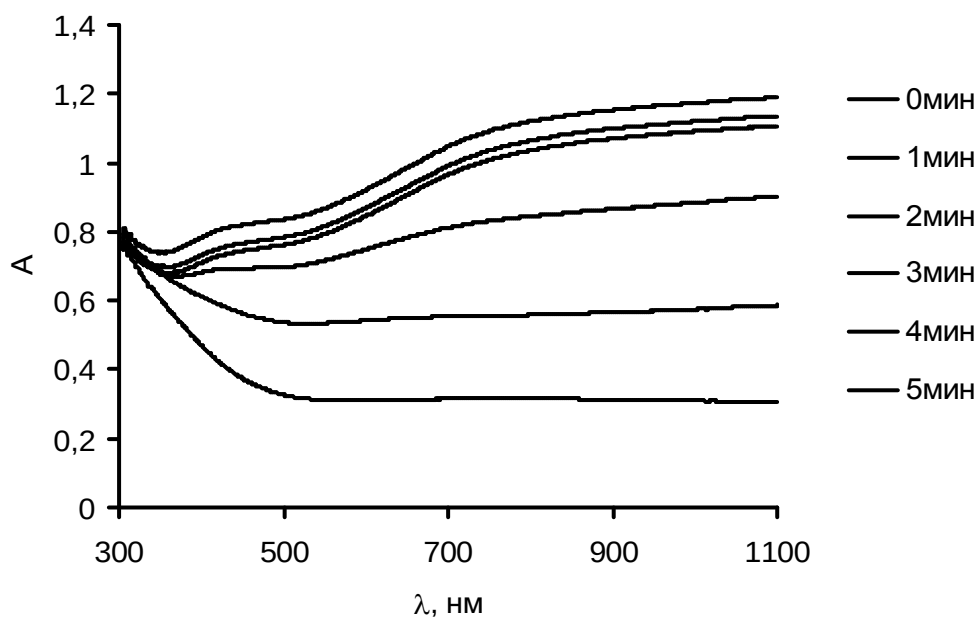


Рис. 1. Спектры поглощения пленки висмута толщиной ($d = 26$ нм) до и после предварительной термической обработки при $T = 773$ K

Для выяснения закономерностей протекания процесса взаимодействия пленок висмута с кислородом окружающей среды были рассчитаны и построены кинетические зависимости степени превращения $\alpha = f(\tau)$ (где τ – время термообработки) при $\lambda = 870$ нм. Для построения кинетических кривых в координатах $\alpha = f(\tau)$ использовали выражение

$$\alpha = (A_0 - A) / (A_0 - A_k),$$

где A_0 , A , A_k – начальная, текущая и конечная оптические плотности образца при $\lambda = 870$ нм.

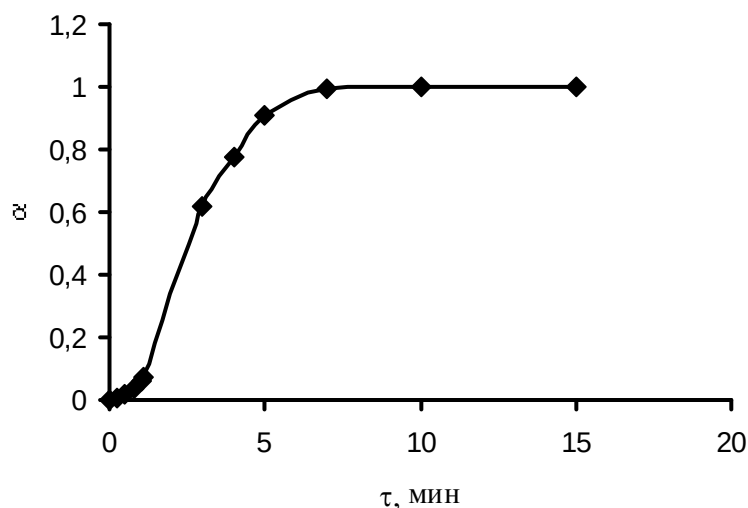


Рис. 2. Зависимость степени превращения пленки висмута при $T = 773$ K

По мере увеличения времени термообработки степень превращения висмута возрастает (рис. 2).

Литература

1. Стриха В. И., Бузанева Е. В. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике. – М.: Радио и связь, 1987. – 254 с.

2. Индутный И. З., Костышин М. Т., Касярум О. П. и др. Фотостимулированные взаимодействия в структурах металл – полупроводник. – Киев: Наукова думка, 1992. – 240 с.

3. Суровой Э. П., Борисова Н. В. Термические превращения в наноразмерных слоях меди // Журн. физ. химии. – 2010. – Т. 84, № 2. – С. 307–313.

4. Борисова Н. В., Суровой Э. П. Кинетические закономерности процесса окисления наноразмерных слоев алюминия // Коррозия: материалы, защита. – 2007. – № 6. – С. 13.

5. Физико-химические свойства окислов: справочник / Под ред. Г. В. Самсонова. – М.: Металлургия, 1969. – 456 с.

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО АКТИВИРОВАННЫХ ТОНКИХ ПЛЕНКАХ MoO_3

Г. О. Еремеева, Н. В. Борисова

Кемеровский государственный университет

Устройства на основе оксида молибдена (VI) могут быть рекомендованы к использованию в качестве электрохромных и фотохромных дисплеев, электрохромных зеркал или светоперераспределяющих фильтров, сенсоров для контроля содержания газов в атмосфере. В настоящей работе представлены результаты исследований закономерностей процессов, протекающих в наноразмерных слоях MoO_3 различной толщины (подвергнутых предварительной активации) в зависимости от температуры и времени теплового воздействия.

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме ($2 \cdot 10^{-3}$ Па) путем нанесения тонких (10-130 нм) слоев MoO_3 на подложки из стекла, используя вакуумный универсальный пост «ВУП-5М». Толщину пленок MoO_3 определяли спектрофотометрическим, микроскопическим и гравиметрическим методами. Предварительно активированные образцы подвергали термической обработке в сушильном шкафу «Mettmert BE 300» в интервале температур 373-600 К в течение 1-100 мин в атмосферных условиях. Регистрацию эффектов до и после термической обработки исследуемых образцов осуществляли гравиметрическим, микроскопическим и спектрофотометрическим (в диапазоне длин волн 190-1100 нм, используя спектрофотометр «Shimadzu UV-1700») методами.

Было установлено, что спектры поглощения и отражения предварительно активированных наноразмерных слоев MoO_3 в значительной степени зависят от их толщины. На рис. 1 в качестве примера приведены представительные спектры поглощения активированных слоев MoO_3 разной толщины ($d = 20\text{-}130$ нм).

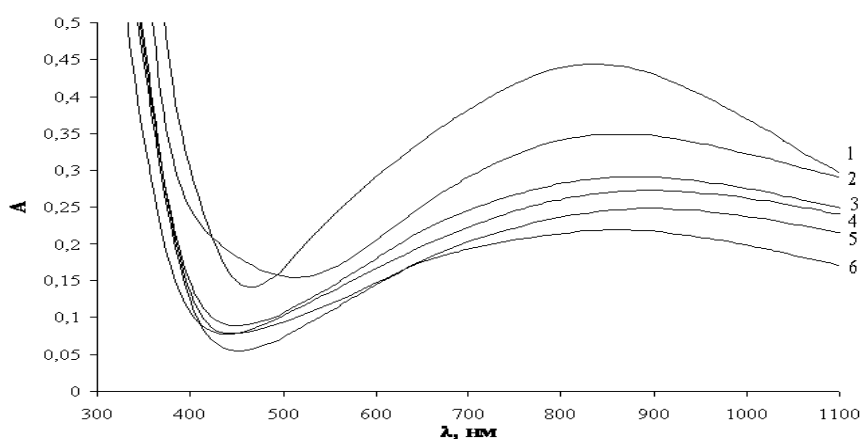


Рис. 1. Предельные после предварительной активации спектры поглощения слоев MoO_3 разной толщины: 1) 120, 2) 82, 3) 64, 4) 59, 5) 52, 6) 40 нм

В результате термической обработки предварительно активированных слоев MoO_3 разной толщины в интервале температур ($T=373\text{--}600\text{ K}$) в атмосферных условиях спектры поглощения и отражения образцов претерпевают существенные изменения. Причем наблюдаемые изменения спектров поглощения и отражения, а также предельные значения оптической плотности в максимумах полос поглощения после термической обработки образцов зависят от первоначальной толщины пленок MoO_3 , температуры и времени термообработки.

В процессе термической обработки на спектрах поглощения слоев MoO_3 наблюдаются уменьшение оптической плотности образцов в интервале $\lambda=400\text{--}1000\text{ нм}$ с максимумом $\lambda=870\text{ нм}$ и смещение края полосы поглощения в коротковолновую область спектра.

По мере увеличения толщины слоев MoO_3 (до 130 нм) при постоянной температуре (в интервале $T=373\text{--}600\text{ K}$) и времени термической обработки, наблюдается последовательное уменьшение эффектов изменения оптической плотности образцов во всем исследованном спектральном диапазоне.

Для выяснения закономерностей протекания процесса термического превращения предварительно активированных пленок оксида молибдена (VI) были рассчитаны и построены кинетические зависимости степени превращения $\alpha=f(\tau)$ (где τ – время термической обработки) при различных длинах волн и температурах термообработки. Для построения кинетических кривых в координатах $\alpha=f(\tau)$ использовали выражение

$$\alpha = (A_0 - A) / (A_0 - A_k),$$

где A_0 , A , A_k – начальная, текущая и конечная оптические плотности образца при $\lambda = 870\text{ нм}$.

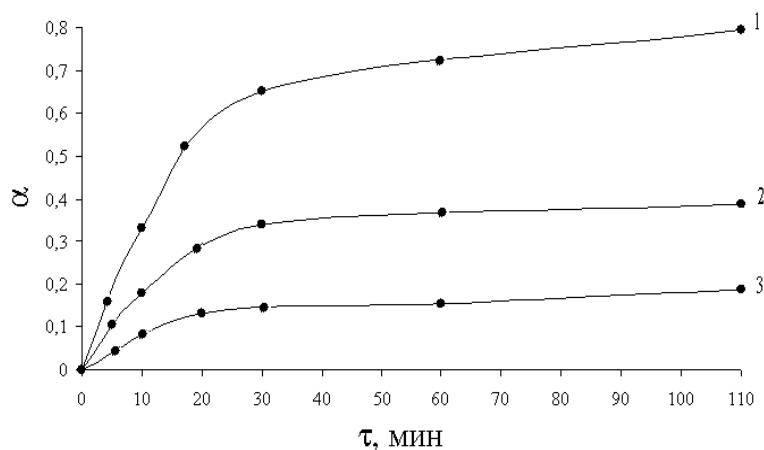
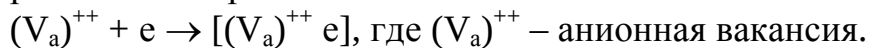


Рис. 2. Зависимость степени превращения пленок оксида молибдена (VI) толщиной 59–64 нм от температуры обработки: 1) 573 К, 2) 523 К, 3) 473 К

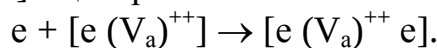
Установлено, что степень превращения предварительно активированных слоев MoO_3 зависит от их первоначальной толщины, температуры и времени термической обработки. Увеличение температуры термообработки (при постоянной толщине пленок MoO_3) приводит к возрастанию скорости термического превращения (рис. 2).

