



УДК 518.12

**А.А. Базарбекова**

ВКГУ, г. Усть-Каменогорск

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РИТЦА В СЛУЧАЕ ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ ОБЫКНОВЕННОГО  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ**

Рассмотрим обыкновенное дифференциальное уравнение

$$p_0(x)y'' + p_1(x)y' + p_2(x)y = F(x), \quad (1)$$

коэффициенты которого  $p_1(x)$ ,  $p_2(x)$  и правая часть  $F(x)$  непрерывны в интервале  $(a, b)$ , причем функция  $p_0(x)$  не обращается в нуль и непрерывно дифференцируема в  $(a, b)$ .

Умножая обе части уравнения (1) на функцию  $\frac{1}{p_0(x)} \cdot e^{\int \frac{p_1(x)}{p_0(x)} dx}$ ,

всегда можно привести уравнение (1) к так называемому самосопряженному виду [1]

$$Ly = -\frac{d}{dx} \left[ p(x) \frac{dy}{dx} \right] + q(x)y = f(x). \quad (2)$$

Заметим, что здесь  $p(x) = e^{\int \frac{p_1(x)}{p_0(x)} dx}$  всегда положительна и непрерывно дифференцируема в  $(a, b)$ .

Самосопряженное уравнение общего вида (2) всегда можно привести к виду

$$-y'' + Q(x) = g(x) \quad (3)$$

заменой независимой переменной  $t = \int \frac{1}{p(x)} dx$  [1].

Будем искать решение дифференциального уравнения (2), непрерывное вместе со своей первой производной на отрезке  $a \leq x \leq b$  и удовлетворяющее на концах этого отрезка краевым условиям:

$$\left. \begin{aligned} \alpha u'(a) - \beta u(a) &= 0 \\ \gamma u'(b) + \delta u(b) &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – постоянные.

Относительно данных мы сделаем следующие допущения:

- 1) на отрезке  $[a, b]$   $p'(x)$  и  $q(x)$  непрерывны;
- 2) на этом же отрезке  $p(x) > 0$ ,  $q(x) \geq 0$ ;
- 3) функция  $p(x)$  может обращаться в нуль на концах интервала  $(a, b)$ ;
- 4) постоянные  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – неотрицательны, причем  $\alpha^2 + \beta^2 > 0$  и  $\gamma^2 + \delta^2 > 0$ .

За область определения  $D_L$  оператора  $L$  примем множество функций, которые на отрезке  $a \leq x \leq b$  непрерывны вместе со своими первыми и вторыми производными и удовлетворяют краевым условиям (4).

Если интеграл  $\int_a^b \frac{dx}{p(x)}$  сходится и если хотя бы одно из чисел  $\beta$  и  $\delta$  отлично от нуля,

то можно показать [2], что оператор  $L$  положительно определенный.

Тогда задача об интегрировании уравнения (2) при краевых условиях (4) сводится, если  $\alpha \neq 0$  и  $\gamma \neq 0$ , к отысканию функции, реализующей минимум функционала [2]

$$F(u) = \frac{\beta}{\alpha} p(a) u^2(a) + \frac{\delta}{\gamma} p(b) u^2(b) + \int_a^b [p(x) u'^2(x) + q(x) u^2(x) - 2f(x)u(x)] dx. \quad (5)$$

Если  $\alpha = 0$  или  $\gamma = 0$ , то  $y(a) = 0$  или  $y(b) = 0$ , то соответствующие слагаемые справа в (5) надо отбросить. В частности, если  $\alpha = \gamma = 0$ , так что условия (4) принимают вид

$$y(a) = y(b) = 0, \quad (6)$$

то

$$F(u) = \int_a^b [p(x) u'^2(x) + q(x) u^2(x) - 2f(x)u(x)] dx. \quad (7)$$

Минимизация функционалов (5) или (7) может быть, в частности, осуществлена методом Ритца.

Заметим, что изложенная теория применима, в частности, в случае, когда  $p(x) \geq p_0$ ,  $a \leq x \leq b$ , где  $p_0$  – положительная постоянная.

Если же  $p(a) = 0$  или  $p(b) = 0$ , то уравнение (2) называется соответственно вырождающимся в точке  $x = a$  или  $x = b$ . Эти случаи требуют особого исследования. Точки  $x = a$  или  $x = b$  в этих случаях называются особыми точками.

При исследовании поведения решений уравнения (2) в окрестности особых точек имеет важное значение следующая теорема [3].

Рассмотрим однородное уравнение

$$-\frac{d}{dx}[p(x)] + q(x)u = 0, \quad (8)$$

в котором функция  $p(x)$  обращается в нуль в точке  $x = a$ , и в окрестности этой точки оно имеет вид

$$p(x) = (x-a)^\alpha \varphi(x), \quad \varphi(a) \neq 0, \quad \alpha > 0,$$

причем функция  $\varphi(x)$  непрерывна в точке  $x = a$  и её окрестности.

Теорема. Пусть  $y_1(x) = (x-a)^m u_1(x)$ ,  $u_1(a) \neq 0$ ,  $m \geq 0$  есть решение уравнения (8) и  $u_1(x)$  непрерывна в точке  $x = a$  и её окрестности. Тогда любое другое решение уравнения (8), линейно независимое с  $y_1(x)$ , в окрестности  $x = a$  имеет вид

$$y_2(x) = \psi_2(x) + (x-a)^{-m+\alpha+1} \cdot u_2(x), \quad \text{если } 2m + \alpha \neq 1,$$

$$y_2(x) = \psi_2(x) + u_2(x) \ln(x-a), \quad \text{если } 2m + \alpha = 1.$$

Здесь  $\psi_2(x)$  и  $u_2(x)$  ограничены в окрестности  $x = a$  и  $u_2(a) \neq 0$ .

Рассмотрим далее следующий оператор:

$$L_{\beta}u = -\frac{d}{dx}\left[x^{\beta}\frac{du}{dx}\right], \quad 0 < x \leq 1. \quad (9)$$

1 случай:  $\beta = 0$ , тогда

$$L_0u = -\frac{d^2u}{dx^2}, \quad 0 < x \leq 1. \quad (10)$$

Мы рассматриваем оператор  $L_0u$  в пространстве  $L_2(0, 1)$ .

За область определения  $D(L_0)$  оператора  $L_0$  возьмем множество функций  $u$ , удовлетворяющих следующим двум требованиям:

$$u \in C^2[0, 1], \quad (11)$$

$$u(0) = u(1) = 0. \quad (12)$$

С помощью неравенства Фридрихса [2] легко доказать положительную определенность оператора  $L_0$ .

2 случай:  $0 < \beta < 1$ .

Рассмотрим уравнение  $Au = 0$ , т.е.

$$-\frac{d}{dx}\left[x^{\beta}\frac{du}{dx}\right] = 0, \quad 0 < x \leq 1. \quad (13)$$

Из (13) имеем  $x^{\beta}\frac{du}{dx} = c_1$ , где  $c_1$  – произвольная постоянная,  $\frac{du}{dx} = \frac{c_1}{x^{\beta}}$ ,  $0 < x \leq 1$ , отсюда, интегрируя, имеем:

$$u(x) = \int \frac{c_1}{x^{\beta}} dx = c_1 \frac{x^{1-\beta}}{1-\beta} + c_2. \quad (14)$$

Из (14) следует, что

$$u(0) = c_2, \quad u(1) = \frac{c_1}{1-\beta} + c_2, \quad (15)$$

т.е. если мы зададим  $u(0)$  и  $u(1)$ , то из (15) однозначно определяются  $c_1$  и  $c_2$ , и, следовательно, из (14) – соответствующее решение.

Итак, в рассматриваемом случае целесообразно ставить следующую краевую задачу:

$$u(0) = A, \quad u(1) = B, \quad (16)$$

где  $A$  и  $B$  – заранее заданные постоянные.

Далее, для удобства  $L_{\beta}$  обозначим через  $A$ .

За область  $D(A)$  определения оператора  $A$  примем множество функций, которые на отрезке  $0 \leq x \leq 1$  непрерывны вместе со своими первыми и вторыми производными и которые удовлетворяют краевым условиям

$$u(0) = u(1) = 0. \quad (17)$$

Докажем, что оператор  $A$  симметричен. Множество  $D(A)$  содержит множество финитных на отрезке  $[0; 1]$  функций, а множество этих финитных функций, как известно, плотно в  $L_2(0; 1)$ , следовательно, множество  $D(A)$  плотно в  $L_2(0; 1)$ .

Для установления симметричности оператора нам достаточно проверить только тождество

дество

$$(Au, v) = (u, Av), \quad u \in D(A), \quad v \in D(A).$$

С этой целью составим скалярное произведение  $(Au, v)$ , где обе функции  $u, v \in D(A)$ , в частности удовлетворяют условиям (17).

С помощью интегрирования по частям мы имеем

$$(Au, v) = - \int_0^1 \frac{d}{dx} \left[ x^\beta \frac{du}{dx} \right] v(x) dx = - \left[ v \cdot x^\beta \frac{du}{dx} \right]_0^1 + \int_0^1 x^\beta \frac{du}{dx} \frac{dv}{dx} dx.$$

Учитывая, что  $v(1) = 0$  и  $x^\beta = 0$  при  $x = 0$ , получим

$$(Au, v) = \int_0^1 x^\beta u' v' dx. \quad (18)$$

Точно так же можно показать, что

$$(u, Av) = \int_0^1 x^\beta u' v' dx. \quad (19)$$

Из (18) и (19) следует, что  $(Au, v) = (u, Av)$ , т.е. оператор  $A$  симметричен.

Покажем теперь положительную определенность оператора  $A$ . Из (18) имеем

$$(Au, u) = \int_0^1 x^\beta u'^2(x) dx. \quad (20)$$

Пусть  $u \in D(A)$ , т.е.  $u \in C^2[0;1]$  и  $u(0) = u(1) = 0$ .

С помощью формулы Ньютона-Лейбница, учитывая, что  $u(1) = 0$ , имеем  $u(x) = - \int_x^1 u'(t) dt$ , или, применяя далее неравенство Коши-Буняковского, получим:

$$\begin{aligned} u^2(x) &= \left[ - \int_x^1 \frac{1}{x^{\beta/2}} (x^{\beta/2} \cdot u'(x)) dx \right]^2 \leq \int_x^1 \frac{dx}{x^\beta} \cdot \int_x^1 x^\beta (u'(x))^2 dx \leq \\ &\leq \int_0^1 \frac{dx}{x^\beta} \cdot \int_0^1 x^\beta (u'(x))^2 dx = \frac{1}{1-\beta} \int_0^1 x^\beta (u'(x))^2 dx. \end{aligned}$$

Интегрируя это неравенство от 0 до 1, имеем

$$\int_0^1 u^2(x) dx \leq \frac{1}{1-\beta} \int_0^1 x^\beta u'^2 dx.$$

Теперь, учитывая (20), получим

$$(Au, u) = (1-\beta) \int_0^1 u^2(x) dx = (1-\beta) \|u\|^2.$$

Это и есть неравенство положительной определенности с  $\gamma^2 = 1-\beta$ ; т.е.  $(Au, u) \geq \gamma^2 \|u\|^2$ , где  $\|u\|$  - норма в  $L_2(0;1)$ .

3 случай:  $\beta = 1$ .

$$T_1 u = -\frac{d}{dx} \left[ x \frac{du}{dx} \right] = 0,$$

отсюда  $x \frac{du}{dx} = c_1$ , следовательно  $\frac{du}{dx} = \frac{c_1}{x}$ .

Теперь, интегрируя, имеем

$$u(x) = c_1 \ln x + c_2, \quad 0 < x \leq 1. \quad (21)$$

Из (21) следует, что  $u(+0) = \infty$  при  $c_1 \neq 0$  и  $u(+0) = c_2$  при  $c_1 = 0$ .

Итак, если задать  $u(1)$  и считать  $u(1)$  ограниченным, то из (21) находим  $c_1 = 0$  и  $c_2 = u(1)$ , и получим соответствующее решение

$$u(x) = u(1) = c_2 = \text{const}.$$

Итак, в случае  $\beta = 1$  надо ставить следующие краевые условия:  $u(+0)$  ограничена и  $u(1) = B$ .

Заметим, что это рассуждение справедливо и при  $\beta > 1$ .

Докажем теперь положительную определенность оператора  $L_1 u \equiv A$ . За область определения оператора  $D(A)$  примем множество функций  $u(x)$ , подчиненных следующим требованиям:

- а)  $u(x)$  и  $xu'(x)$  непрерывны на отрезке  $[0, 1]$  и абсолютно непрерывны на любом сегменте  $[\delta, 1]$ , где  $0 < \delta < 1$ ;
- б)  $Au \in L_2(0, 1)$ ;
- в)  $u(1) = 0$ .

Теперь, используя формулу Ньютона-Лейбница и неравенство Коши-Буняковского, имеем

$$\begin{aligned} (Au, u) &= \int_0^1 x(u')^2 dt, \\ u(x) &= -\int_x^1 u'(t) dt = -\int_x^1 \frac{1}{\sqrt{t}} (\sqrt{t} u'(t)) dt, \\ u^2(x) &\leq \int_x^1 \frac{dt}{t} \int_x^1 t(u')^2 dt \leq \int_x^1 \frac{dt}{t} \int_0^1 t(u')^2 dt = -\ln x \cdot \int_0^1 t(u')^2 dt. \end{aligned}$$

Интегрируя по  $x$  от 0 до 1, получим

$$\int_0^1 u^2(x) dx \leq -\int_0^1 \ln x dx \int_0^1 t(u')^2 dt$$

или, учитывая, что  $-\int_0^1 \ln x dx = 1$ , имеем

$$\int_0^1 u^2(x) dx \leq \int_0^1 t(u')^2 dt, \text{ т.е. } (Au, u) \geq \|u\|^2.$$

Таким образом, в этом случае положительная определенность оператора  $A$  установлена.

4 случай:  $1 < \beta < 2$ .

Область определения оператора  $L_\beta \equiv A$   $D(A)$  определяется точно так же как и в случае 3.

Имеем

$$\begin{aligned}(Au, u) &= \int_0^1 x^\beta (u')^2 dt, \\ u(x) &= -\int_x^1 u'(t) dt = -\int_x^1 \frac{1}{t^{\beta/2}} t^{\beta/2} u'(t) dt, \\ u^2(x) &\leq \int_x^1 \frac{dt}{t^\beta} \cdot \int_x^1 t^\beta (u')^2 dt = \frac{1}{\beta-1} \left( \frac{1}{x^{\beta-1}} - 1 \right) \cdot \int_0^1 t^\beta (u')^2 dt.\end{aligned}\quad (22)$$

Интегрируя по  $x$  от 0 до 1, имеем

$$\int_0^1 u^2(x) dx \leq \frac{1}{\beta-1} \int_0^1 t^\beta (u')^2 dt \cdot \int_0^1 \left( \frac{1}{x^{\beta-1}} - 1 \right) dx = \frac{1}{\beta-1} \int_0^1 t^\beta (u')^2 dt \cdot \frac{\beta-1}{2-\beta},$$

следовательно,  $\int_0^1 u^2(x) dx \leq \frac{1}{2-\beta} \int_0^1 t^\beta (u')^2 dt$ .

Отсюда и из (22) имеем

$$\int_0^1 u^2(x) dx \leq \frac{1}{2-\beta} \int_0^1 t^\beta (u')^2 dt, \text{ т.е. } (Au, u) \geq (2-\beta) \|u\|^2.$$

Это и означает положительную определенность оператора  $A$ .

5 случай:  $\beta = 2$ .

В этом случае за область определения  $D(L_2) \equiv D(A)$  оператора  $L_2 \equiv A$  возьмем множество функций, удовлетворяющих следующим требованиям:

а)  $u(x)$  и  $x^2 u'(x)$  непрерывны на отрезке  $[0, 1]$  и абсолютно непрерывны на любом отрезке  $[\delta, 1]$ , где  $0 < \delta < 1$ ;

б)  $Au \in L_2(0, 1)$ ;

в)  $u(1) = 0$ .