Было установлено, что полоса поглощения с максимумом при $\lambda=350$ нм для монокристаллов MoO_3 связана со стехиометрическим недостатком кислорода и обусловлена вакансиями кислорода с одним захваченным электроном $[(V_a)^{++} e]$ (аналог F-центра). Этот центр, видимо, формируется в процессе приготовления пленок MoO_3 различной толщины и в результате термической обработки

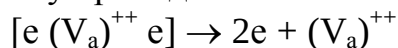


Глубина залегания $[e (V_a)^{++}]$ - центра составляет $E_F^1 = 3.54$ эВ.

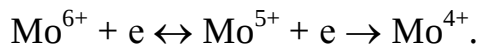
В процессе термической активации имеет место переход электронов из валентной зоны на уровни $[(V_a)^{++} e]$ - центра с образованием дырок (p) и формирование $[e (V_a)^{++} e]$ - центра



Максимум поглощения при $\lambda=350$ нм уменьшается (край полосы поглощения смещается в коротковолновую область), а максимум поглощения при $\lambda=870$ нм возрастает. Таким образом, в процессе приготовления, термической обработки слоев MoO_3 формируется $[e (V_a)^{++} e]$ - центр. Оптическая энергия ионизации $[e (V_a)^{++} e]$ - центра составляет $E_{\text{опт}} \approx 1.4$ эВ, а термическая $E_{\text{терм}} \approx 1.1$ эВ. Мы полагаем, что в процессе термообработки возможна термическая ионизация $[e (V_a)^{++} e]$ - центра, сопровождающаяся переходом электронов в зону проводимости



и взаимодействием с Mo^{6+}



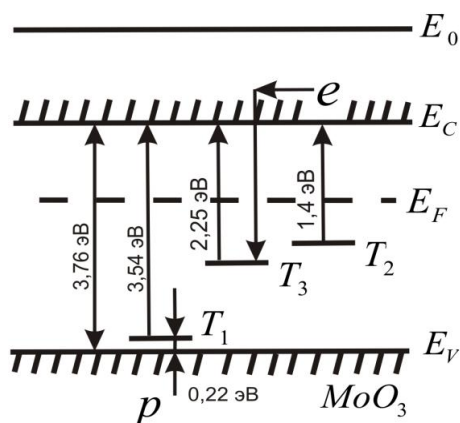


Рис. 3. Диаграмма энергетических зон MoO_3 : E_V – уровень потолка валентной зоны, E_C – уровень дна зоны проводимости, E_F – уровень Ферми, E_0 – уровень вакуума, T_1, T_2, T_3 – центры захвата

Скорость процесса термического возбуждения электронов с уровней $[e(V_a)^{++}e]$ – центра на уровне вблизи дна зоны проводимости достаточно велика, чтобы обеспечить дальнейшие превращения слоя MoO_3 . Наблюдаемое на спектрах поглощения в процессе термообработки предварительно термически активированных пленок MoO_3 увеличение оптической плотности в области $\lambda \approx 400\text{--}700$ нм с максимумом при $\lambda \approx 550$ нм, по-видимому, связано с формированием в запрещенной зоне уровней Mo^{4+} (рис. 3).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ РЕАГЕНТАХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

И. К. Иванова, Е. Ю. Шиц

Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск

Одним из перспективных направлений в борьбе с отложениями твердых углеводородов (УВ) и асфальтосмолистых веществ, образующихся на стенках нефтепромыслового оборудования при добыче, сборе и транспорте нефти, является применение различных реагентов-удалителей. В качестве таких удалителей используют продукты нефтеперерабатывающего и нефтехимического производства, например, гексановую, бутилбензольную и ксилольную фракции, осветительный керосин и др. [1]. В основном эти продукты содержат УВ гомологического ряда метана и бензола.

В данной работе сделана попытка установить основные кинетические закономерности растворения асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в газовом конденсате, который в настоящий момент используется как реагент для удаления отложений на Иреляхском ГНМ и в модельном алифатико-ароматическом растворителе для оценки их эффективности при удалении отложений.

В экспериментах использовали АСПО парафинистого типа (тип П₃) [2], образующиеся на поверхностях насосно-компрессорных труб при добыче нефти на Иреяхском ГНМ РС(Я). Пластовая температура залежи не превышает 10–16 °С.

Исследование кинетики растворения АСПО проводилось гравиметрически при температурах 10 и 25 °С. В качестве растворителей АСПО использовались: газовый конденсат [2] и композиционная смесь, состоящая из гексана и бензола (ГБС) в соотношении 1:1. Степень растворения рассчитывали как отношение растворившегося АСПО к его взятой общей массе в образце. Статистический расчет параметров кинетических моделей, выраженных в линейном виде, осуществлялся методом наименьших квадратов с использованием t-распределения при доверительной вероятности 0,95. Кинетические параметры процесса растворения АСПО определены по уравнению Ерофеева – Колмогорова. В табл. отражены константы скоростей, найденные по формуле Саковича, значения $\tau_{\frac{1}{2}}$ и эффективная энергия активации разрушения АСПО в газоконденсате и ГБС.

Видно, что константа скорости реакции растворения АСПО в газовом конденсате при повышении температуры на 15 °С возрастает на два порядка, а скорость растворения АСПО в ГБС тоже увеличивается, но незначительно, в пределах порядка реакции. Константы скоростей растворения АСПО в ГБС при 10 °С и в нагретом конденсате практически совпадают. Невысокое значение $\tau_{\frac{1}{2}}$ растворения АСПО в ГБС при 10 °С также указывает на возможность эффективного применения ГБС для удаления АСПО при низких температурах. Процесс растворения АСПО парафинистого типа в ГБС характеризуется более низким значением эффективной энергии активации по сравнению с газовым конденсатом. Это свидетельствует о легком разрушении АСПО в бинарном растворителе.

Константы скоростей, $\tau_{\frac{1}{2}}$ и энергия активации растворения

АСПО в газовом конденсате и ГБС

Модель системы		K, мин ⁻¹	n	$\tau_{\frac{1}{2}}$, мин	Ea, кДж/моль
Образец	t, °С				
АСПО + Газовый конденсат	10	2,65*10 ⁻⁴	0,50±0,04	-	239,17
	25	4,42*10 ⁻²	1,25±0,08	15,68	
АСПО + ГБС 1 : 1	10	3,10*10 ⁻²	1,00±0,07	22,36	31,64
	25	6,10*10 ⁻²	1,05±0,13	11,36	

Таким образом, изучение процесса растворения тяжелых отложений нефти в различных растворителях с позиций формально-кинетического подхода показало, что применение газового конденсата для удаления отложений на нефтяных залежах Непско-Ботуобинской антеклизы, расположенных в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, является неэффективным, т.к. процесс растворения АСПО в газовом конден-

сате лимитируется диффузией, поэтому добиться полного удаления отложений с поверхности нефтепромыслового оборудования невозможно. Но и от обработок горячим конденсатом также следует воздержаться, поскольку такие процедуры приводят к перекристаллизации парафина и, как следствие, к образованию еще более труднорастворимых отложений, удаление которых представляет гораздо более сложную задачу. Реакция растворения АСПО в алифатико-ароматическом растворителе при низких температурах имеет первый порядок, небольшое значение $\tau_{\frac{1}{2}}$ и характеризуется низкой

эффективной энергией активации. Перечисленные факторы говорят в пользу применения композиционных растворителей для удаления АСПО парафинистого типа в условиях низких температур.

Литература

1. Каменщиков Ф. А. Удаление асфальтосмолопарафиновых отложений растворителями. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевский институт компьютерных исследований, 2008. – 384 с.

2. Иванова И. К., Шиц Е. Ю. Использование газового конденсата для борьбы с органическими отложениями в условиях аномально низких пластовых температур // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №12. – С. 99–101.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

О. Н. Колмогорова, А. А. Звеков

Кемеровский государственный университет

Действие электрического поля приводит к изменению реакционной способности твердых тел на несколько порядков. При рассмотрении химического взаимодействия в этих условиях требуется учет процесса дрейфа в электрическом поле заряженных реагентов, которыми в твердом теле являются электроны, дырки, и, в некоторых случаях, атомы примеси и собственных дефектов. Создание пакета прикладных программ для моделирования физико-химических процессов в электрическом поле является необходимым этапом апробации механизма влияния электрического поля на реакционную способность энергетических материалов.

Цель работы – создание и апробация пакета прикладных программ для численного моделирования твердофазных процессов в электрическом поле. Задача: сравнение результатов численной и аналитической зависимости скорости движения пакета захватываемых носителей заряда от концентрации ловушек в кристалле.

Кинетические уравнения, описывающие дрейф электронных носителей заряда в электрическом поле при учете рекомбинации и захвата, представлены в системе уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{p} = D_p \nabla^2 p + \mu_p \operatorname{div} \left(p \left(\vec{E} + E_{\text{вн}} \right) \right) + G - \frac{k_R n p}{n + \gamma p} \\ \dot{n} = D_n \nabla^2 n - \mu_n \operatorname{div} \left(n \left(\vec{E} + E_{\text{вн}} \right) \right) + G + k_1 T^- - k_2 n T^0 - \frac{k_R n p}{n + \gamma p} \\ \dot{T}^0 = k_1 T^- - k_2 n T^0 \\ T^0 + T^- = T_0 \\ \operatorname{div} \vec{E} = \frac{4\pi e}{\epsilon} (p - n - T^-), \end{array} \right. \quad (1)$$

где p , n – концентрация дырок и электронов, G – темп генерации, γ – отношение констант рекомбинации на нейтральных и заряженных центрах, D_p , D_n – диффузия дырок и электронов, k_1 – константа термического выброса электронов с отрицательно заряженных ловушек, k_2 – захват электронов нейтральными ловушками, T_0 – общая концентрация ловушек, E – напряженность электрического поля, создаваемого пространственным зарядом, $E_{\text{вн}}$ – напряженность внешнего электрического поля. Последний член в кинетических уравнениях для электронов и дырок – рекомбинация Шокли – Рида с константой скорости k_R .

Влияние ловушек на скорость движения пакета захватываемых носителей рассмотрим на основе модели переходных (нестационарных) инжекционных токов в твердых телах [2], так как генерация неравновесных носителей заряда в центре образца при действии лазерного импульса аналогична их генерации с поверхности катода.

Для случая мелких ловушек, т. е. если уровень Ферми F расположен ниже уровня ловушек E_t , справедливы формулы (2) и (3) [2]:

$$\frac{n}{n + n_t} = \frac{N_c}{g N_t} \exp \frac{E_t - E_c}{kT} = \theta, \quad (2)$$

где θ – постоянная, не зависящая от напряжения между электродами и темпа генерации до тех пор, пока уровни прилипания (ловушки) остаются мелкими; N_c – эффективная плотность состояний в зоне проводимости, N_t – концентрация ловушек, g – статистический вес ловушек, E_c – энергия, соответствующая дну зоны проводимости, n – концентрация свободных электронов, n_t – концентрация захваченных электронов.

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{t_0}{t_{\text{эфф}}} = \theta. \quad (3)$$

Таким образом, скорость движения пакета захватываемых носителей уменьшается в $1/\theta$ раз по сравнению со случаем без ловушек.

Найдем значения θ в двух приближениях и сравним их со значением, найденным из модели путем сравнения скоростей движения пакета электронов в случае с ловушками V_t и без ловушек V_0 :

$$\theta = \frac{V_t}{V_0}. \quad (4)$$

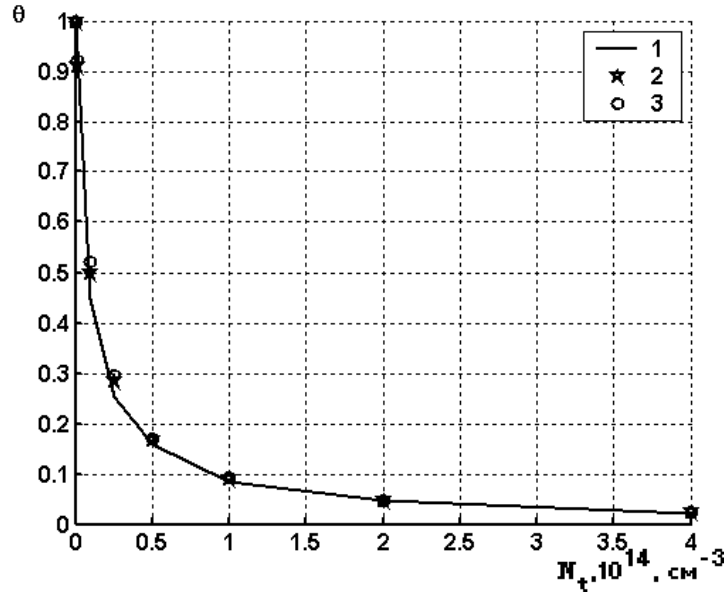


Рис. 1. Зависимость θ от концентрации ловушек. 1 – расчет по модели (1), 2 – расчет по формуле (10), 3 – расчет по формуле (11)

Для расчета V_t и V_0 строилась графическая зависимость координаты, в которой максимальная концентрация электронов находилась в данный момент времени, от времени. V_t и V_0 находились как тангенс угла наклона этой прямой. Параметр θ рассчитаем в предположении, что электроны движущегося пакета и ловушки находятся в состоянии квазиравновесия.

Если учитывать концентрацию захваченных на ловушки электронов n_t для θ получаем систему алгебраических уравнений (5)–(8):

$$N_t = n_t + N_t^0, \quad (5)$$

$$n_t = n_0 - n, \quad (6)$$

$$\theta = \frac{n}{n_0}, \quad (7)$$

$$\frac{nN_t^0}{n_t} = K, \quad (8)$$

где $K = k_1/k_2$ – константа равновесия процесса захвата-выброса электронов с положительно заряженных ловушек.

Разрешая систему уравнений (5)–(8) относительно коэффициента прилипания, получим

$$\theta = \frac{N_t + n_0 - K - \sqrt{(N_t - n_0 + K)^2 + 4n_0K}}{2n_0}. \quad (9)$$

Если пренебречь концентрацией захваченных на ловушки электронов n_t по сравнению с концентрацией свободных ловушек N_t^0 , что справедливо при больших концентрациях ловушек: $N_t^0 \gg n_t$, получаем

$$\theta = \frac{1}{1 + K^{-1}N_t}. \quad (10)$$

Сравнение данных, рассчитанных по модели (1), со значениями, найденными по формулам (9) и (10), приведено на рис. 1. Из рис. 1 видно, что в области высоких концентраций ловушек оба приближения имеют близкую точность, тогда как в области низких концентраций ловушек более точным является первое приближение. Этот результат был предсказан теоретически, так как именно в области низких концентраций ловушек нельзя пренебрегать концентрацией захваченных электронов по сравнению с концентрацией свободных ловушек.

Выводы. Показано, что методика численного моделирования процессов диффузии и дрейфа электронных носителей заряда приводит к непротиворечивым результатам.

Литература

1. Бонч-Бруевич Б. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. – М.: Наука. – 672 с.
2. Ламперт М., Марк П. Инжекционные токи в твердых телах. – М.: Мир. – 416 с.

АНТИТЕЛА К СТЕРОИДНЫМ ГОРМОНАМ У ЖЕНЩИН С ПРИВЫЧНЫМ НЕВЫНАШИВАНИЕМ БЕРЕМЕННОСТИ

К. С. Красильникова

Институт экологии человека СО РАН

Самопроизвольный выкидыш, заканчивающийся гибелью плода на разных сроках беременности, является одной из наиболее сложных и актуальных проблем гинекологии. Частота самопроизвольных выкидышей в популяции составляет 15–20 %. В случаях, когда самопроизвольный выкидыш повторяется более 2 раз подряд, говорят о привычном невынашивании беременности (ПНБ) [4]. До недавнего времени среди причин невынашивания часто фигурировала неясная этиология выкидыша. Считалось, что прерывание беременности на ранних сроках может быть результатом естественного отбора, что приводит к гибели патологически развивающихся эмбрионов и/или плодов [1]. Сейчас немаловажную роль при этом стали уделять аутоиммунным факторам. Известно, что на долю аутоантител приходится около 22 % случаев привычного невынашивания беременности [3]. Показана взаимосвязь репродуктивных потерь с выработкой аутоантител к фосфолипидам, желтому телу, к ДНК, антиовариальных и антинуклеарных антител [2]. В этой связи особый интерес представляют аутоантитела к стероидным гормонам, эстрадиолу и прогестерону, обеспечивающим нормальное течение беременности. Известно, что прогестерон играет важную роль в процессах имплантации эмбриона, контролирует в течение беременности нормальный тонус матки, адаптирует шейку матки к родам. Под влиянием эстрадиола во время беременности матка увеличивается в

объеме, в ней растет число кровеносных сосудов и повышается кровоток [5].

Поэтому целью настоящей работы стало изучение особенностей образования антител классов А и G к прогестерону и эстрадиолу у женщин с привычным невынашиванием беременности.

В исследовании принимали участие 78 женщин с привычным невынашиванием беременности, в анамнезе которых было 2 и более выкидышей (опытная группа). Группу сравнения составили 62 женщины с физиологическим течением беременности (контроль). Все женщины находились на II триместре беременности, средний возраст в обеих группах составил $26,7 \pm 0,5$ года. Состояние здоровья оценивалось на основе медицинских карт. Антитела к стероидным гормонам определяли методом неконкурентного ИФА, разработанного в Институте экологии человека СО РАН. Статистическую обработку данных проводили при помощи непараметрического U-критерия Манн – Уитни ($p < 0,05$).

В результате исследования были выявлены антитела классов А и G к стероидным гормонам у женщин с физиологическим течением беременности и с привычным невынашиванием беременности. Уровень антител класса А к эстрадиолу в группе с ПНБ был в полтора раза достоверно ниже, чем в группе сравнения ($p = 0,0002$), а уровень антител этого же класса к прогестерону в контрольной группе был статистически достоверно выше в 1,6 раза, чем в группе с ПНБ ($p = 0,002$). Уровень антител класса G к эстрадиолу у женщин с ПНБ отличался незначительно от такового показателя в группе сравнения. Однако уровень антител этого же класса к прогестерону был в 1,5 раза ниже в группе с ПНБ по сравнению с контрольной группой ($p = 0,007$).

Таким образом, в результате нашего исследования были выявлены достоверные различия в характере образовании антител к стероидным гормонам у женщин с репродуктивными потерями. Низкий уровень антител к эстрадиолу и прогестерону у женщин с ПНБ может быть связан с низким уровнем самих стероидных гормонов и как результат с развитием репродуктивной патологии. Возможно, антитела к стероидным гормонам могут являться одними из маркеров иммунных нарушений, ведущих к самопроизвольным выкидышам и привычному невынашиванию беременности.

Литература

1. Айламазян Э. К. Невынашивание беременности: этиопатогенез, диагностика и лечение. – СПб., 2002. – С. 9.
2. Гладкова К. А., Менджинская И. В., Сухих Г. Т., Сидельникова В. М. Роль сенсibilизации к прогестерону в клинике первичного невынашивания беременности // Проблемы репродукции. – 2007. – №6. – С. 9.
3. Менджинская И. В., Гладкова К. А., Сидельникова В. М., Сухих Г. Т. Антипрогестероновые антитела в клинике первичных потерь беременности // Иммунология. – 2008. – №1. – С. 35.

4. Овсянникова Т. В., Сидорова И. С., Данилова О. С. Современный взгляд на иммунологические аспекты невынашивания беременности // Гинекология. – 2004. – Т. 6, № 2.

5. Серов В. Н., Стрежаков А. Н., Маркин С. А. Руководство по практическому акушерству. – М.: Медицина, 1989. – 511 с.

ПОЛИМОРФИЗМ IL1AR*, IL6* И CYP1A2 *1F ПРИ НЕВЫНАШИВАНИИ БЕРЕМЕННОСТИ У ЖЕНЩИНО. С. Макаrenchенко¹, Л. А. Гордеева¹, О. А. Глушкова¹, А. В. Остапцева¹, Е. Н. Воронина²

¹Учреждение РАН «Институт экологии человека СО РАН», г. Кемерово

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, г. Новосибирск

Причины невынашивания и механизмы его развития остаются до конца неизвестными. Незученной является роль генов ILs, CYPs, а также их сочетаний при привычном невынашивании беременности.

Целью настоящей работы было изучение ассоциаций сочетаний генотипов IL1aR*, IL6* и CYP1A2*F у женщин с невынашиванием беременности и у женщин с физиологическим течением беременности.

Материалы и методы

Проведено обследование 651 женщины в возрасте от 18 до 43 лет, проживающих в Кемеровской области. Группу сравнения (контроль) составили 369 женщин с физиологическим течением беременности в сроки 15–30 недель и отсутствием в анамнезе спонтанных аборт и ВПР у плода.

Исследуемая группа (ПНБ) включала 282 женщины. Из них 220 были беременными (8–15 недель), настоящая беременность протекала на фоне угрозы прерывания беременности, а 62 женщины были не беременными. У всех женщин в анамнезе отсутствовали указания на медицинские аборт, роды, внематочную беременность, наличие 2 или 3 выкидышей неясной этиологии в разные сроки беременности (до 15 недель), а также у них были исключены нарушения на анатомическом, инфекционном и гормональном уровнях.

Тест-системы для молекулярно-генетического анализа полиморфизма генов IL1aR*, IL6* и CYP1A2*1F разработаны ИХБФМ СО РАН (г. Новосибирск). Исследование полиморфизма IL1Ra проводили с помощью полимеразно-цепной реакции (ПЦР). Для амплификации использовали олигонуклеотидные праймеры, выбранные с помощью программы GENERUNNER на основании нуклеотидной последовательности гена IL1Ra (GENEBANK, U65590). Полиморфизмы IL6 и CYP1A2*1F выявляли с использованием сайт-специфической рестрикции с соответствующим ферментом. Детекцию продуктов ПЦР проводили при помощи электрофореза в акриламидном геле.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью четырехпольной таблицы сопряженности с поправкой Йетса на непрерывность вариации (χ^2). Нулевую гипотезу отвергали при $p < 0,05$. Силу ассоциации анализируемых признаков определяли с помощью величины относительного риска (RR).

Результаты исследования

Первоначально изучали характер распределения частот генотипов IL1aR, IL6 и CYP1 A2 по отдельности у женщин исследуемых групп.

Анализ распределения частот генотипов IL1aR у женщин с ПНБ и контрольной группы показал, что из всех генотипов статистически значимая положительная ассоциация с ПНБ была установлена только с генотипом IL1aR*2R,2R (15,6% против 5,96% соответственно; $\chi^2=15,2$, $p=0,001$; RR=2,88).

Распределение частот генотипов IL6 у женщин с ПНБ и контрольной группы показало, что статистически значимые отличия между исследуемыми группами отсутствовали.