Пусть функция  $u(t)$  принадлежит области определения оператора  $A$ . С целью доказательства положительной определенности оператора  $A$  рассмотрим интеграл

$$\begin{aligned}\int_0^1 [4t^2 (u')^2 - u^2] dt &= \int_0^1 [(2tu')^2 + 4u'u + u^2] dt - \int_0^1 (4tuu' + u^2) dt - \int_0^1 u^2 dt = \\ &= \int_0^1 [2tu' + u]^2 dt - \int_0^1 [4tuu' + 2u^2] dt.\end{aligned}\quad (23)$$

Первый интеграл справа неотрицателен, а второй равен нулю.

Действительно,

$$\begin{aligned} -\int_0^1 [4tuu' + 2u^2] dt &= \left| \frac{du^2}{dt} = 2uu'dt \right| = -\int_0^1 2td u^2 - 2 \int_0^1 u^2 dt = \\ &= -[2tu^2]_0^1 + \int_0^1 2u^2 dt - 2 \int_0^1 u^2 dt = 0. \end{aligned}$$

Следовательно, из (23) имеем

$$\int_0^1 4t^2(u')^2 dt \geq \int_0^1 u^2 dt, \quad \text{т.е.} \quad \int_0^1 t^2(u')^2 dt \geq \frac{1}{4} \int_0^1 u^2(t) dt.$$

Это и означает положительную определенность оператора  $L_2 u \equiv A$ .

6 случай:  $\beta > 2$ .

За область определения  $D(L_\beta) = D(A)$  оператора  $L_\beta \equiv A$  возьмем множество функций  $u(x) \in C^2[0;1]$ , удовлетворяющих условию

$$u(1) = 0. \quad (24)$$

Имеем с помощью интегрирования по частям

$$(Au, v) = \int_0^1 x^\beta u'v' dx. \quad (25)$$

Здесь  $u, v \in D(A)$ .

Аналогично имеем

$$(u, Av) = \int_0^1 x^\beta u'v' dx. \quad (26)$$

Из (25) и (26) сразу следует симметричность оператора  $A$ . Покажем, что оператор  $L_\beta = A$  в нашем случае  $\beta > 2$  будет положительным, т.е. надо доказать, что

$$(Au, u) \geq 0 \quad \text{для каждого } u \in D(A), \quad (27)$$

причем равенство  $(Au, u) = 0$  выполняется только при  $u = 0$ . То, что выполнено (27), очевидно.

$$\text{Пусть теперь } (Au, u) = 0, \text{ т.е. } \int_0^1 x^\beta (u')^2 dx = 0.$$

Отсюда следует, что  $u'(x) \equiv 0$ , т.е.  $u(x) = \text{const}$ ; так как  $u(1) = 0$ , то  $u \equiv 0$ .

Можно показать, что оператор  $A$  в рассматриваемом случае  $\beta > 2$  не будет положительно определенным [2].

Приведенные рассуждения показывают, что для приближенного решения краевых задач для оператора  $L_\beta u$  может быть применен метод Рунге.

#### Список литературы

1. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. - М.: Лань, 2003. - 832 с.
2. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. - М.: Наука, 1970. - 512 с.
3. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. - М.: Наука,

1974. – 432 с.

Получено 9.07.08

УДК 628.5

**Е.В. Блинаяева**

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ПОТОКОВ КОТЕЛЬНЫХ  
УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Теплоэнергетика ВКО в основном использует уголь – экологически грязное топливо. Острой является проблема его качества, создающая ряд технологических проблем. Поступление одновременно углей различных месторождений, разрезов и обогатительных фабрик с меняющимися во времени пропорциями, приводит к ненадежной и неэкономичной работе котлов, возрастанию потерь тепла с механическим недожогом и повышенным экологическим выбросам.

Пока штрафы за выбросы будут составлять незначительную долю в стоимости энергии, созданию и применению систем управления горением и системам очистки от вредных выбросов не будет уделяться должного внимания. Существенное увеличение плат за выбросы приведет к увеличению заинтересованности в установлении систем управления горением и систем очистки.

Технологическое и техническое состояние предприятий теплоэнергетики ВКО для обеспечения современных оптимальных технических и экономических решений наряду с вводом нового оборудования постоянно нуждается в модернизации и реконструкции существующего оборудования.

Проблемы, связанные с использованием угля, повышением степени очистки и обеспечением оптимальных систем сжигания, наряду с другими проблемами теплоэнергетики, требуют современных эффективных технико-экономических решений.

Решения должны быть направлены на более эффективное по экономическим и экологическим соображениям сжигание угля в преобразованном виде или в комбинации с другими ресурсами, увеличение к.п.д. котельного оборудования или снижение удельных расходов топлива на выработку преобразованной энергии за счет управления процессами горения, повышения степени очистки дымовых газов.

Котлоагрегаты, введенные более десяти лет назад, как правило, удовлетворяют технологические потребности в теплоносителях, но их автоматика безнадежно морально и физически устарела, отсутствуют приборы контроля состава уходящих дымовых газов.

Перерасход топлива и энергии на тягу и дутьё на отечественных котлах обусловлен следующими причинами:

- контроль правильности соотношения «топливо-воздух» в горелках ведётся с большой ошибкой по косвенным параметрам: давлению воздуха и газа (мазута), яркости факела, температуре воздуха, цвету пламени (дыма);
- неконтролируемые колебания качественного состава топлива, параметров воздуха, изменение нагрузки, состояние горелок;
- значительные неравномерности поля концентрации в сечении газоходов, что приводит к не представительности отбираемой на анализ пробы газов (ошибки измерения дос-



тигают 400 %);

- использование режимных карт с завышенной подачей воздуха, что приводит к повышенным потерям тепла с уходящими газами, перерасходу топлива и электроэнергии на тягу и дутьё, т.к. потребляемая электродвигателями вентиляторов и дымососов мощность имеет кубическую зависимость от расхода.

Для эффективного и качественного сжигания топлива должно быть точно сбалансировано соотношение «топливо – воздух», для чего требуется внедрение на тепловых станциях и котельных газоанализаторов, контролирующих состав уходящих газов.

Недостаток воздуха при горении вызывает неполное сгорание и, как следствие, перерасход топлива. Избыток воздуха также приводит к перерасходу топлива на нагрев лишнего воздуха в составе уходящих газов. В обоих случаях сжигание топлива сопровождается повышенным выбросом в атмосферу высокотоксичных газов.

Газовые загрязнения, как и аэрозольные, загрязняя атмосферный воздух, значительно ухудшают его качество, а в ряде случаев делают его непригодным для нахождения в нем людей.

Причинами значительных выбросов в атмосферу являются: отсутствие или неэффективная локализация источников выделения газов и пыли; недостаточная герметичность, конструктивные недостатки производственного оборудования, его техническая неисправность; неправильное ведение технологических процессов и др.

Дисперсные и газовые загрязнители нередко являются следствием одних производственных процессов, вместе перемещаются в коммуникациях, тесно взаимодействуют в очистных аппаратах и атмосфере, совместно наносят ущерб окружающей среде и человеку. Поэтому необходимо учитывать весь комплекс присутствующих в технологическом выбросе загрязнителей. Нельзя принимать за средство очистки запыленных газов пылеосадительное устройство, выбрасывающее в атмосферу вредные газообразные вещества. Недопустимы и такие средства, в которых обезвреживание исходных газовых загрязнителей сопровождается образованием и выбросом ядовитых туманов и дымов других веществ.

Санитарные нормы ограничивают концентрацию вредных паров и газов в воздухе населенных пунктов, однако эти требования не всегда соблюдаются. Это наносит значительный ущерб здоровью людей, проживающих в местностях, подверженных воздействию вредных газов и паров, ведению сельского хозяйства в данном районе, организации отдыха людей, приводит к повреждению архитектурных сооружений, памятников истории и культуры и т.д. [1].

Инфразвуковые аппараты (от лат. *infra* - ниже, под), машины или устройства, в которых для интенсификации технологических процессов используются низкочастотные акустические колебания. Малое поглощение инфразвука рабочей средой и возможность ее согласования с излучателем колебаний (подбор соответствующих параметров источника) позволяют распространить возникающие при воздействии инфразвука так называемые нелинейные волновые эффекты на большие технологические объемы пылегазовых потоков. Благодаря этому инфразвуковые аппараты принципиально отличаются от ультразвуковых, в которых среды обрабатываются в небольшом объеме. В инфразвуковых аппаратах реализуются следующие физические эффекты: кавитация, высокоамплитудное знакопеременное и радиационное (звукового излучения) давления, знакопеременные потоки рабочей среды, акустические течения (звуковой ветер), дегазация рабочей среды и обра-

зование в ней множества газовых пузырьков и их равновесных слоев, сдвиг фаз колебаний между взвешенными частицами и потоком газа. Эти эффекты значительно ускоряют окислительно-восстановительные, электрохимические и другие реакции, интенсифицируют в 2-4 раза промышленные процессы перемешивания, фильтрования, растворения и диспергирования твердых материалов в жидкостях или газах, разделения, классификации и обезвоживания суспензий, а также очистку деталей и механизмов. Применение инфразвука позволяет в несколько раз снизить удельную энерго- и металлоемкость и габаритные размеры аппаратов пылегазоулавливания, а также обрабатывать рабочие среды непосредственно в потоке при транспортировании их по трубопроводам, что исключает установку смесителей и других устройств [2].

Для определения влияния инфразвука на процесс снижения выбросов вредных веществ в атмосферу с технологическими и вентиляционными газами были проведены испытания прибора ИФС-1 на котельной № 2 Усть-Каменогорских тепловых сетей.

Эти эксперименты можно охарактеризовать следующим образом:

1. При сжигании топлива в постоянном режиме образовавшийся пылегазовый поток со скоростью 18-20 м/с и температурой 182 °С очищался в батарейном циклоне (рис. 1). После циклона прибором MSI 150 PRO производились замеры по следующим параметрам: окислов азота NO<sub>2</sub>, окислов серы SO<sub>2</sub>, оксида углерода CO. Также определялась запыленность газов.

2. Затем устанавливался прибор ИФС-1 в газопровод до циклона так, чтобы подача инфразвукового излучения с частотой до 30 Гц осуществлялась перпендикулярно направлению движения пылегазового потока. Облучение производилось в течение одного часа. Затем замеры прибором MSI 150 PRO повторялись по тем же параметрам, а также определялась запыленность. Полученные результаты сведены в таблицу, при этом они сравнивались с первоначальными значениями.

*Результаты проведенных исследований по применению прибора ИФС – 1*

Номер опыта		Значение определяемых параметров, мг/м <sup>3</sup>			
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Запыленность
1	до облучения	150	220	6	2218
	после облучения	108	210	3	2045
2	до облучения	153	235	6	2170
	после облучения	111	233	5	1984
3	до облучения	149	230	5	2195
	после облучения	97	226	3	1970
4	до облучения	174	250	7	2240
	после облучения	118	203	5	1960
5	до облучения	164	263	6	2090
	после облучения	127	219	4	1920
6	до облучения	157	247	5,5	2319
	после облучения	114	202	3,5	2006

На основании данных, приведенных в таблице, установлено следующее снижение выбросов вредных веществ в атмосферу при использовании прибора ИФС-1:

- диоксида серы – на 22-32 %;
- окислов азота в пересчете на диоксид азота – от 0 до 13 %;

- окиси углерода – на 30-50 %;
- золы угольной – на 7-13 %.

Обработка результатов проведенных экспериментальных исследований и полученная на их основе факторная модель показали, что степень очистки пылегазового потока в значительной степени зависит от внутреннего геометрического размера газохода.

В работе рассматриваются вопросы разработки автоматизированной системы контроля химического состава уходящих газов объектов промтеплоэнергетики на газоходах с изменяющейся геометрией.

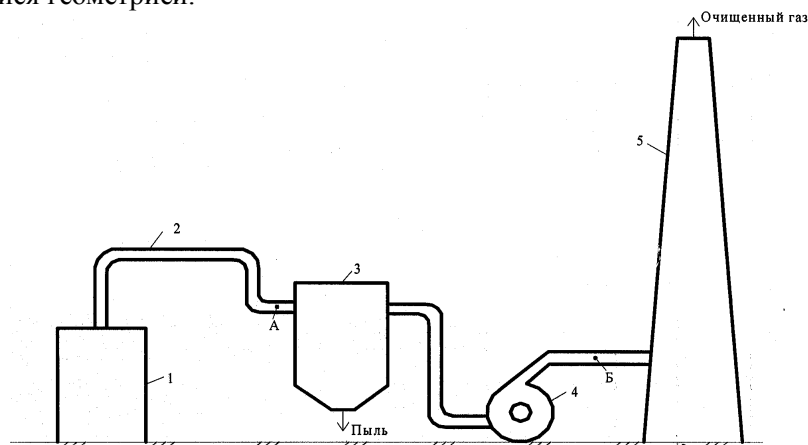


Рисунок 1 - Схема газоотводящего тракта: 1 – котлоагрегат; 2 – газоход; 3 – батарейный циклон БЦ – 250 60/60; 4 - дымосос; 5 – дымовая труба; А – место установки прибора ИФС-1; Б – место проведения замеров

Структурная схема автоматизированной системы контроля приведена на рис. 2.

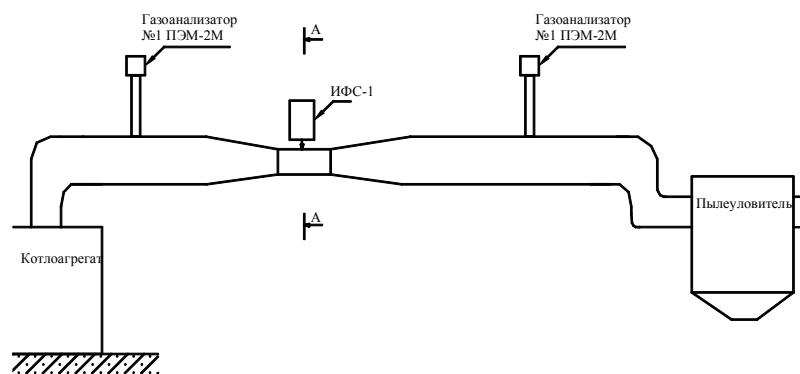


Рисунок 2 - Структурная схема автоматизированной системы контроля

Автоматизированная система контроля за газовыми выбросами состоит из комбинированного устройства, позволяющего изменить геометрическую форму газохода в зоне воздействия прибора ИФС-1, измерительного блока и блока регистрации. В измерительный блок входит опико-абсорбционный газоанализатор ПЭМ-2М и электрохимический газоанализатор кислорода.

Принцип действия газоанализатора ПЭМ-2М основан на оптико-абсорбционном методе измерения поглощения инфракрасного излучения анализируемым газовым компонентом смеси. Селективность осуществляется за счёт использования узкополосных интерференционных фильтров [3].

Из измерительного блока данные передаются в блок регистрации (персональный компьютер) через последовательный интерфейс. Результаты замеров обрабатываются и документируются. Программное обеспечение, работающее в среде Windows, позволяет представлять данные в форме таблиц и графиков. Данные хранятся в архиве, есть возможность составления отчетов для экологических служб. Система имеет программу самодиагностики, позволяющую следить за работой комплекса и сигнализировать о состоянии основных узлов. При возникновении неисправности на экране монитора будет появляться сообщение о конкретной неисправности. Компьютер с программой может быть установлен в службе, которая занимается обслуживанием данного комплекса.