При сопоставлении частот генотипов CYP1A2 в группе женщин с ПНБ и контрольной группе выявлено следующее: генотип С,С достоверно чаще встречался в группе с ПНБ по сравнению с контролем (6,9% в опыте против 2,2% в контроле, $p < 0,01$), тогда как генотип А,А – достоверно реже (50,2% в опыте против 61,5% в контроле, $p < 0,008$).

Сопоставление сочетаний генотипов IL1aR с генотипами IL6 показало отсутствие статистически значимых отличий между исследуемыми группами женщин.

В то же время при сопоставлении генотипов IL1aR с генотипами CYP1A2 у женщин исследуемых групп было выявлено следующее. Положительная ассоциация IL1aR*4R,4R с CYP1A2*С,С (3,0% против 0,3%, $\chi^2=5,28$, $p=0,021$; RR=7,62). Отрицательная ассоциация с ПНБ была установлена только IL1aR*2R,4R с CYP1A2*А,А (15,4% против 23,7%, $\chi^2=4,72$, $p=0,029$; RR=0,58).

Сопоставление сочетаний генотипов IL6 с генотипами CYP1A2 показало, что статистически значимые положительные ассоциации у женщин отсутствовали. В то же время было установлено, что только при сочетании генотипа IL6*С,С с CYP1A2*А,А была найдена статистически значимая отрицательная ассоциация с ПНБ (6,12% против 13,1%, $\chi^2=4,35$, $p=0,025$; RR=0,45).

Таким образом, установлены положительные ассоциации генотипов IL1aR*2R,2R и CYP1A2*С,С, а также сочетания генотипа IL1aR*4R,4R с CYP1A2*С,С с невынашиванием беременности у женщин. Отрицательные ассоциации с невынашиванием беременности у женщин связаны с генотипом CYP1 A2*А,А и с сочетаниями IL1aR*2R,4R с CYP1 A2*А,А и IL6*С,С с CYP1 A2*А,А. Типирование данных генетических полиморфизмов можно использовать для ранней диагностики и прогнозирования данного вида патологии.

Литература

1. Система цитокинов: теоретические и клинические аспекты / Под ред. В. А. Козлова, С. В. Сенникова. – Новосибирск: Наука, 2004. – С. 38–46.
2. Unfried G., Bocskor S., Endler G., et al. // Hum. Reproduct. – 2003. V.18(2). – P. 267–270.
3. Сотникова Н. Ю. // Russian journal of immunology. – 2005. – V. 9(2). – P. 15–16.
4. Laird S. M., Tuckerman E. M., Cork B. A., Linjawi S. et al. A review of immune cells and molecules in women with recurrent miscarriage // Hum Reprod Update. – 2003. – V. 9(2). P. 163–174.
5. Unfried G., Tempfer C., Schneeberger C. et al. Interleukin 1 receptor antagonist polymorphism in women with idiopathic recurrent miscarriage // Fertil. Steril. 2001. – V. 75(4). – 683 p.
6. Witkin S.S., Gerber S., Ledger W.J. Influence of interleukin-1 receptor antagonist gene polymorphism on disease // Clin Infect Dis. – 2002. – V. 34. – P. 204–209.
7. Santtila S., Savinainen K., Hurme M. Presence of the IL-1RA allele 2 (IL1RN*2) is associated with enhanced IL-1beta production in vitro // Scand J Immunol. – 1998. – V. 47(3). – P 195–198.

Авторы выражают искреннюю признательность научному руководителю д-ру мед. наук А. Н. Глушкову.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ГИДРАТА МЕТАНА С ПОМОЩЬЮ ДСК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

М. Е. Семенов, Е. Ю. Шиц

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

Газовые гидраты – соединения переменного состава, то есть их состав всегда зависит, во-первых, от условий их синтеза – температуры и давления, при которых возможно их принципиальное образование, а во-вторых, соотношения используемых объемов воды и газа. Следовательно, актуальной проблемой нашего исследования является, прежде всего, успешное осуществление синтеза гидратов из воды (растворов ПАВ) и метана и использование разработанного подхода для синтеза гидратов метана, этана и пропана в опытных реакторах высокого давления.

Зарождение гидратной фазы в течение многих лет было источником интереса для ученых, которые занимались гидратами. Однако существующие трудности в получении достоверных и подтвержденных экспериментальных данных не дали возможности подтвердить предполагаемые механизмы как образования, так и разложения гидратов многокомпонентных смесей [1].

Таким образом, целью нашей работы являлось определение температуры (или времени) зародышеобразования и разложения (плавления) гидрата метана, в присутствии 0,1 % водного раствора сульфанола, а также в дистиллированной воде с искусственным зародышеобразователем (затравкой).

Исследования проводились нами с использованием современной модификации дифференциального сканирующего калориметра высокого давления DSC 204 HP Phoenix фирмы Netzsch (Германия). Уникальные

возможности прибора позволяют проводить измерения тепловых эффектов в образце в диапазоне давлений от вакуума до 15 МПа (150 атм) и при температурах от -150°C до 600°C .

В выполняемой работе основное внимание было уделено нами вопросам процесса зарождения гидратов при варьировании температурой. Был проведен целый ряд экспериментов по определению температуры кристаллизации получаемого гидрата и льда (для сравнения) в зависимости от задаваемых давлений и скорости охлаждения. В качестве газогидратообразователя использовали метан (99,99 об %). В проводимых экспериментах задавались следующие значения давлений: 20, 50 и 100 атм. В стальной тигель-ячейку наливали определенное количество дистиллированной воды и загружали в камеру высокого давления, затем эту камеру вакуумировали и нагнетали метан до установления необходимого давления. Далее систему выдерживали в течение 1 часа при 298 К. Затем охлаждали до 253 К при разных скоростях в пределах между 0,15 и 1 К/мин. Для определения температуры плавления температуру повышали снова до 298 К.

Для выяснения степени влияния химических добавок на скорость гидратообразования и степень превращения воды в гидрат нами также было решено использовать в качестве поверхностно – активной добавки сульфол. Для получения гидратов использовались водные растворы сульфолла, концентрация его в которых не превышала 0,1 %, что было существенно ниже критической концентрации мицеллообразования (ККМ) в водных растворах ПАВ [2].

В добываемых промышленных системах всегда будут находиться различные примеси, в том числе механические (мелкие дисперсные частицы породы, например), поэтому, для того чтобы учесть эту вероятность дополнительного зародышеобразования на стадии лабораторных экспериментов, нами для создания центров кристаллизации в качестве примесей (затравки), были использованы стеклянная крошка и молотый керн породы-коллектора.

При сравнении полученных при 20, 50, 100 атм термограмм системы «метан + вода» и термограммы чистой воды при атмосферном давлении было установлено, что они практически идентичны. Таким образом, ниже давления 100 атм в эксперименте по образованию гидрата метана не зафиксирован пик, соответствующий процессу зародышеобразования его гидрата.

Экспериментальные исследования были продолжены, однако в них была снижена скорость охлаждения ячейки. Но и это изменение параметров охлаждения не привело к получению искомых результатов, так как не удавалось зафиксировать новых пиков, отличных от ранее обнаруженных.

При сравнении полученных термограмм системы «сульфол + метан» при давлениях 1 и 100 атм было зафиксировано, что при 100 атм наблюдается раздвоение пиков, на основании чего было сделано предположение, что эффект удвоения (раздвоения) пика связан с образованием гид-

рата метана, что подтвердилось при анализе кривых его плавления. На термограммах видны два пика плавления исследуемого образца, при $\sim 0^\circ\text{C}$ и $\sim 13^\circ\text{C}$, которые соответствуют температурам плавления льда и гидрата метана. Установлено, что в случае использования сульфонола при снижении в 2 раза скорости охлаждения (до $0,15\text{ К/мин}$) температура кристаллизации изменилась от $-8,21$ до $-7,5^\circ\text{C}$. Следовательно, именно скоростью охлаждения системы, которую можно регулировать, обусловлен процесс кристаллизации гидрата метана.

Полученные нами в работе термограммы для систем: «вода + стекло» и «вода + песок» идентичны термограммам, полученным ранее в работе [1]. В исследуемом нами случае задаваемое давление на 100 атм ниже при скоростях охлаждения от $0,15$ до $0,3\text{ К/мин}$. Видно, что, рассматриваемых системах с искусственным зародышеообразователем температура начала процесса образования гидрата метана происходит при температурах $-2,4$ и $-3,5^\circ\text{C}$, а температуры плавления образовавшегося гидрата равны $13,1$ и $13,0^\circ\text{C}$ соответственно. Таким образом, появление центров кристаллизации в виде затравок способствует протеканию процесса гидратообразования.

Установлено, что температуры плавления льда и гидрата метана во всех проведенных нами экспериментах одинаковы и составляют $\sim 0^\circ\text{C}$ и $\sim 13^\circ\text{C}$, соответственно. Таким образом, полученные в работе экспериментальные данные полностью совпадают с известными литературными данными [3, 4, 5], где равновесная температура гидратообразования метана при 100 атм равняется 13°C .

Таким образом, в работе методом ДСК-калориметрии определены температуры фазовых переходов при образовании и разложении гидратов метана в присутствии ускоряющего агента и так называемых центров кристаллизации, которые представлены в таблице.

Полученные данные будут использованы в дальнейшей работе при определении физико-химических параметров получения диспергированных гидратов природного газа и его компонентов с целью их дальнейшего хранения в гидратном состоянии.

Режимы проведенных экспериментов и определенные температуры фазовых переходов

Система	Р, атм	Скорость охлаждения, К/мин	Ткр. гидрата метана, $^\circ\text{C}$	Ткр. воды, $^\circ\text{C}$	Тпл. льда, $^\circ\text{C}$	Тпл. гидрата метана, $^\circ\text{C}$
0,1% раствор сульфонола+метан	100	0,15	-	-7,5	-0,5	13,2
0,1% раствор сульфонола+метан	100	0,3	-	-9	-0,27	13,1
Вода+стекло+метан	100	0,15	-2,4	-8,4	-0,48	13,1
Вода+песок+метан	100	0,15	-3,48	-6,98	-0,33	13,0

Литература

1. Simon R. Davies, Keith C. Hester, Jason W. Lachance, Carolyn A. Koh, E. Dendy Sloan, Studies of hydrate nucleation with high pressure differential scanning calorimetry, IGHC-2008.
2. Нестеров А. Н. Кинетика и механизм гидратообразования газов в присутствии поверхностно-активных веществ: Дис. ... д-ра хим. наук. – Тюмень, 2006.
3. Истомин В. А., Ступин Д. Ю., Селезнев А. П. Фазовые равновесия газовых гидратов. Анализ экспериментальных исследований. – М.: ВНИИГазпром, 1991. – 80 с.
4. Бык С. Ш., Макогон Ю. Ф., Фомина В. И. Газовые гидраты. – М.: Химия, 1980. – 296 с.
5. Механика образования гидратов в газовых потоках / Бондарев Э. А., Бабё Г. Д., Гройсман А. Г., Каниболотский М. А. – Новосибирск: Наука, 1976. – 158 с.

О РОСТЕ КРИСТАЛЛОВ СОЛЕЙ СЕРЕБРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Н. В. Соловьев, Н. В. Голяш, Е. Г. Газенаур
Кемеровский государственный университет

Определение оптимальных условий процесса роста является важнейшей задачей исследований в области получения совершенных кристаллов с воспроизводимыми свойствами. Общеизвестно влияние условий синтеза на физико-технические и дисперсионные характеристики неорганических веществ. На процесс кристаллизации, помимо таких факторов, как концентрация исходных реагентов, температура реакционной среды, рН, наличие комплексообразователя, оказывают влияние и электрические поля. Кристаллизация неорганических солей серебра в постоянном бесконтактном электрическом поле, как показали результаты наших исследований [1], позволяет получать химически чистые монодисперсные кристаллы заданного размера с воспроизводимыми характеристиками, минимальным содержанием дефектов, увеличенным (до 12 месяцев) сроком хранения.

Настоящая работа посвящена изучению влияния слабого бесконтактного электрического поля на процесс роста монокристаллов бромида, хлорида и азида серебра, нитевидных кристаллов азида серебра. Особое внимание уделено анализу взаимосвязи между условиями роста (напряженностью электрического поля при кристаллизации) и распределением дефектов в растущем кристалле. Результаты работы имеют прямое практическое значение для решения вопроса повышения стабильности веществ к неконтролируемым внешним воздействиям при хранении и транспортировке.

Монокристаллы солей серебра выращивают, помещая кристаллизатор с насыщенным водно-аммиачным раствором мелкокристаллического порошка солей серебра, полученного путем смешивания эквимольных водных растворов нитрата серебра и соответствующей соли (азид, бромид или хлорид калия), между пластинчатыми электродами в слабое постоянное бесконтактное электрическое поле. Нитевидные кристаллы азида се-

ребра получали путем медленного испарения аммиака из 5% водно-аммиачного раствора. Время кристаллизации монокристаллов солей серебра составляло 1 месяц, нитевидных кристаллов азиды серебра – 10 дней. Расстояние между электродом и стенкой сосуда составляло не более 50 мкм (по оценкам, при такой толщине воздушного промежутка внешнее напряжение почти полностью падает в реакционном сосуде). Для исключения влияния помех от электроприборов использовали батарейку на 1,5 В. Напряженность постоянного бесконтактного электрического поля варьировали с помощью делителя (набор безындуктивных сопротивлений) в пределах $10^{-4} \div 100$ В/м. Кристаллизацию проводили в ячейке, исключая влияние любых внешних посторонних факторов на процесс кристаллизации (рис. 1).

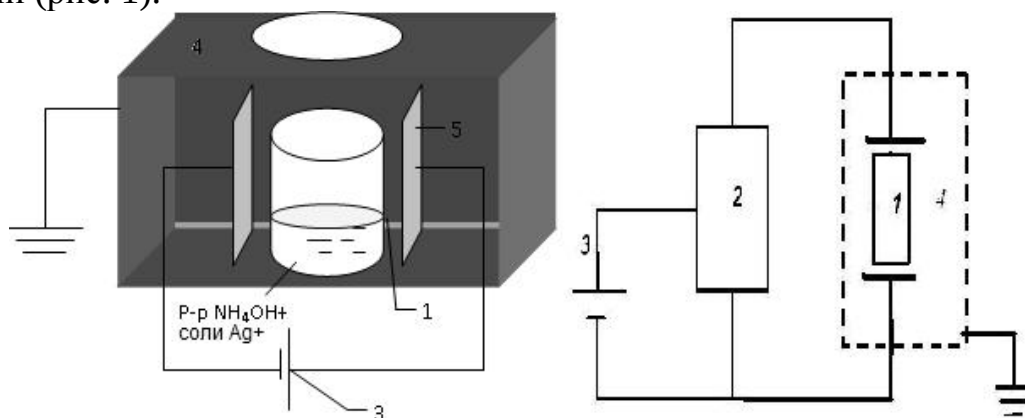


Рис. 1. Ячейка и принципиальная схема установки для выращивания кристаллов солей серебра в электрическом поле: 1 – кристаллизатор, обтянутый пленкой с отверстиями; 2 – делительный блок; 3 – источник питания 1,5 В; 4 – заземлённый металлический кожух; 5 – электроды

Поскольку оценить величину электрического поля в самом растворе при кристаллизации довольно затруднительно, параллельно проводили кристаллизацию солей серебра в бесконтактном переменном электрическом поле (50 Гц). Для наблюдения за ростом кристаллов проводили электронно-микроскопический и рентгенофазовый анализ, фото- и видеосъемку процесса кристаллизации.

Выявлены особенности роста кристаллов неорганических солей серебра в электрическом поле. Установлены и стабилизированы основные факторы, влияющие на процесс кристаллизации данных материалов в электрическом поле (величина напряженности, время обработки).

Обнаружено влияние слабого бесконтактного электрического поля на скорость и время начала процесса кристаллизации. Экспериментально доказано влияние электрического поля не только на процесс возникновения центров кристаллизации, но и на формирование кристаллообразований. Показано, что действие слабого бесконтактного электрического поля связано со структурными изменениями в системе в период возникновения центров кристаллизации.

Установлена возможность управления размерами и дефектной структурой (количественным содержанием примеси положительных ионов

металлов и дислокаций) данных материалов изменением, в вышеуказанном диапазоне, напряженности постоянного бесконтактного электрического поля при кристаллизации. Появилась возможность моделирования дефектной структуры кристаллов, что позволит управлять реакционной способностью неорганических солей путем направленного изменения концентрации именно тех дефектов, к которым в наибольшей степени чувствительны реакции, протекающие в этих материалах после энергетического воздействия.

Литература

1. Крашенинин В. И. Способы управления стабильностью азида серебра / В. И. Крашенинин, Л. В. Кузьмина, Е. Г. Газенаур, О. В. Целыковская // Ползуновский вестник. – 2009. – №3. – С. 48-51.

ИММОБИЛИЗАЦИЯ ПРОСПИДИНА ГИДРОГЕЛЯМИ ФОСФАТОВ ДЕКСТРАНА И КРАХМАЛА

***С. О. Соломевич, Н. В. Голуб, В. А. Алиновская, Р. И. Костерова,
П. М. Бычковский, Д. А. Адамчик, П. А. Никишев***

*Учреждение Белорусского государственного университета
«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»*

В связи с неблагоприятной экологической обстановкой на одно из первых мест в мире и нашей стране вышла проблема онкологических заболеваний. Существующие лекарственные формы обладают низким терапевтическим эффектом. Они воздействуют не только на опухолевые клетки, но и на здоровые, вызывая тем самым огромное количество различных побочных эффектов. К таким препаратам можно отнести препарат хлорид проспицина.

Для того чтобы увеличить терапевтический эффект препарата, необходимо разработать методы его целенаправленной доставки в пораженные клетки. Одним из развивающихся направлений в современной химии высокомолекулярных соединений является разработка полимерных материалов медицинского назначения, в частности биологически активных гидрогелей на основе синтетических и природных полимеров.

Известно, что иммобилизация низкомолекулярных лекарственных средств на гидрогелях открывает возможность пролонгирования их действия, снижения токсичности, изменения растворимости и фармакинетики, а также целенаправленного транспорта лекарственных веществ в определенные органы.

Среди полисахаридов, которые могут быть использованы для получения гидрогелей путем их фосфорилирования, значительный интерес представляют декстран и крахмал, которые нетоксичны и обладают приемлемой скоростью биодеструкции.

В системе ортофосфорная кислота – мочевины получены эфиры декстрана и крахмала с различной степенью замещения по фосфорнокислым группам и карбаматным группам в виде гидрогелей, изучена их степень

набухания. Изучено влияние условий проведения реакции этерификации на состав и свойства полученных продуктов. Установлено, что соотношение компонентов в этерифицирующей смеси, величина давления в зоне реакции фосфорилирования ортофосфорной кислотой в расплаве мочевины в значительной степени влияют на содержание в образцах фосфорнокислых групп, выход гель-фракции [1].

Изучена зависимость количества сорбированного проспицина от времени контакта катионита с раствором цитостатика. Полученные данные свидетельствуют об очень высокой скорости поглощения катионов проспицина гидрогелями на основе фосфатов полисахаридов. Показано, что предельное насыщение гидрогелей лекарственным веществом происходит практически за первые 5 минут контакта полисахарида с цитостатиком.

Из результатов, представленных на рис. 1, следует, что при концентрации цитостатика во внешнем растворе до 0,0015 ммоль/мл селективность сорбции проспицина Н- и Na-формами ФК и ФД, имеющих одинаковую полную обменную емкость, практически одинакова. Сопоставление величин сорбции проспицина при более высоких концентрациях цитостатика в растворе показывает более высокую сорбционную емкость Na-форм фосфатов полисахаридов в сравнении с Н-формой.

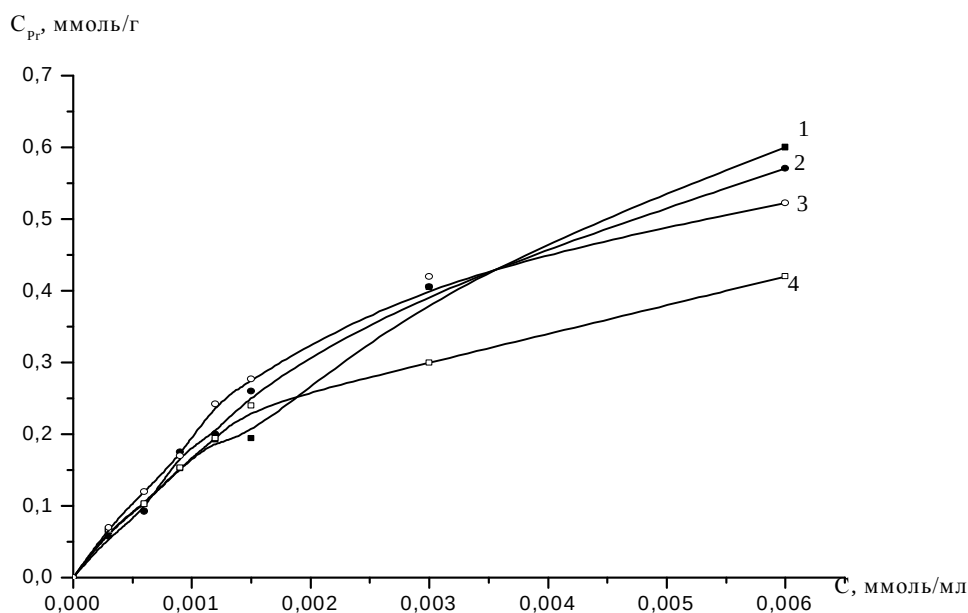


Рис. 1. Изотермы сорбции проспицина гидрогелями ФК (1,4) и ФД (2,3) в Н- (3,4) и Na- (1, 2) формах

Учитывая высокую скорость поглощения проспицина гидрогелями, лекарственную форму готовили путем смешения сухих компонентов, а воду для инъекций к смеси добавляли непосредственно перед применением. Противоопухолевое действие исследовали в условиях *in vitro* и *in vivo* в НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н.Александрова.

Исследование противоопухолевой активности препарата проспицина в виде геля (весовое соотношение проспицин : полисахарид = 1 : 1) про-

ведено на монослойной культуре опухолевых клеток HeLa (эпителиоидная карцинома шейки матки человека, клон М).

Из полученных данных следует, что цитостатический эффект пролонгированной лекарственной формы с содержанием проспицина 0,4 мг/мл в 1,5 раза выше инъекционной формы.

Медико-биологические испытания были проведены на белых крысах весом 120–160 г, которым перевивали опухоли (саркома М-1) подкожно в область левого бедра. Эксперименты проводили на 7–10 сутки после перевивки опухоли крысам. В каждой контрольной и опытной группе использовали по 8–9 крыс. Препарат проспицина в виде гидрогелей вводили крысам однократно внутривбрюшинно (в объеме 1 или 2 мл на каждые 100 г веса животного). В течение 2 месяцев отмечали гибель крыс, определяя продолжительность жизни павших животных и число излеченных животных. Излеченными считали выживших через 2 месяца после воздействия крыс, у которых опухоль не пальпировалась.