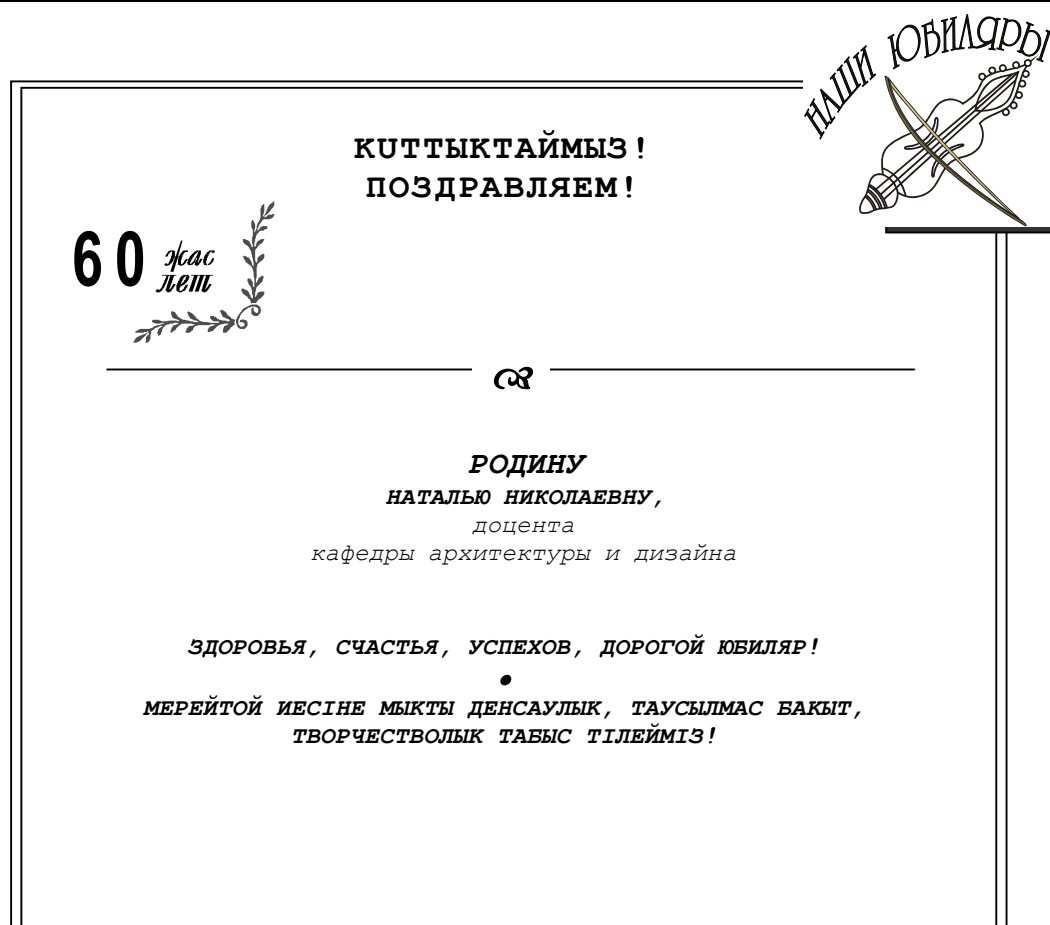
Автоматизация позволяет:

- точно сбалансировать соотношение «топливо-воздух», что обеспечивает качественное сжигание топлива и повышение КПД котлоагрегата;
- обеспечить требуемую степень очистки и концентрации загрязнений за счет оптимизации воздействия инфразвуковых волн на пылегазовый поток.

#### Список литературы

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки: Учеб. пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006.
2. Хорбенко И.Г. Звук, ультразвук, инфразвук. – М.: Знание, 1978. – 160 с.
3. Другов Ю.С. Методы анализа загрязнений воздуха /Ю.С. Другов, А.Б. Великов, Г.А. Дьякова, В.М. Тульчинский. – М.: Химия, 1984. – 384 с.: ил.

Получено 09.09.08





УДК 681.51(07)

**Е.В. Блиная**

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПЫЛЕГАЗОУЛАВЛИВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНФРАЗВУКА НА ПОТОК**

Промышленное производство и другие виды хозяйственной деятельности людей сопровождаются выделением в воздух помещений и в атмосферный воздух различных веществ, загрязняющих воздушную среду. Поэтому необходимо учитывать весь комплекс присутствующих в технологическом выбросе загрязнителей.

Выброс вредных газов и паров в атмосферу можно значительно уменьшить благодаря осуществлению технологических мероприятий. Современные технические средства обработки технологических газовых выбросов не обеспечивают их полного обезвреживания или восстановления первоначального качества воздуха, использованного в производственном цикле. Поэтому отработанные газы всегда вносят в атмосферу часть отходов производства. Такими методами, как орошение газовых потоков в каналах и камерах, невозможно достичь глубокого обезвреживания гомогенных выбросов, а существующие проблемы дополняются при этом необходимостью очищать загрязненные стоки.

В данной работе выполняется расчет по построению математических моделей процессов очистки пылегазовых потоков с использованием инфразвукового прибора ИФС-1.

При воздействии упругих волн низкой частоты на пылегазовую смесь изучалось влияние на выход продукта, а именно: концентрацию вредных газовых компонентов  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$  и запыленность ( $Y$ ), пяти факторов: продолжительности воздействия ( $x_1$ ) в диапазоне от 10 до 60 мин; частоты инфразвукового излучения ( $x_2$ ) – от 7 до 15 Гц; расхода газов ( $x_3$ ) – от 20 до 37 м<sup>3</sup>/с; скорости движения пылегазового потока ( $x_4$ ), внутреннего геометрического размера газохода ( $x_5$ ). Проведя 24 необходимых опыта и фиксируя уровни выхода концентраций вредных газовых компонентов и запыленности, составлена таблица данных для построения производственной функции (модели) (табл. 1).

Таблица 1

*Результаты эксперимента по технологическому процессу*

Номер опыта	Продолжительность, мин ( $x_1$ )	Частота, Гц ( $x_2$ )	Расход газов, м <sup>3</sup> /с ( $x_3$ )	Скорость движения газов, м/с ( $x_4$ )	Внутренний геометрический размер газохода, м ( $x_5$ )	Концентрация веществ, г/с			
						$SO_2$ ( $Y_1$ )	$NO_2$ ( $Y_2$ )	$CO$ ( $Y_3$ )	Запыленность ( $Y_4$ )

1	10	7	21	20	1,2	2,65	5,39	0,24	44,3
2	10	10	20	19	1,2	2,58	5,98	0,21	44,6
3	10	15	25	24	1,2	2,9	5,96	0,27	46,3
4	10	7	23	25	1,2	2,48	5,56	0,26	45,9
5	20	10	24	23	1,1	2,57	6,29	0,25	38,5
6	20	15	22	25	1,1	2,58	6,4	0,21	48,7
7	20	7	34	22	1,1	2,74	6,09	0,22	39,6

Окончание табл. 1

8	20	10	29	24	1,1	2,65	6,49	0,27	43,2
9	30	15	26	23	1	2,59	5,94	0,206	44,7
10	30	7	24	22	1	2,34	5,64	0,19	41,5
11	30	10	25	21	1	2,44	5,99	0,203	42,4
12	30	15	23	21	1	2,69	5,81	0,207	39,8
13	40	7	37	29	0,9	2,3	6,58	0,205	39,5
14	40	10	33	27	0,9	2,47	6,1	0,206	38,6
15	40	15	29,5	26	0,9	2,41	5,36	0,21	38,9
16	40	7	32	32	0,9	2,84	5,28	0,16	39,6
17	50	10	31,4	28	0,8	2,45	5,01	0,158	37,4
18	50	15	30,6	24,5	0,8	2,25	4,91	0,199	39,5
19	50	7	35,8	26,4	0,8	2,42	4,88	0,185	40,1
20	50	10	36,7	28,5	0,8	2,11	5,08	0,189	40,3
21	60	15	35,4	24,1	0,7	2,14	4,35	0,219	40,8
22	60	7	33	23,4	0,7	2,01	4,98	0,215	36,7
23	60	10	34	22,5	0,7	2,03	4,28	0,15	36,5
24	60	15	32	26,5	0,7	2,54	5,031	0,11	37,4

Первым шагом исследования статистических взаимосвязей является определение коэффициентов корреляции между значениями концентраций вредных веществ и входных факторов: продолжительностью воздействия инфразвукового излучения на пылегазовый поток, частотой инфразвукового излучения, величиной расхода пылегазового потока, скоростью движения пылегазового потока и внутренним геометрическим размером газохода.

В результате анализа значений найденных коэффициентов корреляции между продолжительностью воздействия, частотой инфразвукового излучения, расходом газа, скоростью движения газа и внутренним геометрическим размером газохода были выявлены зависимости между значениями следующих пар факторных признаков: продолжительностью воздействия и расходом пылегазового потока, расходом газа и внутренним геометрическим размером газохода, продолжительностью воздействия и внутренним геометрическим размером газохода. Следовательно, можно исключить из дальнейшего процесса моделирования такие факторы, как расход газа ( $x_3$ ) и продолжительность инфразвукового воздействия ( $x_1$ ). В таблице 2 приведены вещества, коэффициенты корреляции с внутренним геометрическим размером газохода которых дают основания для построения регрессий.

Таблица 2

*Значения коэффициентов корреляции*

Вещество	Значение коэффициента
Оксид серы	0,7
Оксид азота	0,72
Оксид углерода	0,7
Твердые частицы	0,75

Здесь приведены те вещества, коэффициенты корреляции которых показывают наличие сильной взаимосвязи между значениями концентраций  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ , запыленности и внутренним геометрическим размером газохода. На этом основании можно предположить, что прогнозы по моделям, построенным по исследуемым статистическим данным, будут удовлетворительными. После корреляционного исследования исходных данных проводится регрессионный анализ, с помощью которого строятся уравнения анализируемых зависимостей. При исследовании статистических данных, а также расположении точек на кривых зависимостей можно прийти к выводу, что наилучшая аппроксимация будет достигнута при использовании линейной функции вида:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3, \quad (1)$$

где  $Y$  – значение концентрации загрязняющего вещества, г/с;

$x_1, x_2, x_3$  – значения входных факторов;

$x_1$  – частота инфразвукового излучения, Гц;

$x_2$  – скорость движения пылегазового потока в газоходе, м/с;

$x_3$  – внутренний геометрический размер газохода, м;

$a_1 \dots a_3$  – параметры модели.

После составления системы нормальных уравнений и ее решения методом Гаусса получены следующие уравнения зависимости концентрации соответствующего загрязняющего вещества от совокупности факторов:

1) сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$

$$Y_1 = 1,206 + 0,027x_1 + 0,016x_2 + 0,491x_3; \quad (2)$$

2) диоксид азота  $\text{NO}_2$

$$Y_2 = 3,085 + 0,049x_1 + 0,01x_2 + 1,316x_3; \quad (3)$$

3) окись углерода  $\text{CO}$

$$Y_3 = 0,145 - 0,001x_1 + 0,0002x_2 + 0,086x_3; \quad (4)$$

4) запыленность

$$Y_4 = 15,54 + 0,097x_1 + 0,265x_2 + 21,062x_3. \quad (5)$$

Проверить качество прогноза по данной модели можно с помощью дисперсионного анализа. Для этого необходимо найти три дисперсии: системы, модели и остатка по формулам:

$$S^2_{\text{сист}} = \frac{\sum (Y_{\phi} - \bar{Y})^2}{n-1}, S^2_{\text{мод}} = \frac{\sum (Y_m - \bar{Y})^2}{m}, S^2_{\text{ост}} = \frac{\sum (Y_{\phi} - Y_m)^2}{n-m}, \quad (6)$$

где  $Y_{\phi}$  – фактическое значение концентрации;

$Y_m$  – значение концентрации, рассчитанное с помощью модели;

$\bar{Y}$  – среднее значение фактических концентраций;

$n$  - объем выборки;

$m$  - количество факторов в модели.

На основе данных дисперсий возможно вычисление критериев качества модели:

$$\text{индекс корреляции } i = \sqrt{1 - \frac{S^2_{ост}}{S^2_{сист}}}$$

и расчетный критерий Фишера

$$F_{расч} = \frac{S^2_{мод}}{S^2_{ост}}. \quad (7)$$

Если значение  $i \geq 0,7$ , то точность моделирования хорошая и данная модель адекватна рассматриваемому объекту. Если  $0,3 \leq i < 0,7$ , точность моделирования средняя. Это означает, что поиск моделей идет в нужном направлении, но исходной информации недостаточно. Если  $i < 0,3$ , то модель отвергается. Для оценки расчетного критерия Фишера служит табличный критерий. Если расчетный критерий оказывается больше табличного, то модель и система адекватны.

Для всех моделей расчетный критерий Фишера больше табличного  $F_{таб}=2,9$ ,  $F_{расчSO_2}=5,85$ ;  $F_{расчNO_2}=4,55$ ;  $F_{расчCO}=3,52$ ;  $F_{расчзапыл}=6,37$ , индексы корреляции для  $i_{SO_2}=0,72 \geq 0,7$ ;  $i_{NO_2}=0,7 \geq 0,7$ ;  $i_{запыл}=0,73 \geq 0,7$ , что свидетельствует о хорошей точности моделирования.

Для CO индекс корреляции равен  $i_{CO}=0,6$ , что говорит о средней точности моделирования и необходимости сбора дополнительной исходной информации в целях уточнения качества полученной модели. Приведенные результаты позволили сделать вывод о применимости предложенных моделей для прогнозирования значений концентрации рассматриваемых загрязняющих веществ.

На рисунках 1-4 отображены зависимости значений концентраций каждого загрязняющего вещества от внутреннего геометрического размера газохода.

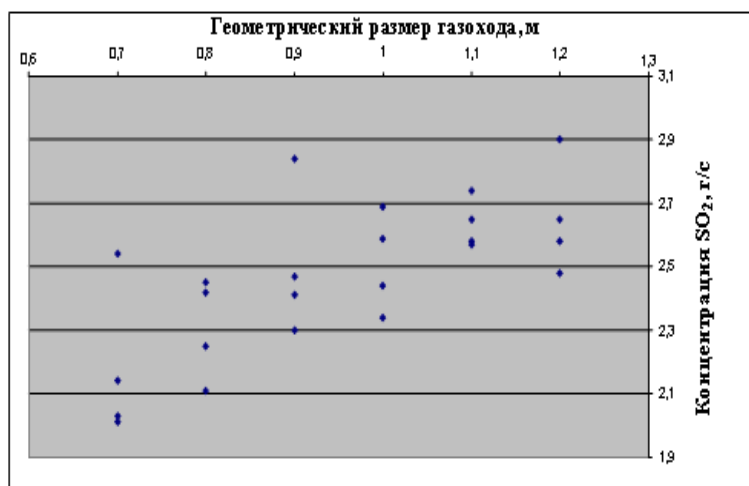


Рисунок 1 - График зависимости концентрации SO<sub>2</sub> от внутреннего геометрического размера газохода



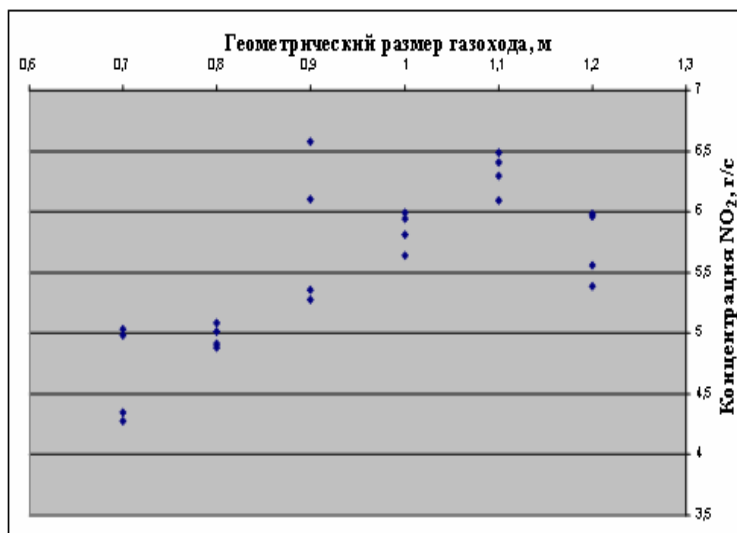


Рисунок 2 - График зависимости концентрации NO<sub>2</sub> от внутреннего геометрического размера газохода

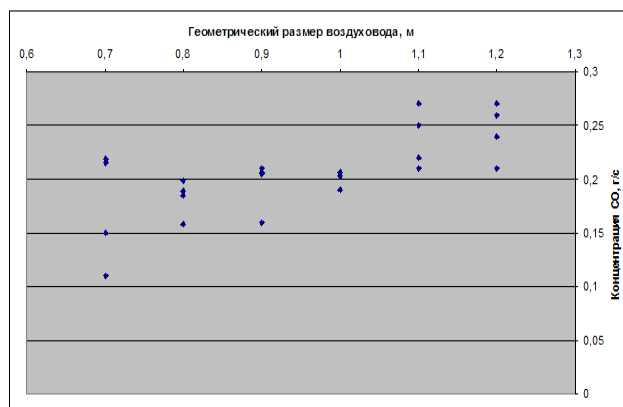


Рисунок 3 - График зависимости концентрации CO от внутреннего геометрического размера газохода

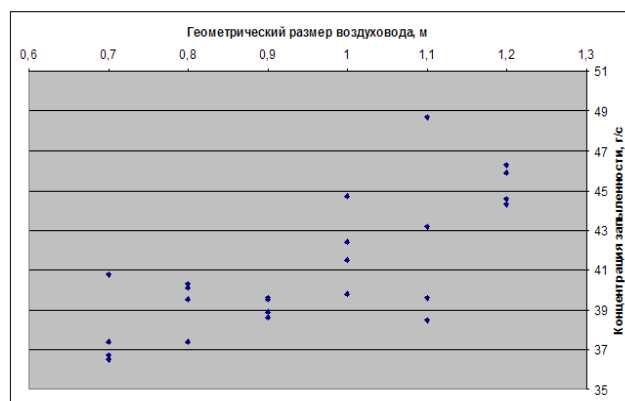


Рисунок 4 - График зависимости концентрации запыленности от внутреннего геометрического размера газохода

На рисунках 5-8 отображены результаты сравнения фактических и спрогнозированных значений концентраций загрязняющих веществ в зависимости от внутреннего геометрического размера газохода.