Полученные результаты (рис. 2) показали, что препарат проспицина в виде гидрогелей обладает повышенной эффективностью противоопухолевого действия по сравнению с инъекционной формой проспицина. Так излеченность животных под действием проспицина в дозе 500 мг/кг наблюдалась у 3 из 8 крыс (37,5%), в дозе 1000 мг/кг – у 5 из 8 крыс (62,5%). Такие же дозы проспицина (500 и 1000 мг/кг) в составе заявляемых лекарственных форм в виде гидрогелей излечили 7 из 8 (87,5%) и 8 из 8 (100%) крыс соответственно.

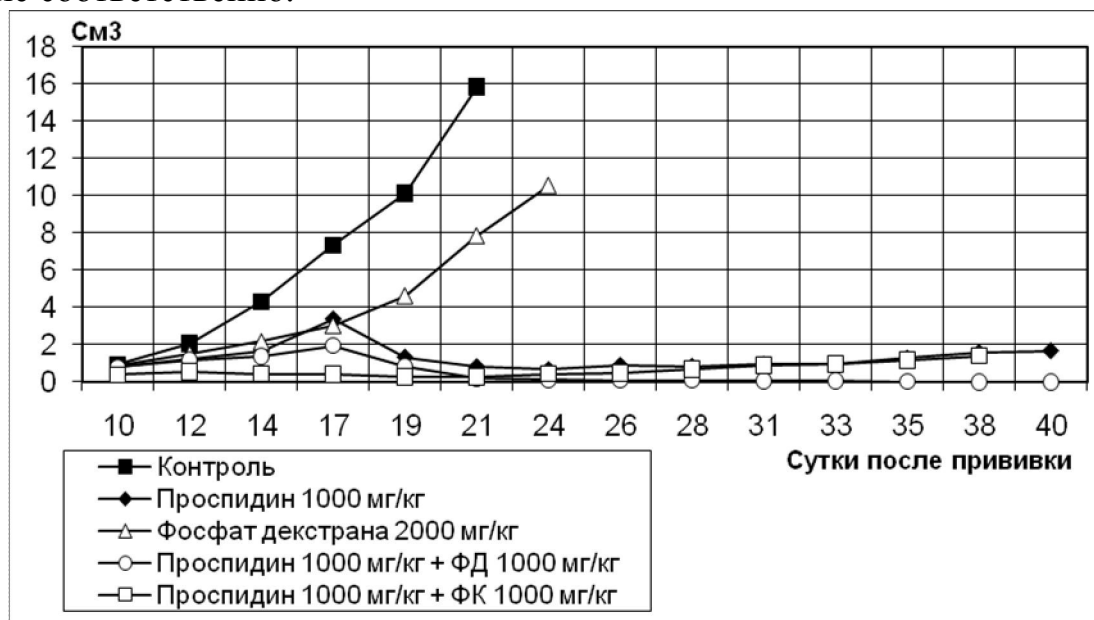


Рис. 2. Динамика роста опухоли Са М-1 (см³) крыс в контроле, после внутривбрюшинного введения проспицина в дозе 1 000 мг/кг, фосфат декстрана в дозе 2000 мг/кг и пролонгированных форм проспицина с ФД и ФК

Таким образом, предлагаемый препарат проспицина на основе ФД обеспечивает повышение (приблизительно в 2 раза) эффекта противоопухолевого действия проспицина [2].

Литература

1. Голуб Н. В., Беляев С. А., Алиновская В. А., Костерова Р. И., Юркштович Т. Л., Бычковский П. М. Влияние условий получения на структуру и свойства гидрогелей фосфатов крахмала // Труды III Международной научно-практической конференции молодых ученых «Жас Галым – 2009», Тараз, Казахстан, 16–18 апреля 2009. – С. 184–188.

2. Отчет о доклиническом изучении токсичности модифицированных полисахаридов и их влияние на противоопухолевую активность проспирина. Минск: Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова», 2009.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г. УФЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Т. Б. Фащевская, А. Р. Хабибова, Л. В. Федосова

Уфимский государственный авиационный технический университет

Город Уфа является региональным центром химической промышленности, нефтепереработки, машиностроения. В Уфе сосредоточено около 200 крупных и средних промышленных предприятий.

Качество поверхностных вод на территории г. Уфы формируется под влиянием гидрохимического состава подземных вод, сбросов сточных вод с объектов экономики, поверхностного стока с близлежащих сельскохозяйственных угодий, лесов, а также транзита загрязняющих веществ из соседних областей. Большая часть загрязняющих веществ сбрасывается предприятиями ОАО «Уфанефтехим», МУП «Уфаводоканал». Постоянный характер носит загрязнение подземных вод токсичными веществами в северной промышленной зоне г. Уфы в районе накопителей ОАО «Уфахимпром», ОАО «НУНПЗ», ОАО «Уфимский НПЗ», ОАО «Уфанефтехим» и ОАО «Уфаоргсинтез».

В пределах города протекает р. Белая, которая является важнейшей водной артерией. В нее впадают реки Уфа, Дёма и Сутолока. По территории города протекает также р. Шугуровка, правый приток р. Уфа. В черте г. Уфа находится озеро Кашкадан, приуроченное к правобережной высокой пойме р. Уфы. В таблице приведены характеристики рек, протекающих в пределах г. Уфы.

Характеристика рек, протекающих в пределах г. Уфы

Водоток	Площадь водосбора в пределах г. Уфы, км ²	Средний многолетний расход воды, м ³ /с
Белая	256,2	755
Уфа	355,1	370
Шугуровка	90,6	0,46
Дема	39,3	45
Сутолока	23,6	0,07

Поверхностные водные объекты г. Уфы являются основными источниками водоснабжения и приемниками сточных вод предприятий.

Следствием этого является высокая антропогенная нагрузка на водные объекты и существенное изменение их природного качества.

Из-за большой концентрации на территории города нефтеперерабатывающих и химических предприятий водные объекты загрязнены органическими веществами, определяемыми по ХПК и БПК₅, нефтепродуктами, фенолами. Нефтепродукты представляют собой смесь углеводородов, а также индивидуальные химические соединения, получаемые из нефти и нефтяных газов. К нефтепродуктам относятся различные виды топлива (бензин, дизельное топливо, керосин и др.), смазочные материалы, электроизоляционные среды, растворители, нефтехимическое сырье. Фенолы используются в производстве фармацевтических препаратов, ПАВ, пестицидов, пластмасс, лаков, красителей. В больших количествах они образуются при переработке древесины и коксовании угля. В связи с этим оценка загрязнения водных объектов города Уфы органическими соединениями за многолетний период является актуальной.

Загрязнение водных объектов и почвенного покрова фенолами происходит также за счет выбросов промышленных предприятий в атмосферу, откуда они попадают в воду в результате сухих выпадений и с атмосферными осадками. Также существует опасность возникновения внештатных ситуаций. Примером может служить попадание нескольких сотен килограммов фенола с промплощадки «Химпрома» весной 1990 года по р. Шугуровке в р. Уфу, затем в южный питьевой водозабор г. Уфы, где уровень загрязнения составил 32 ПДК. Уровень содержания фенола в р. Шугуровке ниже УПО «Химпром» и в устье составил 98000 ПДК и 101000 ПДК соответственно. Существенны превышения нормативов качества в водотоках и из-за сброса сточных вод предприятиями жилищно-коммунального хозяйства (18–34 ПДК).

На рис. 1 приведены графики изменения среднегодовых значений концентраций загрязняющих веществ, фиксируемых по показателям ХПК и БПК₅, нефтепродуктов и фенолов. Как видно из рисунка, величина ХПК за период с 1980 по 2007 год никогда не опускается до уровня ПДК_{рх}, а максимальные среднегодовые его значения достигают 4,4 (р. Белая, 1984 г.) – 5,1 (р. Дема, 1992 г.) ПДК_{рх}. Самая маленькая средняя годовая величина ХПК зафиксирована в воде р. Уфы и составляет 1,1 ПДК_{рх}. Диапазон варьирования ХПК наиболее широк в воде р. Дема (19–77 мг/л), от 20 до 62 мг/л меняются среднегодовые значения ХПК в воде р. Шугуровке. Тенденция снижения содержания загрязняющих веществ, фиксируемых по показателю ХПК, наиболее выражена в воде р. Дема и наименее – в воде р. Уфа.

Максимальные среднегодовые значения БПК₅ наблюдались в воде рек Шугуровка в 2000 г. и Белая в 1968 г. Они составляли 2,2 и 2 ПДК_{рх} соответственно. В этих же водотоках заметен наибольший разброс определяемых величин. С 1995 по 2007 год концентрация органических веществ, устанавливаемая по БПК₅, во всех исследуемых створах опускается ниже ПДК_{рх}.

Среднегодовое содержание нефтепродуктов в водных объектах снижалось до значения ПДК_{рх} лишь в период с 1999 по 2005 г. Максимальные среднегодовые концентрации нефтепродуктов достигают 24 ПДК_{рх} (р. Шугуровка, 1984 г.) Уровень содержания нефтепродуктов в водных объектах в период с начала 1980-х годов до 1994 г. характеризуется как экстремально высокое загрязнение, а экологическая обстановка – как критическая.

Среднегодовое содержание фенолов в водных объектах превышает предельно допустимые концентрации в большую часть исследуемого периода и лишь в отдельные годы опускается ниже ПДК. Концентрация фенолов в 1969 г. в р. Белой (92 ПДК_{рх}) и в 1968 г. в р. Уфа (65 ПДК_{рх}) оценивается как экстремально высокое загрязнение. В эти годы обстановка рек характеризовалась как кризисная (чрезвычайная экологическая ситуация). В водотоках Дема и Шугуровка экологическая ситуация является напряженной, так как среднегодовые значения содержания фенолов в воде этих рек изменяются от 0 до 0,008 мг/л и до 0,032 мг/л соответственно.