Рисунок 5 – Результаты сравнения фактических и спрогнозированных концентраций  $\text{SO}_2$

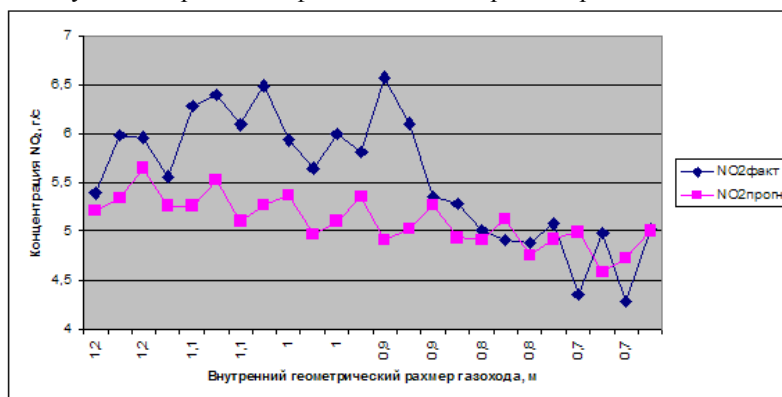


Рисунок 6 – Результаты сравнения фактических и спрогнозированных концентраций  $\text{NO}_2$

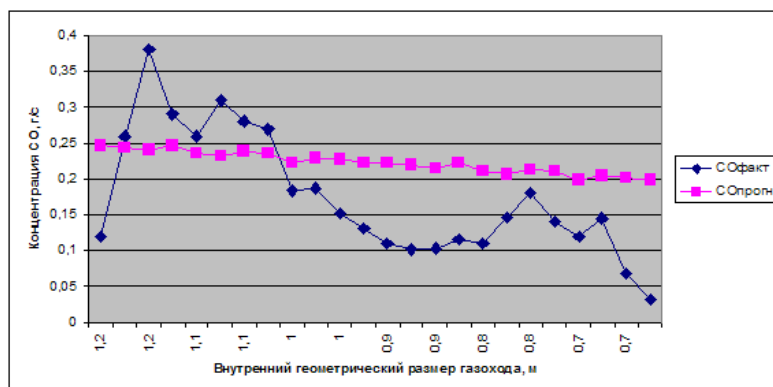


Рисунок 7– Результаты сравнения фактических и спрогнозированных концентраций CO

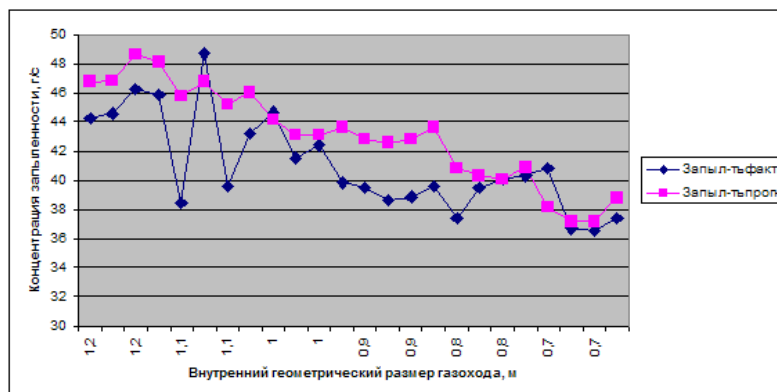


Рисунок 8– Результаты сравнения фактических и спрогнозированных концентраций запыленности

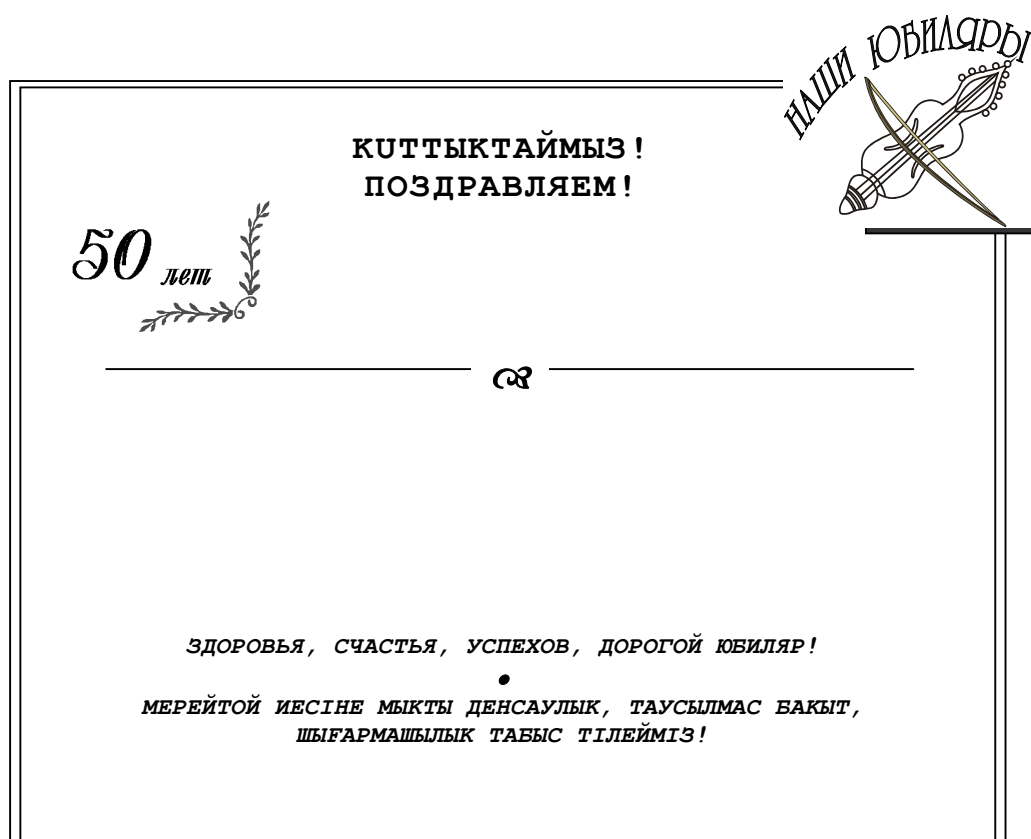
Таким образом, проведенные исследования доказали возможность применения статистических методов для определения зависимости степени очистки пылегазовых потоков с использованием инфразвука. Была выдвинута гипотеза о влиянии на значения концентраций загрязняющих веществ такого параметра, как геометрический размер воздуховода [2].

Анализ полученной модели показал, что определяющим фактором, влияющим на степень очистки, является диаметр газохода. При его уменьшении степень пылегазоулавливания резко возрастает. Это позволило предложить новую конструкцию с изменяемой геометрией газохода, которая является объектом автоматизированного управления [3].

#### Список литературы

1. Ветoshкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006.
2. Ипалакова М.Т. Комплексная система учета и управления качеством окружающей среды. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2007. – 180 с.
3. Лысенко Э.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. – М.: Радио и связь, 1987. – 272 с.: ил.

Получено 15.07.08



**ХАЙРУЛЛИНУ****АЛЬМИРУ АДИЛЕВНУ,***кандидата технических наук  
кафедры строительных материалов,  
стандартизации и сертификации*

УДК 378:001.895

**А.Е. Касенова**

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

#### ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА

Процесс информационной оценки инновационной деятельности университета осуществляется на основе представления (заполнения) анкеты. Формирование анкетных данных осуществляется за счет предоставления информации подразделениями, занимающимися определенным видом деятельности в университете. При этом построение архитектуры взаимодействия с программным обеспечением реализуется за счет двух блоков: внешнего информационного обеспечения (формирование анкетных данных) и интерфейса программы (рис. 1).

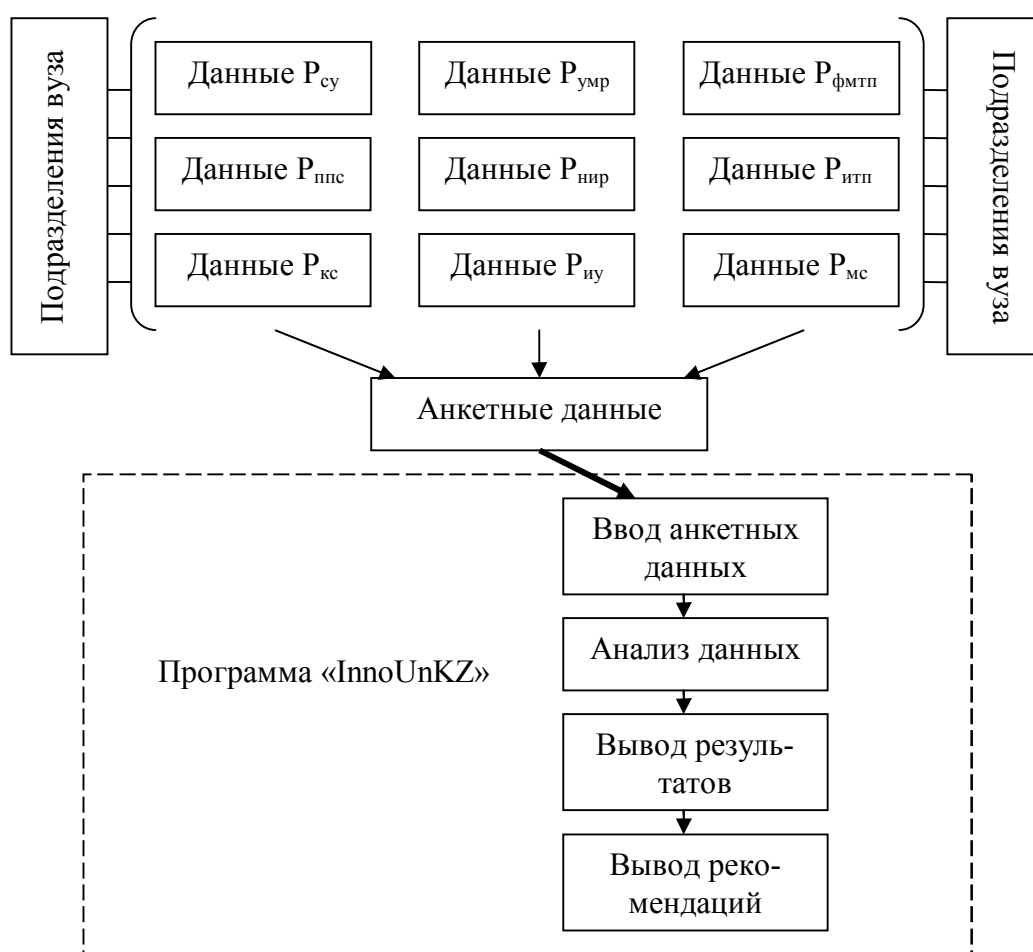


Рисунок 1 – Архитектура взаимодействия с программным обеспечением

Анкетные данные вбиваются в строгой последовательности в окна программы «InnoUnKZ», так как программа не имеет обратного процесса, отсутствие обратного про-

цесса позволяет предотвратить возможные внесения исправлений со стороны вбивающего для получения положительного результата.

Формирование интерфейса программы строится последовательно с определением важности процесса оценки ИД (рис. 2).

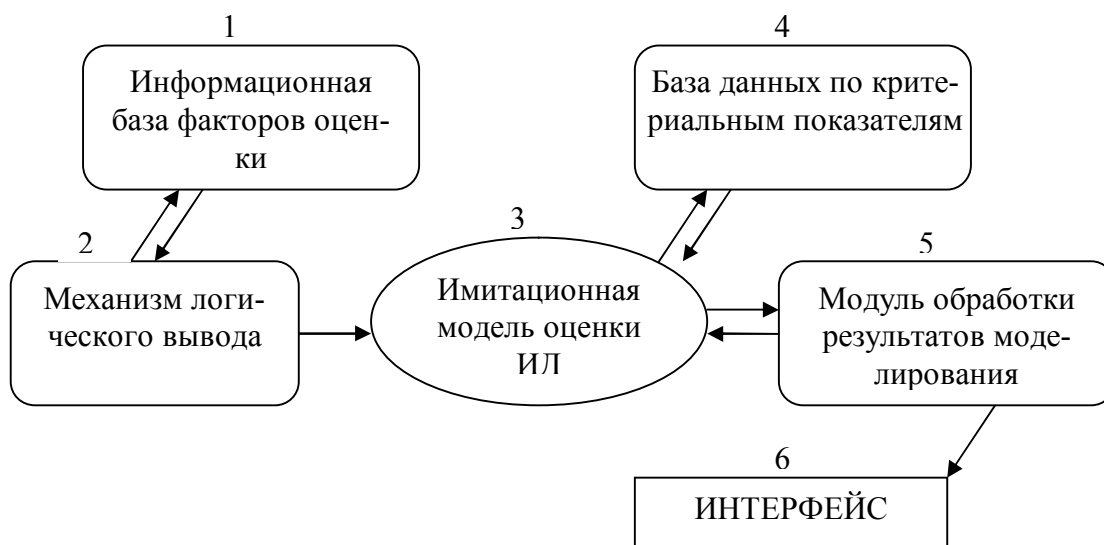


Рисунок 2 – Структура системы оценки инновационной деятельности

Как видно из рисунка 2 интерфейс программы формируется за счет комплексного представления цепи модели оценки инновационной деятельности. В состав структуры вошли следующие элементы и модули:

- информационная база факторов оценки: формирование базы анкетных данных, охватывающих все элементы интеграционного процесса «образования – науки - инновации»;
- механизм логического вывода;
- имитационная модель оценки инновационной деятельности: определение

$$I'_k = \sum_{l=1}^n p_{kl} \cdot \omega \text{ для каждой } K\text{-й группы критериев;}$$

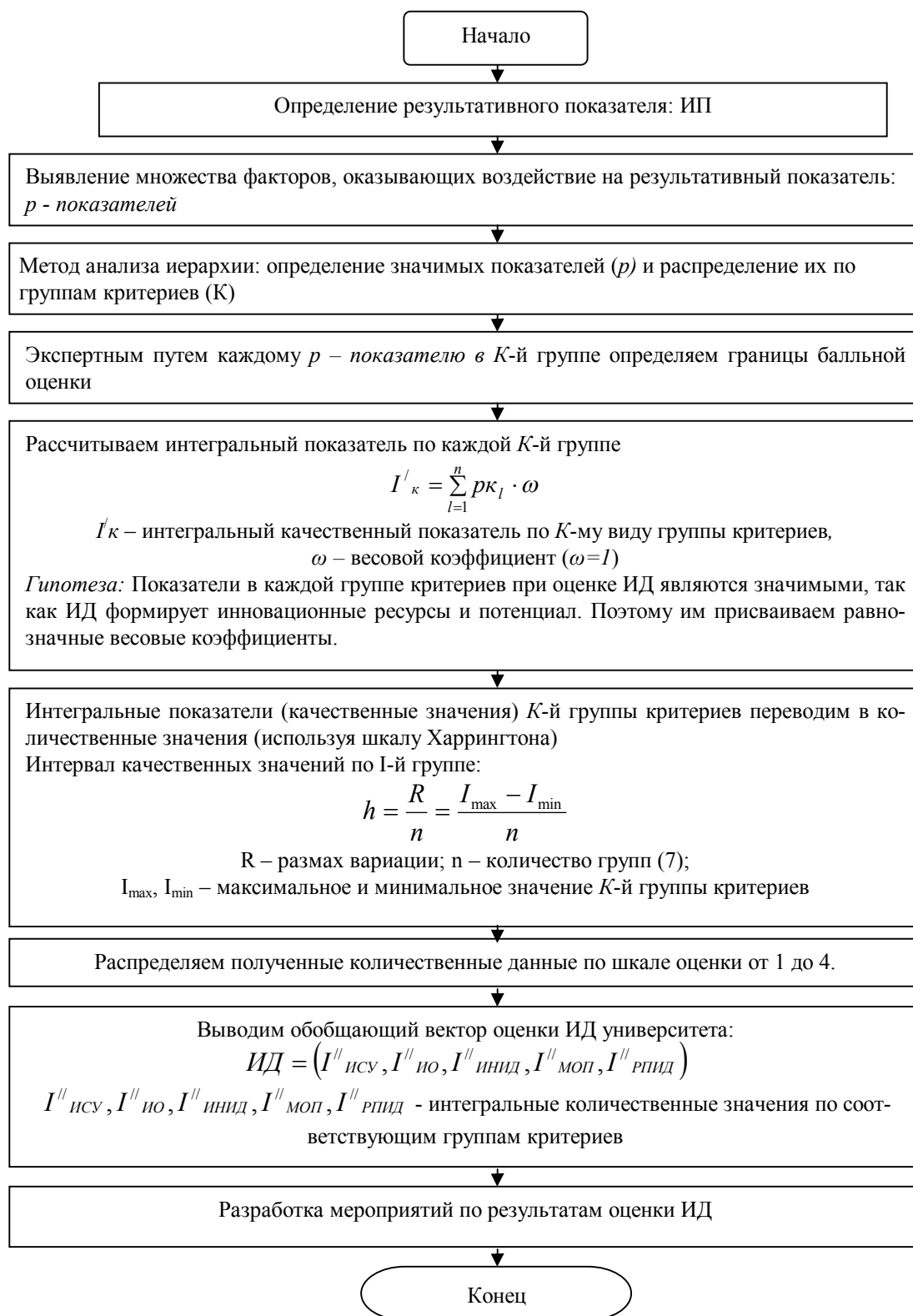
- база данных по критериальным показателям: формирование базы критериальных показателей с алгоритмами расчета (определения);

- модуль обработки результатов моделирования: обработка базы критериальных показателей и вывод обобщающего вектора оценки инновационной деятельности университета по каждому виду критериев:  $ИД = (I''_{ису}, I''_{ио}, I''_{инид}, I''_{моп}, I''_{рпид})$ .

Формирование элементов интерфейса программы осуществляем путем представления алгоритма процесса информационной системы оценки ИД. Механизм построения алгоритма процесса информационной системы оценки ИД изображен на рис. 3.

На рис. 4 представлен алгоритм программы «InnoUnKz».







---

Рисунок 3 - Алгоритм решения задачи оценки инновационной деятельности университета

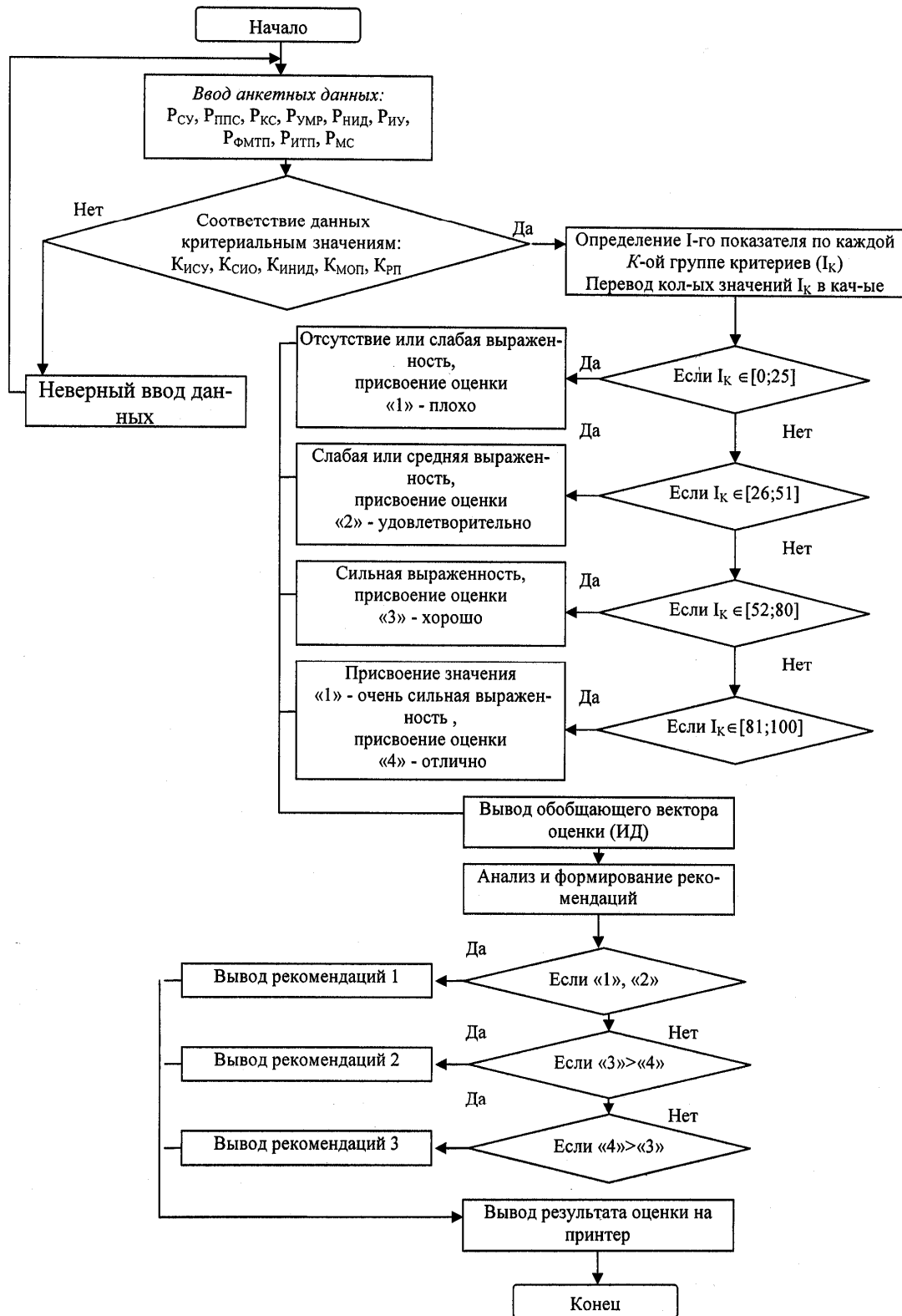


Рисунок 4 - Алгоритм построения программы «InnoUnKz»

Программа «InnoUnKz» - это средство для комплексной оценки инновационной деятельности университета, она позволяет определить по критериальным значениям показателей возможности вуза для участия в конкурсе «Инновационных университетов Казахстана».

Среда визуального проектирования программы «InnoUnKz» – Delphi, язык программирования – Object Pascal.

Главным достоинством Delphi является его продуктивность, то есть характеризуется следующими аспектами:

- качеством визуальной среды разработки;
- скоростью работы компилятора и быстродействием откомпилированных программ;
- мощностью языка программирования и его сложностью;
- гибкостью и масштабируемостью используемой архитектуры баз данных;
- наличием поддерживаемых средой разработки шаблонов проектирования и использования.

Программа апробирована на показателях деятельности Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева с целью оценки инновационной деятельности для придания ему статуса инновационного университета.

Программа «InnoUnKz» содержит информации следующего характера (рис. 5): информацию об инновационных университетах (рис. 6); информацию о программе «InnoUnKz» (рис. 7); сведения о разработчиках (рис. 8); анкету для заполнения.



Рисунок 5 - Титульный лист программного обеспечения



Рисунок 6 - Информация об инновационных университетах



Рисунок 7 - Информация о программе «InnoUnKZ»



Рисунок 8 - Сведения о разработчиках

Анкетные данные ВКГТУ им. Д. Серикбаева были занесены в специальные окна. Данная информация была предоставлена функциональными подразделениями университета.

После того, как данные поступили в базу данных и были обработаны по предложенным ранее алгоритмам, в окне программы выводится: «Промежуточные результаты оценки инновационной деятельности университета» (рис. 9).

Как видно из рисунка 9 пользователю данной программы предоставляется возможность наглядно просмотреть динамику размещения критериальных оценок, воспользоваться услугой «Рекомендации», а также распечатать результат.

По результатам оценки инновационной деятельности ВКГТУ им. Д. Серикбаева видно, что вуз обладает хорошим заделом для проведения инновационной деятельности, а также имеет возможность принять участие в конкурсе «Инновационных университетов Казахстана».

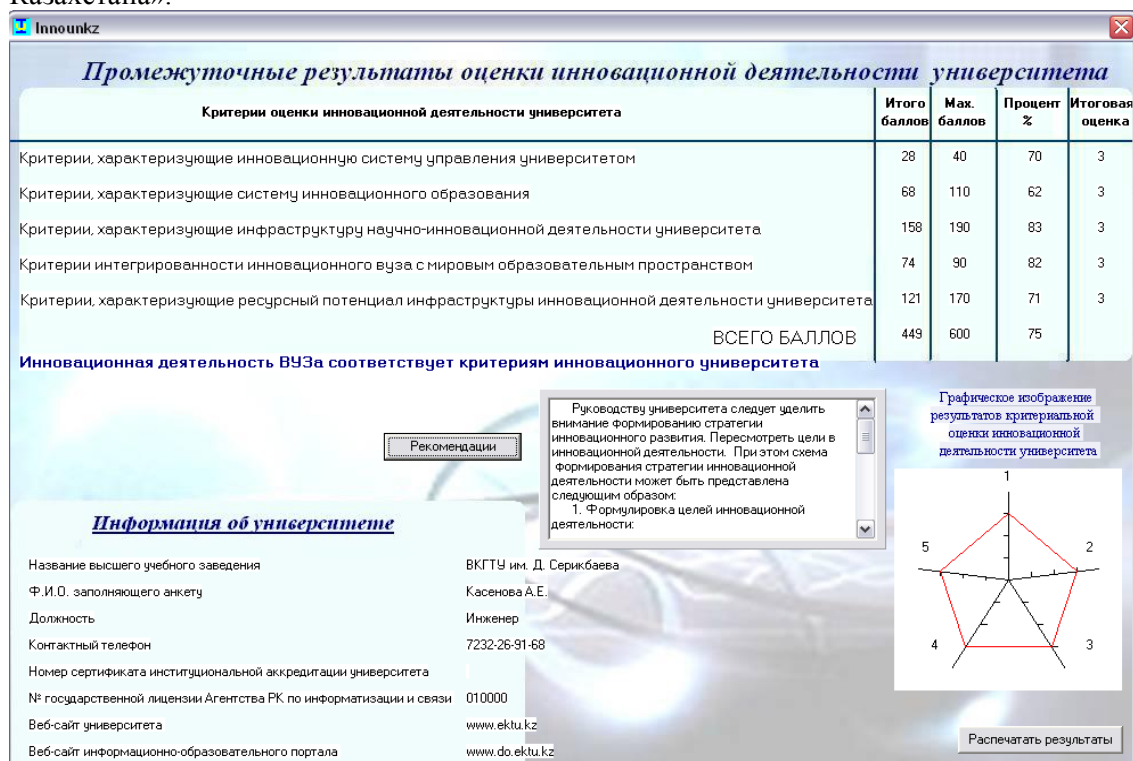


Рисунок 9 – Окно «Промежуточных результатов оценки инновационной деятельности университета»

Таким образом следует отметить, что данная программа является инструментом для эффективной оценки инновационной деятельности университета и позволяет руководству вуза принять правильные решения для оптимизации управления инновационными процессами университета.

Получено 26.08.08

УДК 004

**А.А. Куандыков**

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

**ОСНОВЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Ситуационное управление, хотя как отдельное направление в области принятия решений и управления сложными/большими объектами, существует достаточное время [1-2], все еще остается как совокупность эвристических методик и методов, разработанных для цели решения задач частного характера принятия решений (в том числе по управлению) и управления сложными и большими объектами. Отсутствует единая теоретическая база всей этой методики и методов. Причина этого кроется в том, что ситуационное управление предполагается как дополнительный, опирающийся только на субъективный опыт и эвристические знания специалиста, способ решения проблем, для решения которых пока еще не применяются математические аппараты.

Разработка различных методов и систем управления на основе понятия «ситуаций» для различных объектов осуществляется в основном эвристически.

Вместе с тем, наблюдение за ходом решения большинства проблем и задач свидетельствует о том, что их решение на основе понятия «ситуация» является единственно адекватным, полноценным и эффективным достижением цели. Применение методов ситуационного управления для некоторых задач является единственным способом решения. Но для этого следует исследовать саму сущность ситуационного управления, наряду с применением его методов для решения задачи практики.

Во-первых, в самом названии «ситуационное управление» нет ясности, отсутствует определение сути ситуационного управления. В настоящее время под ситуационным управлением понимают инженерный подход к решению задач, основанный на множестве наборов принципов, концепций, методик, методологий и методов, базирующихся на понятиях «ситуации». Причем, хотя в названии «ситуационное управление» имеется слово «управление» эти наборы методов применяются как для решения задачи принятия решений, так и задач управления различными объектами.

Методами ситуационного управления являются известные (или сводятся к известным) методы распознавания образов, принятия решений по аналогу, декомпозиции задач, накопления и обработки данных и знаний (в том числе субъективные знания специалистов), имитаций различных состояний объекта. Отсюда можно сделать вывод, что ситуационное управление состоит из совокупности известных методов.

Однако такая трактовка сущности ситуационного управления не может обеспечить успех в решении сложных задач управления. Простое объединение различных методов не может обеспечить базу для решения различных задач, возникаемых при автоматизации процессов управления сложными объектами. Необходима единая теоретико-методологическая база для развития различных методов и моделей принятия решений и управления различными объектами.

Таким образом, требуется создание теории ситуационного управления как одного из направлений теории и практики управления.

В данной работе сделана попытка построить теоретическую предпосылку для теорети-

зации методологии ситуационного управления сложных объектов. Важность этой задачи состоит в том, что ситуационное управление сложными объектами должно стать относительно самостоятельным направлением в теории и практике автоматизации процессов управления сложными объектами.

Объектами управления ситуационного управления могут быть технологические, организационные объекты, транспортные, технические, в том числе распределенные информационно-вычислительные системы, телекоммуникационные системы.

Общим принципом при управлении столь разнородных объектов является то, что методы ситуационного управления обеспечивают принятие управляющих решений на основе системного анализа состояния управляемого объекта, что и является преимуществом перед методами математической теории управления.