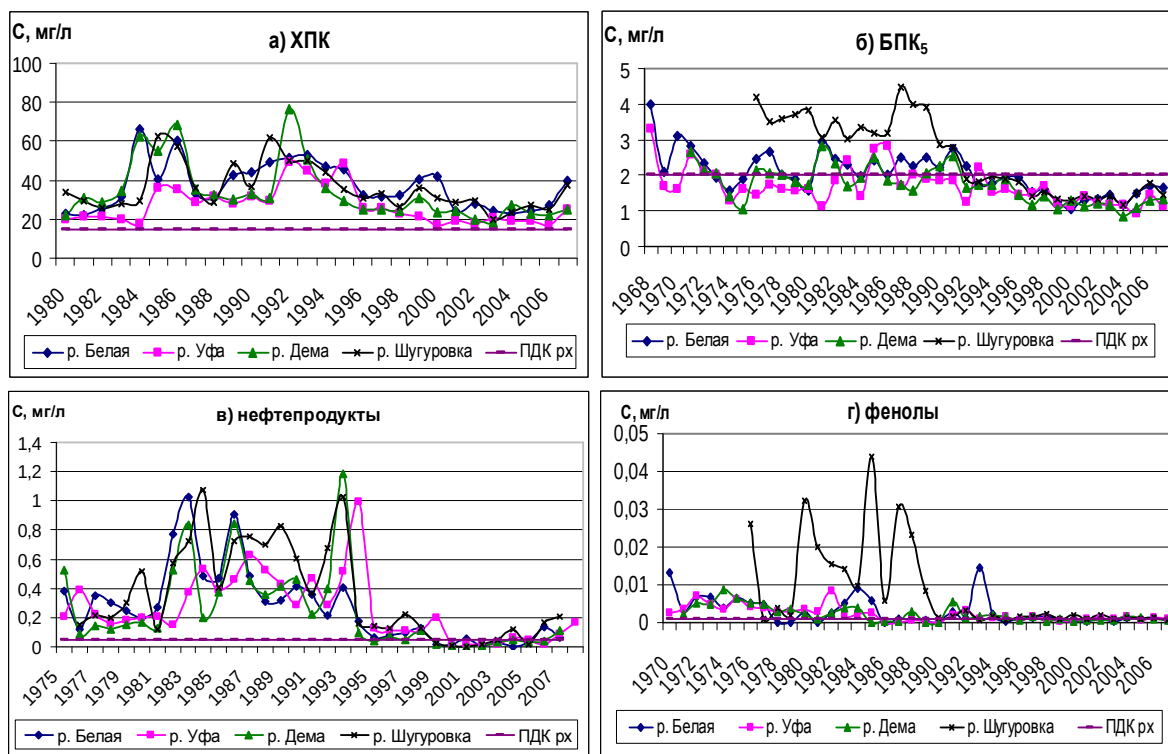


Рис. 1. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ, фиксируемых по показателям ХПК и БПК₅, нефтепродуктов и фенолов в водотоках г. Уфы в исследуемых створах

БИОДЕСТРУКЦИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТОКОРРЕКТИРУЮЩЕЙ ПЛЕНКИ В КОМПЛЕКСЕ С МИНЕРАЛЬНОЙ ПОДКОРМКОЙ

Д. А. Филатов, Л. И. Сваровская, Л. К. Алтунина

Институт химии нефти СО РАН

Нефть – самый распространенный источник топлива в мире и относится к наиболее опасным загрязнителям биосферы. Химическое загрязнение почвенного покрова происходит практически на всех стадиях технологического процесса нефтедобычи.

Ранее нами было показано, что с применением светокорректирующих пленок в качестве укрывного материала нефтезагрязненной почвы возрастает численность основных физиологических групп микроорганизмов и их биохимическая активность, при этом деградация нефти в почве протекает значительно интенсивнее как в естественных, так и в контролируемых лабораторных условиях [1,2]. Но нефтяное загрязнение почвы ведет к исчезновению нитратного азота. Обусловлено это как подавлением жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий, развитие которых угнетается избытком углеродсодержащих соединений и продуктов их распада, так и сдвигом соотношения C:N. В нефтезагрязненных почвах это соотношение может достигать 400-420:1 по сравнению с 17:1 для незагрязненной почвы. Вероятно, обволакивание почвенных частиц нефтяной пленкой препятствует миграции подвижных соединений азота в раствор. Поэтому без дополнительного внесения азотистых субстратов в нефтезагрязненную почву невозможно добиться более глубокой биодеградации нефти [3].

Целью работы было исследовать совместное влияние света, трансформированного светокорректирующей пленкой и минерального питательного субстрата на биодеградацию углеводородов нефти загрязняющих почву.

Полевые эксперименты проводили в летний период с 1 июня по 1 сентября. Для этого лизиметры с загрязненной почвой накрывали светокорректирующей пленкой ФЕ и обычной пленкой ПЭВД. Загрязнение почвы нефтью в концентрации 60 г/кг (6 %). Контролем была загрязненная почва с применением обычной и светокорректирующей пленки без минерального удобрения (подкормки), а также пленка ПЭВД с внесением подкормки. В качестве минерального питательного субстрата вносили минеральное удобрение «Унифлор» один раз в месяц.

Результаты опытов, проводимых в открытой среде в течение трех месяцев, показали, что солнечный спектр, трансформированный люминофорами полимерной пленки марки ФЕ, стимулирует рост численности аборигенной почвенной микрофлоры на 1–2 порядка, с применением подкормки на 3–4 порядка (рис. 1).

Рост численности микроорганизмов сопровождается повышением их ферментативной активности, которая обеспечивает процессы деструкции углеводородов нефти. Биохимическую активность нефтезагрязненной

почвы изучали на примере каталазы, дегидрогеназы, полифенолоксидазы, пероксидазы и уреазы.

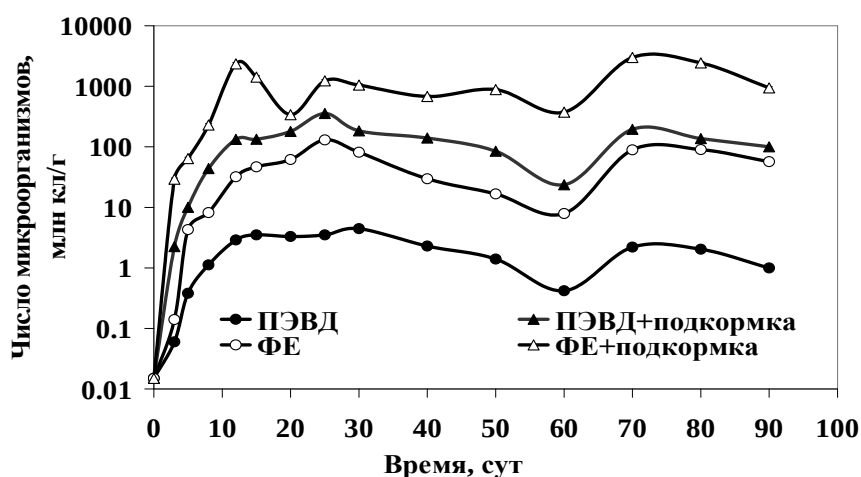


Рис. 1. Динамика численности гетеротрофных бактерий

Высокоактивный кислород, образующийся при участии каталазы, обеспечивает доступным кислородом микроорганизмы, участвующие в процессах разложения углеводов. Дегидрогеназы входят в состав дыхательных ферментов и катализируют реакцию дегидрирования (отщепления водорода). Они являются важнейшими деструкторами углеводов нефти и характеризуют общую метаболическую активность почвенной микрофлоры. Пероксидаза катализирует окисление полифенолов, разлагает не только различные фенолы, но и ароматические амины: пирогаллол, гидрохинон, пирокатехин, ортокрезол, т.е. гетероатомные соединения нефти. Пероксидаза наряду с полифенолоксидазами участвует в образовании гумуса в почве. Уреаза – фермент, с действием которого связаны процессы гидролиза и превращения азота в доступную форму для микроорганизмов.

Активность изучаемых ферментов в почве с применением светокорректирующей пленки ФЕ увеличивается в 2–2,5 раза по сравнению с почвой под обычной пленкой ПЭВД и в 5–6 раз с использованием пленки ФЕ и минерального удобрения.

Применение светокорректирующей пленки в качестве укрывного материала совместно с минеральным удобрением способствует восстановлению активностей окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов в загрязненной нефтью почве. Значительное повышение ферментативной активности свидетельствует о более интенсивных процессах биодеструкции нефтяного загрязнения в почве.

Оценка процессов биодеструкции показала, что в варианте с использованием светокорректирующей пленки ФЕ утилизация нефти за 90 суток составила 41 г/кг (68 %), в контроле (пленка ПЭВД) – 23 г/кг (37 %). Деструкция нефти с применением пленки ФЕ + подкормка составила 55 г/кг (92 %), в варианте – пленка ПЭВД + подкормка – 43 г/кг (72 %).

Процессы микробного окисления нефти значительно усиливаются в варианте с применением опытной пленки и внесением подкормки. Об этом

свидетельствуют данные ИК, ЯМР-спектроскопии, элементного анализа и ГЖХ остаточных компонентов нефти, экстрагированных из почв.

Результаты хроматографического анализа остаточных углеводородов нефти представлены на рис. 2. Наиболее глубокие процессы биодеструкции углеводородов наблюдались в варианте с применением опытной пленки и подкормки. В конце эксперимента практически полностью элиминировали все н-алканы и изоалканы (рис. 2,б).

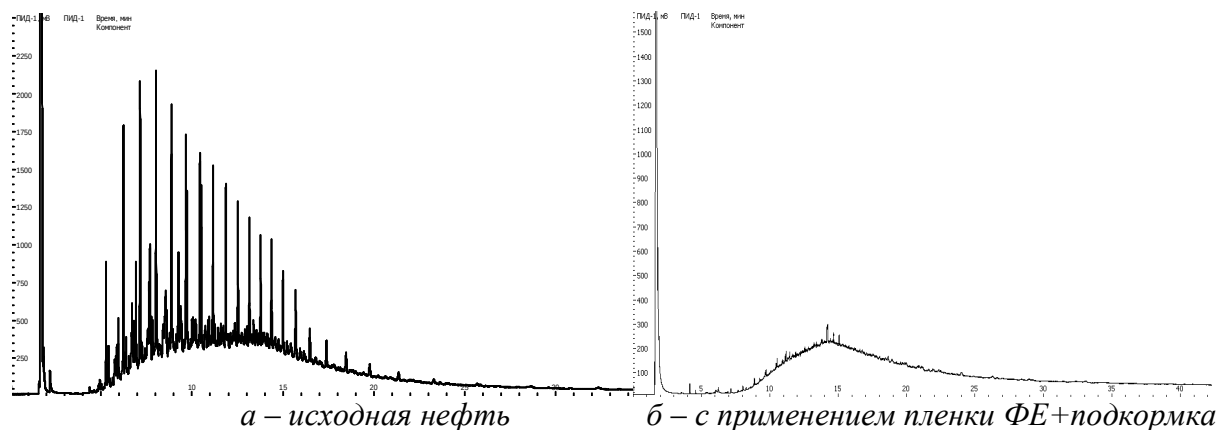


Рис. 2. Хроматограммы исходной (а) и биodeградированной (б) нефти

Таким образом, применение светокорректирующей пленки в качестве укрывного материала нефтезагрязненной почвы, в сочетании с минеральным удобрением позволяет интенсифицировать обменные процессы в нефтезагрязненной почве: активизировать рост почвенной микрофлоры разных физиологических групп, усилить ферментативную активность почвы и, в конечном счете, значительно ускорить биodeградацию нефтяного загрязнения в почве. При этом деструкция нефтяного загрязнения за один вегетационный период проходит более чем на 90 %.

На основании полученных данных может быть предложен принципиально новый экономичный метод биоремедиации нефтезагрязненных почв с помощью светокорректирующих пленок в комплексе с азотистым удобрением.