В качестве объекта ситуационного управления могут выступать объекты любой физической природы.

Объектом управления (ОУ) могут быть как технологический объект в целом вместе с процессами, протекающими в нем, так и процессы, происходящие в нем. В более общем случае, в качестве ОУ могут выступать очень широкие классы технических, экономических объектов и процессов.

Ситуационное управление объектом осуществляется системой управления, которую назовем системой ситуационного управления.

Из-за сложности функционирования и управления объектом сама система ситуационного управления является сложной. Механизм (т.е. закономерность) ее функционирования можно представить в двух аспектах: внешним аспектом как систему управления и внутренним аспектом как формальную дедуктивную систему.

Рассмотрим внешний аспект системы ситуационного управления как систему управления.

Концептуально систему ситуационного управления, решающую задачу управления и управление объектом на основе методов ситуационного управления можно представить традиционно (рис. 1).

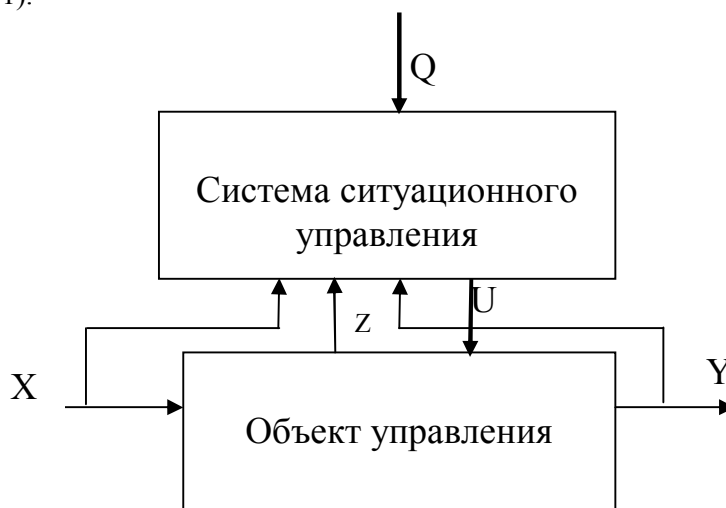


Рисунок 1

Система ситуационного управления как классическая система имеет входы ( $X$ ,  $Z$ ,  $Y$ ), выходы  $U$  и задания для управления  $Q$ .

В качестве входа выступают:

- значения параметров входного технологического потока;
- значения параметров технологических процессов, которые выполняются внутри объекта состояния конструкции объекта, рабочих и исполнительных механизмов объекта;
- значения параметров выходного технологического потока.

Возможны следующие варианты ввода информации о состоянии ОУ в систему ситуационного управления:

- полностью автоматически с датчиков измерения;
- часть данных о состоянии объекта вводится человеком-оператором субъективно;
- некоторые данные вводятся после лабораторного анализа с задержкой

Выходом системы ситуационного управления является управление, которое состоит из двух частей:

- управляющие команды в виде воздействий на рабочие органы объекта;
- информация - решение по управлению объектом для человека-оператора.

Управляющие решения состоят из действий обязательных и рекомендательных. Рекомендательные могут состоять из нескольких альтернативных вариантов, среди которых оператор сам может выбрать наиболее адекватные и эффективные.

Управляющие решения состоят из указания:

- на переход на новое целевое состояние функционирования объекта;
- критерий управления;
- плана перехода на новое целевое состояние;
- действия над объектом по переводу объекта в новое выбранное целевое состояние.

Эти действия могут выполняться как вручную, так и дистанционно сервоприводами. Особо сложные действия могут выполняться робототехническими системами.

В связи с этим при ситуационном управлении могут возникать неопределенности, связанные с субъективизмом, вносимым человеком.

Неопределенности могут быть:

- при описании и анализе состояния объекта;
- определении решений для текущего состояния объекта:
  - выбор целевого состояния;
  - определение плана перехода;
  - определение плана действий для достижения целевого состояния;
- управлении состоянием объекта по выбранному плану действий.

Построение системы ситуационного управления должно проводиться исходя из указанных и других особенностей процессов управления объектом.

Следует отметить, что для эффективного управления необходимо более полное представление объекта. Полное представление ОУ дает большой ресурс и «рычагов» управления, что обеспечит широкую маневрируемость, разнообразие вариантов управления, гибкость при управлении объектом.

Граница и состав объекта управления могут не совпадать с реальным физическим технологическим процессом или объектом. Он может быть структурным образованием из комбинации компонентов, которые входят в состав системы «ОУ-СУ». В качестве таких компонентов могут выступать следующие:



$$OU = \{ТП, КО, ДТ, РУ, ИМ, САР, СУ, ССУ, ДГ\},$$

где ТП – технологический процесс (или технологические процессы);

КО – конструкция технологического объекта;

ДТ – датчики измерения параметров (координат);

РУ – рабочие органы управления;

ИМ – исполнительные механизмы;

САР – системы локального регулирования на контроллерах;

СУ – системы управления (распределенные, которые реализованы сетью, состоящей из контроллеров и компьютеров), решающие отдельные задачи управления объектом;

ССУ – система (или системы) ситуационного управления;

НС – надсистема диагностирования и обеспечения надежности функционирования системы управления.

Во всех вариантах структурного образования объекта управления должен присутствовать технологический процесс ТП.

Компонент НС необходимо включить в состав ОУ, если планируется контроль и управление состоянием системы управления «ОУ-СУ», а также надсистемой системы управления, т.е. «ОУ-СУ-НС».

В системе ситуационного управления управление объектом ведется по состояниям (ситуациям) объекта. При этом объект управления рассматривается как источник или генератор различных дискретных состояний (ситуаций), последовательность возникновения которых управляема.

Тогда модель объекта можно представить в виде одной из формальных систем: автомата с памятью; сети Петри; формальной логической системы.

Представление функционирования в виде смены состояний (ситуаций) предполагает, что все показатели и критерии функционирования объекта будут привязаны к его состояниям (ситуациям).

Таким образом, для управления объектом экономические, производственно-технологические и технические, экологические показатели и критерии, достигаемые при функционировании ОУ, должны быть установленными применительно к состояниям ОУ. Наличие метрики сравнения различных состояний объекта, исходя из определенных показателей, позволяет выбирать предпочтительные среди них, исходя из определенных критериев при текущих условиях функционирования объекта с целью эффективного или оптимального управления им. Установление показателей и критериев, по которым следует вести управление объектом, является задачей ЛППР – лица, ответственного за качество управления объектом. Отсюда общая задача управления, решаемая системой ситуационного управления на содержательном уровне, сводится к следующей формулировке.

Если в текущем моменте времени  $t$  состояние ОУ  $S(t)$  отличается от того планового состояния  $S^{\text{пл}}(t)$ , то необходимо установить на нем такое состояние  $S^{\text{ц}}$ , при котором достигается выполнение всех требований, выбранных ЛППР к процессу управления и функционирования ОУ.

В виду сложности процессов управления данная задача является задачей большого размера и не решается за один шаг, поэтому процесс ее решения состоит из ряда последовательно решаемых задач, более меньшего размера:

- 1) определение и оценка отклонения текущего состояния от планового состояния;
- 2) определение и выбор такого нового целевого состояния функционирования ОУ  $S^{\text{ц}}$ ,

при котором показатели эффективности функционирования ОУ достигают оптимального значения;

3) определение и выбор траектории перевода состояния ОУ из текущего в выбранное целевое состояние  $S^u$  в виде последовательности ключевых состояний объекта:

$$TS = \langle S1 = S(t) \rightarrow S2 \rightarrow S3 \rightarrow S4 \rightarrow \dots \rightarrow S_n = S^u \rangle;$$

4) определение и выбор плана решения и действия, обеспечивающих перевод состояния ОУ из текущего состояния в выбранное целевое состояние  $S^u$  в виде последовательно и параллельно выполняемых действий:

$$TD = \langle D1 \rightarrow D2 \rightarrow D3 \rightarrow \dots \rightarrow Di \rightarrow \dots \rightarrow Dm \rangle,$$

где  $Di = \langle di_1, di_2, di_3, \dots, di_h \rangle$  - совокупность действий, одновременно выполняемых над объектом;

5) осуществление управления объектом по переводу его из  $S(t)$  в  $S^u$  путем реализации плана решения и действия TD согласно траектории TS, которая удовлетворяет определенным условиям оптимальности.

Требования к целевому состоянию  $S^u$  устанавливаются (определяются) исходя из выбранных критериев, заданных ЛПР к процессу управления ОУ.

Достижимые целевые состояния ОУ будут известны после определения типа и уровня патологии текущего функционального состояния ОУ.

Выбор траектории осуществляется после того, как будет установлено состояние  $S^u$ , которое следует достичь.

Таким образом, показатели и критерии качества на процесс управления определяются после того, как будет выбрано целевое состояние функционирования ОУ.

Представленные выше задачи соответствуют этапам решения общей задачи управления объектом.

Следует отметить, что в ходе управления объектом возможно возникновение режима стабилизации функционирования объекта в прежнем целевом состоянии  $S^{muc}$ . При этом возможно, что то состояние, которое до текущего момента времени  $t$  являлось плановым состоянием  $S^{muc}$  и в нем система управления текущее функциональное состояние стабилизировала, может быть целевым состоянием и для нового периода управления ОУ. В таком случае задача управления сводится к стабилизации выбранного ранее целевого состояния функционирования объекта.

Выбор состояния и траектории перевода производится исходя из требований:

- технической и технологической устойчивости, надежности и безопасности функционирования объекта;
  - качества и себестоимости выпускаемой продукции;
  - производительности, функционирования объекта,
- а также других экологических и экономических требований функционирования объекта.

Состояние объекта, при котором требуется управление его состоянием, назовем «состояние-управление» или «ситуация-управление».

Процесс, связанный с управлением объекта после возникновения состояния-управления до полного установления целевого состояния функционирования объекта, назовем циклом управления. Каждая из приведенных задач решается на отдельном этапе цикла управления ОУ.

Основными требованиями к выполнению каждого цикла управления являются гибкость, эффективность и надежность его выполнения.

Эти требования достигаются путем выполнения множества других требований иерархическим путем.

На первом уровне следует достичь выполнения прозрачности, наблюдаемости, автономности и эффективности процессов решения задачи управления на каждом этапе цикла ситуационного управления объектом.

Для выполнения этих требований на втором уровне следует выполнять требования:

- максимальной локализации процесса решения отдельной задачи;
- минимизации взаимосвязи между процессами различных задач;
- применения принципа фрактальности к стратегиям решения каждой задачи.

Далее эти требования должны детализироваться на алгоритмических и процедурных уровнях и на уровне данных.

Выполнение всех этих критериев, обеспечивающих построение эффективной системы ситуационного управления, требует более полной математической формулировки задачи ситуационного управления, разработки эффективных методов и алгоритмического обеспечения решения задачи ситуационного управления, которые будут изложены в последующих работах автора.

#### Список литературы

1. Поспелов Д.А. Мышление и автоматы / Д.А. Поспелов, В.Н. Пушкин. – М.: Советское радио, 1972. – 224 с.
2. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. –М.: Энергия, 1974. – 134 с.

Получено 2.09.08

УДК 504. 062: 574 (574)

**Е.А. Малгаждаров**

ВКГУ им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СТУЩАЮЩИХСЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ СЕТОК В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОБЛАСТЯХ ГОРОДА**

При численном моделировании пограничного слоя атмосферы особую сложность представляет учет орографии местности и высотные здания в городских застройках. Для решения таких проблем на сегодняшний день существует ряд способов: метод фиктивных областей и построение ортогональных криволинейных сеток. Построение ортогональных криволинейных сеток на физической области исследования дает возможность получать более качественную картину, и повышает его точность даже при умеренном количестве узлов.

Основу рассматриваемой нами численной модели для города Усть-Каменогорска составляют пространственные негидростатические численные модели локальных атмосферных процессов и переноса примесей [1,2]:

$$\frac{\partial \phi'}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \phi' = -(1 - \alpha) \frac{\partial \pi}{\partial q} + \frac{\partial}{\partial z} \left( \nu_u \frac{\partial \phi'}{\partial z} \right) + \Delta \phi' + F, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial \phi^i}{\partial q_i} = 0, \quad (2)$$

здесь  $\phi' = (u, v, \omega, \theta, \varphi)$ ;  $q = (x, y, z)$ ;  $\alpha = (0, 0, 0, 1, 1)$ ;

$$F = (lv, -lu, \lambda\theta, -u(S\delta_x + \theta_x) - v(S\delta_y + \theta_y) - \delta\varphi + f); \Delta = \frac{\partial}{\partial x} \mu_1 \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu_2 \frac{\partial}{\partial y};$$

$$(\vec{u} \cdot \nabla) \phi' = (u, v, \omega) \cdot \left( \frac{\partial \phi'}{\partial x}, \frac{\partial \phi'}{\partial y}, \frac{\partial \phi'}{\partial z} \right) = u \frac{\partial \phi'}{\partial x} + v \frac{\partial \phi'}{\partial y} + \omega \frac{\partial \phi'}{\partial z}; \vec{u} - \text{вектор скорости ветра; } \pi - \text{давления; } \lambda, S - \text{параметры конвекции и стратификации; } \mu_1, \mu_2 - \text{горизонтальные коэффициенты турбулентности для количества движения и тепла; } \theta_x, \theta_y - \text{горизонтальные градиенты фоновой потенциальной температуры, } l - \text{параметр Кориолиса, } z = z_1 - \delta(x, y),$$

$z_1$  - высота над уровнем моря, уравнение  $z_1 = \delta(x, y)$  описывает рельеф,  $\varphi$  - концентрация вредных примесей в атмосфере.

Система уравнений (1), (2) для города решается со следующими граничными условиями:

$$\phi' = \phi'^0 \text{ при } t = 0,$$

$$u = f_1(y, z, t), v = f_2(y, z, t), \omega = 0, \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0, \varphi = \varphi^0 \text{ при } x = 0, 0 \leq y \leq Y,$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0, v = 0, \omega = 0, \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0, \frac{\partial \varphi}{\partial x} = 0 \text{ при } x = X, 0 \leq y \leq Y, \quad (3)$$

$$u = f_1(x, z, t), v = f_2(x, z, t), \omega = 0, \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0, \varphi = \varphi^0 \text{ при } y = 0, 0 \leq x \leq X,$$

$$u=0, \frac{\partial v}{\partial y}=0, \omega=0, \frac{\partial \theta}{\partial y}=0, \frac{\partial \varphi}{\partial y}=0 \text{ при } y=Y, 0 \leq x \leq X,$$

$$u=0, v=0, \theta=0, \omega=0, \pi=0, \varphi=0 \text{ при } z=H,$$

$$\omega=0, h \frac{\partial u}{\partial z}=a_u u, h \frac{\partial v}{\partial z}=a_v v, h \frac{\partial \theta}{\partial z}=a_\theta (\theta - \theta_0), \varphi_0 = \frac{f_s + a_\theta \varphi_h v_h}{\beta + a_\theta v_h} \text{ при } z=h,$$

здесь  $a_u = \frac{\varphi_u(\xi_h)}{f_u(\xi_h, \xi_0)}$ ,  $a_\theta = \frac{\varphi_\theta(\xi_h)}{f_\theta(\xi_h, \xi_0)}$ ;  $H$  – условная высота пограничного слоя атмосферы;  
 $X, Y$  – боковые границы области.

Граничные условия  $u = f_1(y, z, t)$ ,  $v = f_2(y, z, t)$  и условия в приземном слое атмосферы моделируют физический смысл происходящих процессов. А остальные граничные условия требуют гладкости возмущений и выполнения уравнения неразрывности в окрестности границы интегрируемой области.

Основой для физического описания приземного слоя атмосферы выбрана теория подобия Монина-Обухова и эмпирические функции из работы [3].

В данной работе физической областью является территория города Усть-Каменогорска размером  $22\,000 \times 20\,000 \text{ м}^2$  и высотой 2500 м, нижняя граница совпадает с рельефом местности (рис. 1).

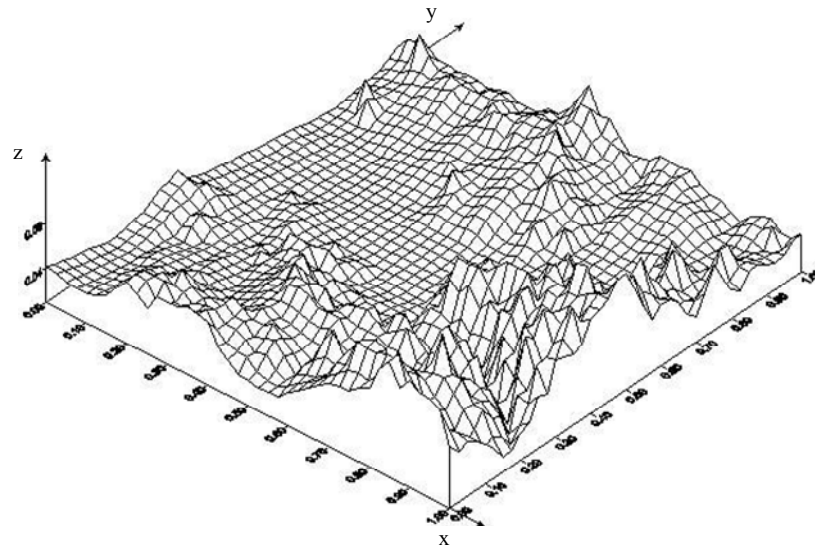


Рисунок 1 – Нижняя граница физической области

На горизонтальных плоскостях наложим сетку со сгущениями в центральной части города, где расположены основные улично-дорожные сети и высотные здания города (рис. 2), а по высоте сетка не имеет сгущения.

В окрестности точки  $x_c, y_c$  сгущения сетки проводились по следующим формулам [4]:

$$x = x_c \left\{ 1 + \frac{\operatorname{sh} \left[ \tau \left( \frac{\xi}{L} - B_x \right) \right]}{\operatorname{sh}(\tau \cdot B_x)} \right\}, \quad y = y_c \left\{ 1 + \frac{\operatorname{sh} \left[ \tau \left( \frac{\eta}{L} - B_y \right) \right]}{\operatorname{sh}(\tau \cdot B_y)} \right\}, \quad (4)$$

где

$$B_x = \frac{1}{2\tau} \ln \left[ \frac{1 + (e^\tau - 1)(x_c/L)}{1 + (e^{-\tau} - 1)(x_c/L)} \right], \quad B_y = \frac{1}{2\tau} \ln \left[ \frac{1 + (e^\tau - 1)(y_c/L)}{1 + (e^{-\tau} - 1)(y_c/L)} \right], \quad 0 < \tau < \infty.$$

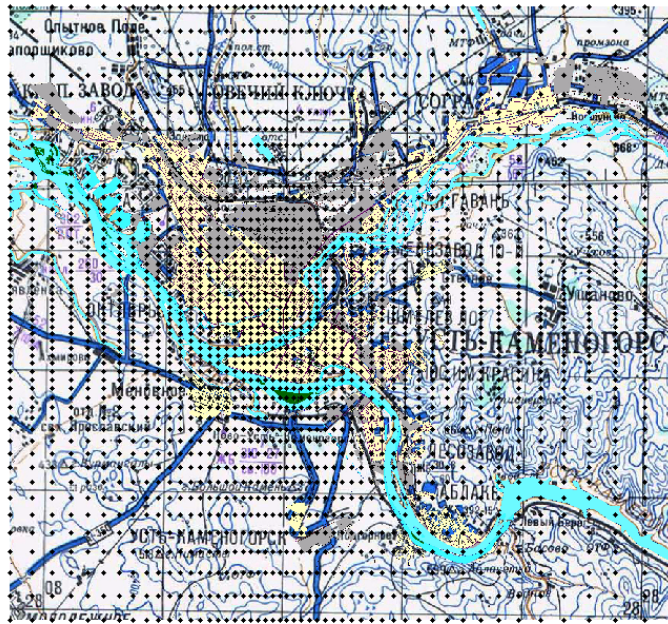


Рисунок 2 – Узлы сеток со сгущениями, наложенных на карту города

Во всей физической области построена ортогональная криволинейная сетка, которая с высотой выпрямляется и на верхней границе является плоскостью (рис. 3).

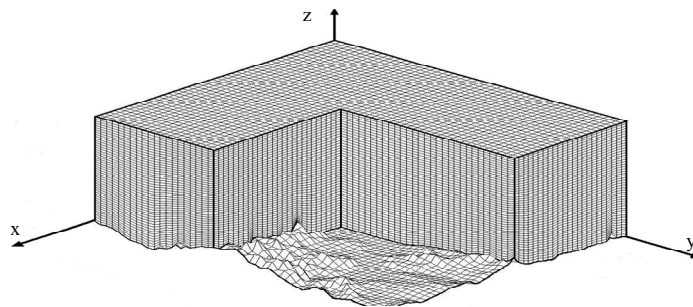


Рисунок 3 – Пространственное представление криволинейной сетки

Для построения ортогональных сеток использовался трехмерный аналог эквираспре-

деления (ED3-метод), который используется для построения сетки в области  $\Omega$  с неподвижной границей [5]. Физическую область  $\Omega$  с помощью отображения

$$x^\alpha = x^\alpha(q^1, q^2, q^3), \quad \alpha = 1, 2, 3 \quad (5)$$

отобразим в прямоугольный параллелепипед  $Q$ .

Так как линейная функция  $x^\alpha(q^1, q^2, q^3) = x^\alpha$  удовлетворяет уравнению Лапласа, то для гладких функций  $x^\alpha$ , задающих преобразование координат (5), будут выполняться следующие тождества, вытекающие из записи оператора Лапласа в новых координатах:

$$\frac{\partial}{\partial q^\gamma} \left( J g^{\gamma\beta} \frac{\partial x^\alpha}{\partial q^\beta} \right) = 0, \quad \alpha, \beta, \gamma = 1, 2, 3. \quad (6)$$

Для ортогонального отображения при выполнении условий

$$g_{12} = 0, g_{13} = 0, g_{23} = 0 \quad (7)$$

тождества (6) принимают вид уравнений, не содержащих смешанные производные от функций  $x^\alpha$ :

$$\frac{\partial}{\partial q_1} \left( \frac{g_{22}g_{33}}{J} \frac{\partial x^\alpha}{\partial q_1} \right) + \frac{\partial}{\partial q_2} \left( \frac{g_{11}g_{33}}{J} \frac{\partial x^\alpha}{\partial q_2} \right) + \frac{\partial}{\partial q_3} \left( \frac{g_{11}g_{22}}{J} \frac{\partial x^\alpha}{\partial q_3} \right) = 0, \quad \alpha = 1, 2, 3. \quad (8)$$

Численное решение разностного аналога системы уравнений (8) осуществляется методом установления, по разностной схеме типа стабилизирующей поправки [6]:

$$(E - \tau_0 \Lambda_1)(E - \tau_0 \Lambda_2)(E - \tau_0 \Lambda_3) \frac{x_{i,j,k}^{\alpha,n+1} - x_{i,j,k}^{\alpha,n}}{\tau} = (\Lambda_1 + \Lambda_2 + \Lambda_3) x_{i,j,k}^{\alpha,n}, \quad (9)$$

где  $E$  - единичный оператор,  $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3$  - разностные аналоги соответствующих дифференциальных операторов из (8).

На боковых границах брались фиксированные точки с монотонным распределением по высоте.

Использование декартовой системы координат для адекватного описания течений воздушного потока со сложной топологией, при решении задач конечно-разностными методами, представляется сложным в описании расчетной сетки, т.к. она не является прямоугольной.

Для учета орографии местности перейдем от декартовой системы координат  $(x, y, z)$  в вычислительную область  $(\xi, \eta, \zeta)$ , обозначив через  $\xi = x, \eta = y, \zeta = z - \delta(x, y)$ , здесь  $\xi, \eta$  взаимно ортогональны и направлены вдоль рельефа, а  $\delta(x, y)$  - функция, описывающая рельеф.

Система уравнений (1), (2) преобразуется в соответствии с правилами дифференцирования сложных функций. Преобразование общего вида подробно описано в работе [4]. Например:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} &= \xi_x \frac{\partial}{\partial \xi} + \eta_x \frac{\partial}{\partial \eta} + \zeta_x \frac{\partial}{\partial \zeta} \Rightarrow \frac{\partial}{\partial x} = \xi_x \frac{\partial}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial}{\partial \zeta}; \\ \frac{\partial}{\partial y} &= \xi_y \frac{\partial}{\partial \xi} + \eta_y \frac{\partial}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial}{\partial \zeta} \Rightarrow \frac{\partial}{\partial y} = \eta_y \frac{\partial}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial}{\partial \zeta}; \end{aligned}$$

$$\frac{\partial}{\partial z} = \xi_z \frac{\partial}{\partial \xi} + \eta_z \frac{\partial}{\partial \eta} + \zeta_z \frac{\partial}{\partial \zeta} \Rightarrow \frac{\partial}{\partial z} = \zeta_z \frac{\partial}{\partial \zeta}.$$

После несложных преобразований получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \phi'}{\partial \tau} + \xi_x \bar{u} \frac{\partial \phi'}{\partial \xi} + \eta_y \bar{v} \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} + \zeta_z \bar{\omega} \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} + (1 - \alpha) \left( \xi_x \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \zeta} \right) = \\ & = \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \xi} \right) \xi_x^2 + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} \right) \eta_y^2 + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \nu \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \right) \zeta_z^2 + \Phi_{\phi'} + F_{\phi'}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\xi_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial \zeta} + \eta_y \frac{\partial \bar{v}}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial \bar{v}}{\partial \zeta} + \zeta_z \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \zeta} = 0, \quad (11)$$

здесь

$$\phi' = (\bar{u}, \bar{v}, \bar{\omega}, \bar{\theta}, \bar{\varphi}); \quad \alpha = (0, 0, 0, 1, 1);$$

$$\begin{aligned} \Phi_{\phi'} = & -(\zeta_x \bar{u} + \zeta_y \bar{v}) \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} + \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \xi} \xi_{xx} + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \xi} \right) \xi_x \zeta_x + \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \zeta_{xx} + \\ & + \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \right) \xi_x \zeta_x + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \right) \zeta_x^2 + \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} \eta_{yy} + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} \right) \eta_y \zeta_y + \\ & + \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \zeta_{yy} + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \right) \eta_y \zeta_y + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \right) \zeta_y^2 + \nu \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \zeta_{zz}, \\ F_{\phi'} = & (l\bar{v} - l\bar{u}, \lambda\bar{\theta}, -u(S\zeta_x + \xi_x \bar{\theta}_\xi + \zeta_x \bar{\theta}_\zeta) - v(S\zeta_y + \eta_y \bar{\theta}_\eta + \zeta_y \bar{\theta}_\zeta), f). \end{aligned}$$

Преобразование граничных условий для системы (10) - (11):

$$\begin{aligned} \bar{u} = f_1(\xi, \zeta, t), \quad \bar{v} = f_2(\xi, \zeta, t), \quad \bar{\omega} = 0, \quad \xi_x \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} = 0, \quad \bar{\varphi} = \varphi^0 \quad \text{при } \xi = 0, \quad 0 \leq \eta \leq 1, \\ \xi_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial \zeta} = 0, \quad \bar{v} = 0, \quad \bar{\omega} = 0, \quad \xi_x \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} = 0, \quad \xi_x \frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial \zeta} = 0 \quad \text{при } \xi = 1, \quad 0 \leq \eta \leq 1, \\ \bar{u} = f_1(\eta, \zeta, t), \quad \bar{v} = f_2(\eta, \zeta, t), \quad \bar{\omega} = 0, \quad \eta_y \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} = 0, \quad \bar{\varphi} = \varphi^0 \quad \text{при } \eta = 0, \quad 0 \leq \xi \leq 1, \\ \bar{u} = 0, \quad \eta_x \frac{\partial \bar{v}}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial \bar{v}}{\partial \zeta} = 0, \quad \bar{\omega} = 0, \quad \eta_y \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} = 0, \quad \eta_y \frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial \zeta} = 0 \quad \text{при } \eta = 1, \quad 0 \leq \xi \leq 1, \\ \bar{u} = 0, \quad \bar{v} = 0, \quad \bar{\theta} = 0, \quad \bar{\omega} = 0, \quad \bar{\pi} = 0, \quad \bar{\varphi} = 0 \quad \text{при } \zeta = 1, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\bar{\omega} = 0, \quad \zeta_z \frac{\partial \bar{u}}{\partial \zeta} = a_u \bar{u}, \quad \zeta_z \frac{\partial \bar{v}}{\partial \zeta} = a_v \bar{v}, \quad \zeta_z \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} = a_\theta (\bar{\theta} - \theta_0), \quad \varphi_0 = \frac{f_s + a_\theta \bar{\varphi}_h v_h}{\beta + a_\theta v_h} \quad \text{при } \zeta = h.$$

Для решения системы уравнений (9) – (11) используется одна из схем метода расщепления по физическим процессам [2], которая с успехом применялась для решения целого ряда задач гидродинамики.

Решение на временном шаге  $t^j \leq t \leq t^{j+1}$  представим как последовательность трех более



простых задач:

1. Адвективно-диффузионный перенос субстанций с учетом силы Кориолиса:

$$\frac{\partial \phi'}{\partial \tau} + \xi_x \bar{u} \frac{\partial \phi'}{\partial \xi} + \eta_y \bar{v} \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} + \zeta_z \bar{\omega} \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \mu_x \frac{\partial \phi'}{\partial \xi} \right) \xi_x^2 + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \mu_y \frac{\partial \phi'}{\partial \eta} \right) \eta_y^2 + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \nu \frac{\partial \phi'}{\partial \zeta} \right) \zeta_z^2 + \Phi_{\phi'} + F_{\phi'}, \quad (13)$$

где  $\phi' = (\bar{u}, \bar{v}, \bar{\omega})$ .

2. Согласование мезометеорологических полей и изменение температуры:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial \tau} = -\xi_x \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \xi} - \zeta_x \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \zeta}; \quad (14)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial \tau} = -\eta_y \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \eta} - \zeta_y \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \zeta}; \quad (15)$$

$$\frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \tau} = -\zeta_z \frac{\partial \bar{\pi}}{\partial \zeta}; \quad (16)$$

$$\xi_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial \xi} + \zeta_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial \zeta} + \eta_y \frac{\partial \bar{v}}{\partial \eta} + \zeta_y \frac{\partial \bar{v}}{\partial \zeta} + \zeta_z \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \zeta} = 0; \quad (17)$$

$$\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \tau} + \xi_x \bar{u} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \xi} + \eta_y \bar{v} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \eta} + \zeta_z \bar{\omega} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \mu_x \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \xi} \right) \xi_x^2 + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \mu_y \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \eta} \right) \eta_y^2 + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \nu \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \zeta} \right) \zeta_z^2 + \Phi_{\bar{\theta}} + F_{\bar{\theta}}. \quad (18)$$

3. Перенос загрязняющих примесей в атмосфере:

$$\frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \tau} + \xi_x \bar{u} \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \xi} + \eta_y \bar{v} \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \eta} + \zeta_z \bar{\omega} \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \mu_x \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \xi} \right) \xi_x^2 + \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \mu_y \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \eta} \right) \eta_y^2 + \frac{\partial}{\partial \zeta} \left( \nu \frac{\partial \bar{\phi}}{\partial \zeta} \right) \zeta_z^2 + \Phi_{\bar{\phi}} + f_s. \quad (19)$$

При решении систем уравнений (10)-(11) в первую очередь рассматриваются гидродинамические аспекты проблемы – взаимодействие воздушной массы с подстилающей поверхностью, формирование острова тепла и локальных циркуляций на фоне внешнего потока. На развитие атмосферных процессов в рассматриваемом промышленном городе, кроме природных факторов, влияет широкий спектр возмущений антропогенного происхождения. Чтобы учесть их суммарный эффект, в численной модели была заложена возможность изменения ее структуры в зависимости от характерных пространственно-временных масштабов антропогенных источников и исследуемых явлений (13)-(18). Затем на каждом временном шаге, используя решение мезометеорологической задачи, решается уравнения переноса примесей и диффузии (19).