Литература

1. Сваровская Л. И., Алтунина Л. К., Филатов Д. А. Полимерные материалы для фотолюминесцентной активации аборигенной микрофлоры нефтезагрязненных почв // Прикладная биохимия и микробиология. – 2008. – Т. 44, № 6. – С. 647–652.
2. Сваровская Л. И., Алтунина Л. К., Филатов Д. А. Влияние УФ-излучения, на ферментативную активность нефтезагрязненных почв // Сибирский экологический журнал. – 2008. – № 3. – С. 457–463.
3. Середина В. П., Бурмистрова Т. И., Терещенко Н. Н. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 270 с.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА. ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>Ананина И. А.</i> Исследование суммарного потока обращений в двухфазной бесконечнолинейной СМО с повторными обращениями.....	3
<i>Балабойко О. С., Гарайшина И. Р.</i> Исследование процесса изменения величины страхового капитала пенсионного фонда как компоненты многомерного случайного процесса	6
<i>Борисов В. Г., Штаб Е. И.</i> Численное исследование мультипликаторов периодических решений системы Ресслера	10
<i>Брусенцова А. А., Новик И. М.</i> Построение кольца инвариантов линейной группы с использованием системы Mathematica.....	13
<i>Бублик Я. С.</i> Вероятность разорения страховой компании при дважды стохастическом потоке страховых выплат.....	16
<i>Горбатенко А. Е., Лопухова С. В.</i> Исследование $SM M \infty$ в условиях предельно редких изменений состояний SM-потока и растущего времени обслуживания.....	20
<i>Григорьева И. В., Теплова И. Л.</i> Математическое моделирование взаимодействия волн с погруженным в идеальную несжимаемую жидкость твердым телом методом граничных элементов.....	23
<i>Даммер Д. Д.</i> Характеристики капитала страховой компании с учетом инвестиций в безрисковые активы и при наличии неявной рекламы.....	23
<i>Жалкеева М. Д., Ивановская И. А.</i> Исследование системы массового обслуживания $MMR^{(2)} / M / \infty$ методом моментов.....	29
<i>Зыков И. Ю., Боровикова А. П., Гришаева Е. А.</i> Моделирование распространения волны горения конденсированных взрывчатых веществ...	32
<i>Ивановская И. А., Моисеева С. П.</i> Немарковская модель параллельного обслуживания сдвоенных заявок.....	35
<i>Капустин Е. В., Бабенко Е. А.</i> Вероятность разорения для классической модели страховой компании с учетом возможности одновременного наступления нескольких страховых случаев.....	38
<i>Капустин Е. В., Михайленко М. С.</i> Вероятность разорения для модели страховой компании с пуассоновским потоком взносов и с учетом издержек, равномерных по времени.....	41
<i>Караваев А. М.</i> Эффективность параллельной реализации метода динамического программирования для подсчета количества простых циклов в графе.....	43
<i>Козлова С. С.</i> Оптимизирующий прогноз движения населения города....	46
<i>Кокшенёв В. В.</i> Анализ времени простоя управляющей процедуры протокола транспортного уровня при селективном режиме отказа в многозвенном тракте.....	49
<i>Кузьменкова О. В., Власенко В. Д.</i> Численное моделирование задачи движения электропроводящей жидкости.....	51

Лапатин И. Л. Условие предельно частых изменений состояний управляющей цепи ММР-потока.....	53
Ложкин А. Г., Тимофеев А. И. О суперпозиции эллипса и окружности..	56
Любина Т. В., Назаров А. А. Исследование динамической RQ-системы с конфликтами заявок.....	57
Матанцева Д. Н. Прогнозирование индекса пассажирооборота общего пользования.....	62
Назаров А. А., Семенова И. А. Исследование RQ-системы методом асимптотического анализа.....	65
Новикова И. В. Расчет дисперсий численности возрастных групп в модели движения населения территории.....	69
Попкова Ю. А., Власенко В. Д. Численное моделирование электрофизических характеристик материала проводника с малыми диэлектрическими порами.....	72
Прокудин Д. А., Трофимова О. С. Численное решение одномерных уравнений баротропных течений двухкомпонентных смесей вязких сжимаемых жидкостей.....	75
Рейн Т. С., Кленче В. Н. Бессеточный метод конечных элементов для моделирования взаимодействия гравитационных течений с вертикальной преградой.....	78
Ронжина Е. С., Ивановская И. А. Исследование системы массового обслуживания $MMP^{(2)} GI _{\infty}$ методом просеянного потока.....	81
Санникова М. В., Гарайшина И. Р. Исследование n -фазной системы массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих приборов и произвольным распределением времени обслуживания.....	84
Сергеева В. В., Моисеева С. П. Исследование системы массового обслуживания $GI^{(2)} GI _{\infty}$ методом просеянного потока.....	88
Ситдикова А. Т. Минимальные неассоциативные кольца.....	90
Сотникова А. А. Применение кластерного анализа при исследовании нервно-психических заболеваний.....	92
Сотникова А. А., Камбург В. Г. Исследование санитарных потерь методом кластерного анализа.....	95
Судыко Е. А., Назаров А. А. Допредельные характеристики RQ-системы с конфликтами заявок.....	97
Шульц Д. Н. Методы косвенного оценивания межрегиональных связей..	100
Шульц М. Н. Вычислимые модели общего экономического равновесия..	103

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Абрамов М. А. База знаний как механизм поддержки принятия решений в системе управления информационной безопасностью на предприятии	106
Алексеев С. Е. Разработка сайта «Научная работа АСФ КемГУ» средствами .NET.....	109
Анпилова О. В., Киргизова Е. В. Изучение темы «Логические схемы» с использованием теста учебной деятельности.....	110

Богунова Е. И. Проведение финансового анализа в «1С: Предприятие».....	113
Войтиков К. Ю., Тумаев П. Н. Построение архитектуры сервера распределенных вычислений.....	115
Гурова Е. И., Киргизова Е. В. Особенности реализации задачного подхода в обучении рекурсии в курсе информатики.....	119
Змеев О. А., Малахов К. С. Возможности интеграции ERP-систем, используемых в автомобильном бизнесе, на примере Incadea и 1С: Предприятие.....	121
Иванов Р. К. Разработка программы защиты персональной информации на компьютерах общего пользования.....	125
Красногорская Н. Н., Фащевская Т. Б., Нечаева Ц. В., Янгирова Э. Р., Волков Я. С. Создание информационно-аналитической базы данных «Сведения о гидрометеорологических характеристиках водотоков бассейна р. Белой».....	127
Мангазеев В. В., Орлов А. Б. Расчет показателей мотивации персонала отдела материально-технического снабжения в конфигурации «Управление торговлей».....	130
Медведева М. Ю., Бабушкин Ю. В. Применение пакета прикладных программ Comsol Multiphysics для решения задачи тепломассообмена при росте кристалла.....	131
Моисеев А. Н., Синяков М. В. Основные классы ядра системы имитационного моделирования процессов массового обслуживания.....	134
Орлов А. Б., Челнаков А. К. Учет деятельности автомобильной стоянки на платформе 1С: Предприятие 8.0.....	136
Поддубный В. В., Шевелев О. Г., Кравцова А. С., Фатыхов А. А. Словарно-аналитический блок системы «Стилеанализатор».....	138
Прокудин А. Н. Оценка эффективности алгоритмов решения задачи размещения.....	140
Решетов А. Н. Организация электронного обучения через интерактивный информационно-обучающий интернет-сайт филиала.....	143
Рогачев Д. В. Современные технологии автоматизации процесса производства сахара.....	146
Рыжова Е. Л. Деловая экономическая игра.....	149
Смирнова О. М., Киргизова Е. В. Использование матрицы обученности при составлении комплекса задач по моделированию в курсе информатики.....	151
Фазлутдинов М. Р. Модуль CMS для работы с базами данных.....	154
Шадрина А. Е., Шкуркин А. С. Автоматизация деятельности по учету лиц, отбывающих наказание в местах лишения свободы за совершение преступления (на примере колонии поселения).....	157

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Волкова Л. Н. Проблемы регулирования правоотношений, связанных с оплатой труда.....	159
--	-----

Головина О. В. Социальное управление: законы, закономерности, принципы.....	161
Зеленая Л. Г., Котлубовская Н. В. Стратегический анализ внешней среды функционирования организации (на примере МУ «ЦСОН Беловского района»).....	164
Косачёва А. А. Совершенствование системы оценки эффективности работы лечебно-профилактического учреждения (на примере ГМУ «Детский клинический психоневрологический санаторий № 1»).....	167
Кутузова К. Ю. Сущность венчурного капитала и особенности его формирования.....	169
Мезенцева О. Ю. Обзор реформирования системы оплаты жилья.....	172
Микрюкова М. Л., Козлова Е. В. Социальное развитие муниципального образования на примере Ижморского района.....	175
Тихонова О. В. Потребительская корзина и выбор потребителя.....	177
Трутнева А. П. К вопросу об увеличении стоимости чистых активов паевых инвестиционных фондов.....	180
Чернышева Д. А. Формирование рынка клининговых услуг в г. Новокузнецке.....	182
Щепетов А. В., Рыжих М. А., Голоктионова Е. И. Экономико-математическое обоснование вариантов модернизации технологической линии обогащения угля.....	184

БИОЛОГИЯ, ХИМИЯ, ФИЗИКА

Адамчик Д. А., Соломевич С. О., Дрепаков Е. Г., Бычковский П. М. Изучение закономерностей сорбции цисплатина карбоксилсодержащими целлюлозами	188
Акинчина Л. В., Могилина А. А., Гордеева Л. А. Запаховое предпочтение в зависимости от аллеля HLA-DRB1 при выборе партнера	191
Ананьева М. В., Звеков А. А., Каленский А. В. Моделирование кинетики взрывного разложения азида серебра при локальном инициировании	193
Байкина Л. К., Кулагина Ю. М., Кузьмина Л. В. Разложение азида серебра в магнитном поле	196
Боровикова А. П., Звеков А. А., Кригер В. Г., Каленский А. В. Определение пространственно-временных характеристик волны взрывного разложения	198
Васильева О. В., Исаев Ю. Н. Расчет индуктивности модели коаксиального магнитоплазменного ускорителя	201
Гришаева Е. А., Звеков А. А., Кригер В. Г., Каленский А. В. Моделирование взрывного разложения азида серебра с учетом разогрева	203
Еремеева Г. О., Аникушина А. М., Суровая В. Э. Термопревращения в наноразмерных слоях висмута	206
Еремеева Г. О., Борисова Н. В. Термостимулированные процессы в предварительно активированных тонких пленках MoO_3	209

Иванова И. К., Шиц Е. Ю. Использование кинетических критериев процесса растворения тяжелых нефтяных отложений в различных реагентах для оценки их эффективности	212
Колмогорова О. Н., Звеков А. А. Моделирование физико-химических процессов в электрическом поле	214
Красильникова К. С. Антитела к стероидным гормонам у женщин с привычным невынашиванием беременности	217
Макарченко О. С., Гордеева Л. А., Глушкова О. А., Остапцева А. В., Воронина Е. Н. Полиморфизм IL1AR*, IL6* и CYP1A2 *1F при невынашивании беременности у женщин	219
Семенов М. Е., Шиц Е. Ю. Исследование фазового превращения гидрата метана с помощью ДСК высокого давления	221
Соловьев Н. В., Голяш Н. В., Газенаур Е. Г. О росте кристаллов солей серебра в электрическом поле	224
Соломевич С. О., Голуб Н. В., Алиновская В. А., Костерова Р. И., Бычковский П. М., Адамчик Д. А., Никишев П. А. Иммобилизация проспирина гидрогелями фосфатов декстрана и крахмала	226
Фащевская Т. Б., Хабибова А. Р., Федосова Л. В. Загрязнение водных объектов г. Уфы органическими веществами	229
Филатов Д. А., Сваровская Л. И., Алтунина Л. К. Биодеструкция нефтяного загрязнения с применением светокорректирующей пленки в комплексе с минеральной подкормкой	232

Научное издание

Научное творчество молодежи

Материалы XIV Всероссийской
научно-практической конференции
15–16 апреля 2010 г.

Часть 1

Редактор – В. Г. Лихачева

Компьютерная верстка – Т. В. Любина

Подписано в печать 22.03.2010

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная №1.

Печать офсетная.

Печ. л. 15,0; усл. печ. л. 14,0; уч.-изд. л. 14,5.

Тираж 300 экз. Заказ 239

ОАО «Издательство ТГУ», 634029, г. Томск, ул. Никитина, 4.

Типография «Иван Федоров», 634003, г. Томск, Октябрьский ввоз, 1.