#### Список литературы

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 319 с.
2. Пененко В.В. Модели и методы для задач охраны окружающей среды/ В.В. Пененко, А.Е. Алоян. – Новосибирск: Наука, 1985. – 254 с.
3. Ньистадта Ф.Т.М. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей/ Ф.Т.М. Ньистадта, Х. Ван Допа. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 352 с.
4. Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен/ Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 392 с.
5. Хахимзиянов Г.С. Численное моделирование течений жидкости с поверхностными волнами/ Г.С. Хахимзиянов, Ю.И. Шокин, В.Б. Барахнин, Н.Ю. Шокина. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 394 с.
6. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1983. – 616 с.

Получено 23.07.08

**А.М. Уркумбаева**  
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ  
ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

При стремлении большей части населения к улучшению своих жилищных условий жилищное строительство признано одним из приоритетных направлений Стратегии развития Казахстана до 2030 года и является одной из наиболее важных задач общенационального характера. Повышение конкурентоспособности экономики Казахстана в среднесрочной перспективе требует новой политики в жилищном строительстве.

В своем Послании народу Казахстана в марте 2004 года Президент объявил о начале реализации с 2005 года новой политики в жилищном строительстве, суть которой заключается в обеспечении доступности жилья для более широких слоев населения через удешевление его стоимости, увеличение сроков жилищного кредитования, снижение первоначальных взносов и ставки кредитования. Основная задача новой политики – сделать рынок жилья более доступным для людей, сократить диспропорцию между стоимостью жилья и доходами населения.

В целях реализации поставленных задач были разработаны Государственная программа развития жилищного строительства в Республике Казахстан на 2005-2007 годы, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 11 июня 2004 года № 1388 и Государственная программа жилищного строительства в Республике Казахстан на 2008-2010 годы, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 20.08.2007 года № 383.

Государственная программа - программа, разрабатываемая Правительством Республики Казахстан и утверждаемая Президентом Республики Казахстан по вопросам, имеющим межотраслевой характер, направленным на решение наиболее важных задач социально-экономического развития и обеспечение обороноспособности, правопорядка, законности и безопасности государства.

В целях обеспечения единого подхода к разработке и реализации государственных программ в Республике Казахстан были утверждены Указом Президента Республики Казахстан от 2 июня 2003 года № 1099 Правила разработки и реализации государственных программ в Республике Казахстан.

В правилах выделяются следующие этапы:

- 1) реализация государственной программы;
- 2) проведение постоянного мониторинга;
- 3) осуществление оценки эффективности реализации государственной программы;
- 4) принятие решения о завершении (продолжении) государственной программы.

Процесс осуществления мониторинга за реализацией государственной программы состоит:

1) из проведения государственным органом, ответственным за разработку государственной программы, постоянного мониторинга за ходом реализации государственной программы;

2) представления организациями-соисполнителями отчетов по исполнению закрепленных за ними разделов государственной программы и пунктов плана мероприятий госу-

дарственному органу, ответственному за разработку государственной программы, в установленные сроки;

3) периодического представления государственным органом, ответственным за разработку государственной программы, отчетов по реализации государственной программы в Администрацию Президента Республики Казахстан, Правительство Республики Казахстан и уполномоченный орган и при необходимости - подготовки предложений по внесению изменений в нее.

При проведении мониторинга программы необходимо отслеживать

- 1) использование ресурсов (соответствие потраченных ресурсов плану);
- 2) процесс выполнения программы (соответствие содержания и сроков мероприятий графику выполнения работ; соблюдение технологий, методов, процедур);
- 3) результаты (в какой мере удастся достигать поставленных целей);
- 4) влияние (как влияет программа на ситуацию, в чем заключается это влияние).

С целью более эффективного решения вышеприведенных задач необходимо создание информационной системы мониторинга, которая будет способствовать повышению оперативности и эффективности принятия решений по управлению программами, повышению прозрачности и достоверности показателей реализации государственных программ.

Для того чтобы проводить мониторинг программы, необходимо заранее определить ее характеристики и в процессе проведения мониторинга проводить соответствующие измерения и сравнивать фактические характеристики программы с плановыми показателями.

В соответствии с системным подходом для построения системы мониторинга программы необходимо:

- определить измеряемые показатели (индикаторы), по которым можно будет отслеживать ход программы;
- установить источники информации для проведения мониторинга (организации, отделы, отдельные люди или группы людей, документы и т.д.);
- выбрать методы сбора информации;
- определить частоту и график сбора информации;
- назначить ответственных за получение необходимой информации и договориться с теми, кто эту информацию будет предоставлять;
- определить технологию обработки и анализа получаемой информации;
- спланировать, как и кому будут переданы данные мониторинга, а также кто и как будет их использовать.

Смоделировать процесс реализации государственной жилищной программы для установления источников и потребителей информации и ответственных лиц можно с помощью диаграммы деятельности UML (рис.1).

Разработана и утверждена государственная программа развития жилищного строительства, на основании которой производится выделение средств из республиканского и местного бюджетов. Строительство коммунального жилья для социально защищаемых слоев населения ведется за счет трансфертов из республиканского бюджета, ипотечного жилья – за счет кредитных средств, выделяемых из республиканского бюджета, а также трансфертов на строительство инженерных коммуникаций. Кредитные средства на строительство ипотечного жилья направляются из республиканского в областной бюджет, затем, согласно бюджетному законодательству, акимам городов и районов, где распределяются по администраторам программы. После завершения строительства реализа-

цией жилья занимаются акимы городов и районов в лице уполномоченных органов (департамент жилья или отделы ЖКХ). Средства от реализации возвращаются в республиканский бюджет. Правительством установлены сроки возврата этих средств. До этого срока на местном уровне администраторы имеют право использовать эти средства для рефинансирования в рамках реализации программы. Средства, выделенные на строительство коммунального жилья и инженерных коммуникаций в республиканский бюджет не возвращаются, возвращаются только неосвоенные средства, в том числе и экономия от проведенных конкурсов.

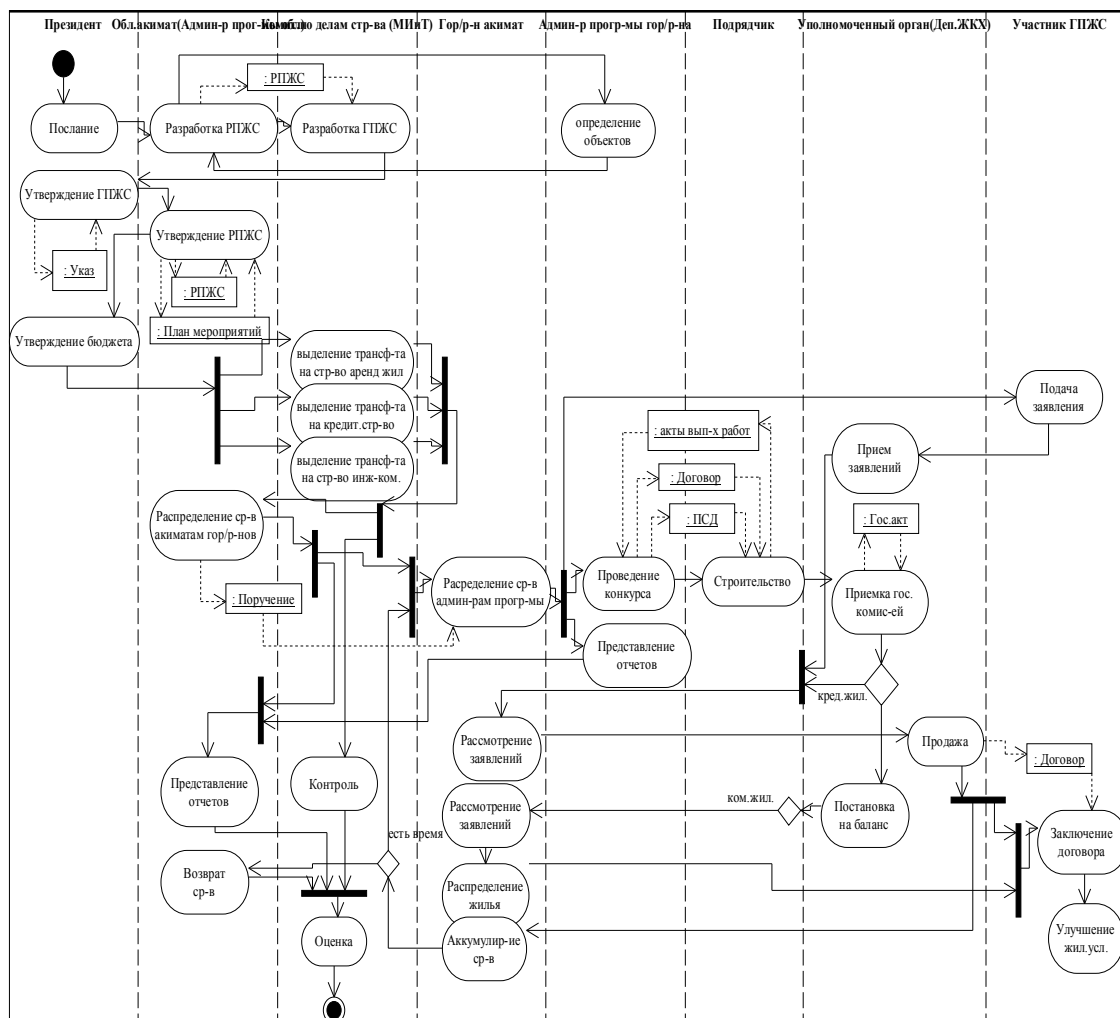


Рисунок 1 – Диаграмма деятельности

В программе принимают участие многие государственные органы, участники строительно-инвестиционного комплекса и граждане РК. В связи с этим существует достаточный объемный документооборот (рис. 2). Основные документы:

- 1) Указ Президента РК «О Государственной программе жилищного строительства в РК на 2008-2010 годы» от 20.08.2007 года № 383;
- 2) Постановление Правительства РК от 01.10.2007 № 867 «Об утверждении Плана ме-

роприятий по реализации Государственной программы жилищного строительства в РК на 2008-2010 годы»;

3) Указ Президента РК «Об образовании Государственной комиссии по контролю за реализацией Государственной программы жилищного строительства в РК на 2008-2010 годы» от 29.12.2007 года №503;

4) Распоряжение Премьер-Министра РК от 21.09.2007 г. № 263-р «О создании рабочей группы по проведению мониторинга рынка строительства жилья»;

5) региональная программа жилищного строительства;

6) решение областного Маслихата «Об областном бюджете»;

7) постановление областного акимата «О внесении изменений и дополнений в постановление «О реализации решения областного Маслихата «Об областном бюджете»;

8) приложение 9 «Целевые трансферты на развитие бюджетам районов/городов на строительство жилья»;

9) заявка на изменение Планов финансирования по обязательствам администратора бюджетных программ;

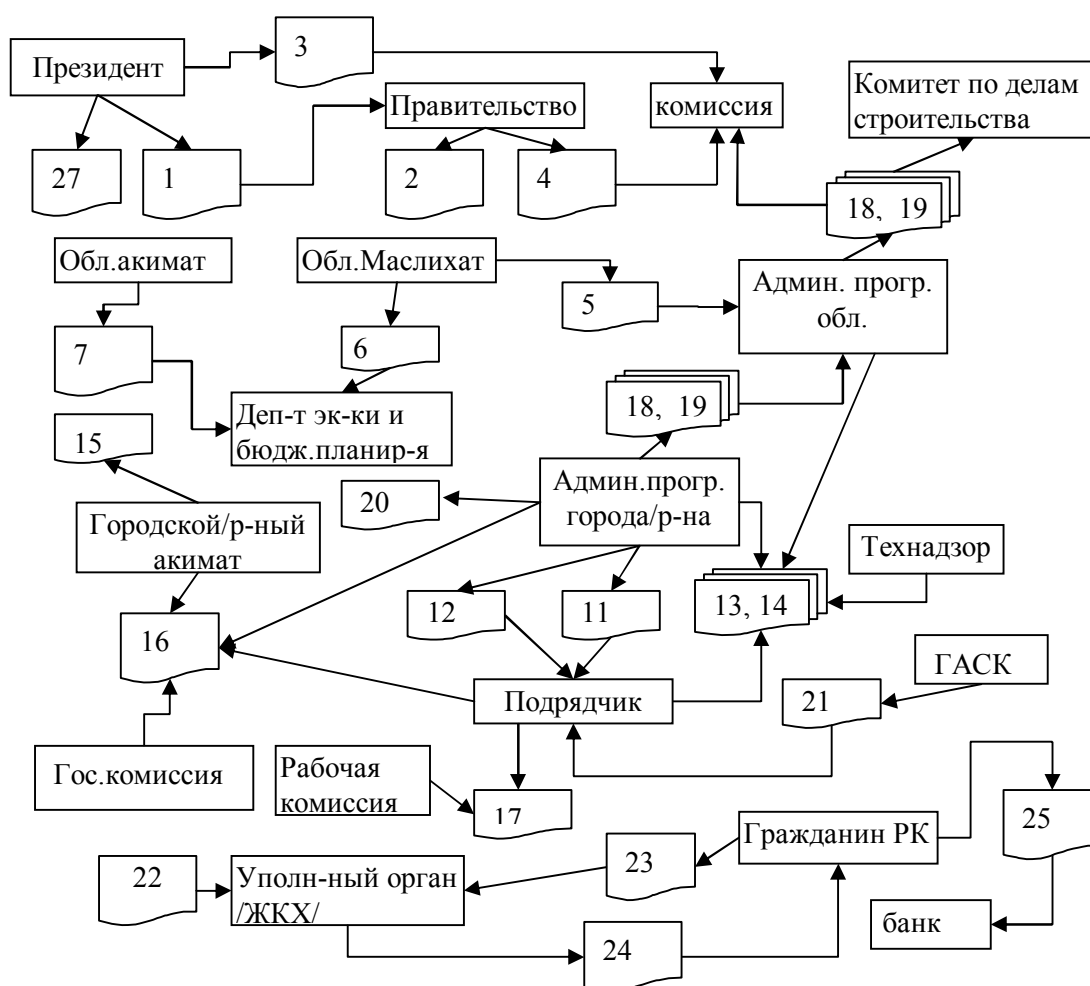


Рисунок 2 – Схема документооборота

10) заявка на изменение Планов финансирования по платежам администратора бюджетных программ;

11) договор на строительство;

12) проектно-сметная документация;

13) акт приемки выполненных работ;

14) справка стоимости выполненных работ;

15) распоряжение акимата города/района об утверждении актов государственной приемочной комиссии о приемке законченных строительных объектов в эксплуатацию;

16) акт государственной приемочной комиссии о приемке построенного объекта в эксплуатацию;

17) акт рабочей комиссии о приемке в эксплуатацию законченного строительного объекта;

18) приложение 1, 2 (ежемесячно) с сопроводительным письмом;

19) ежеквартальные отчеты Ф1, Ф2;

20) протокол конкурсной комиссии об итогах конкурса;

21) разрешение на производство строительно-монтажных работ;

22) технический паспорт;

23) заявление от граждан РК;

24) договор купли-продажи;

25) договор банковского займа;

26) направление на подтверждение кредитоспособности;

27) Послание Президента народу Казахстана.

В соответствии со структурой распределения финансовых средств и составом информационных потоков в основу информационного обеспечения системы мониторинга должна быть положена иерархическая модель данных, позволяющая получать данные как в разрезе администраторов программ, так и в разрезе объектов строительства. Основные таблицы базы данных представлены на диаграмме классов (рис.3).

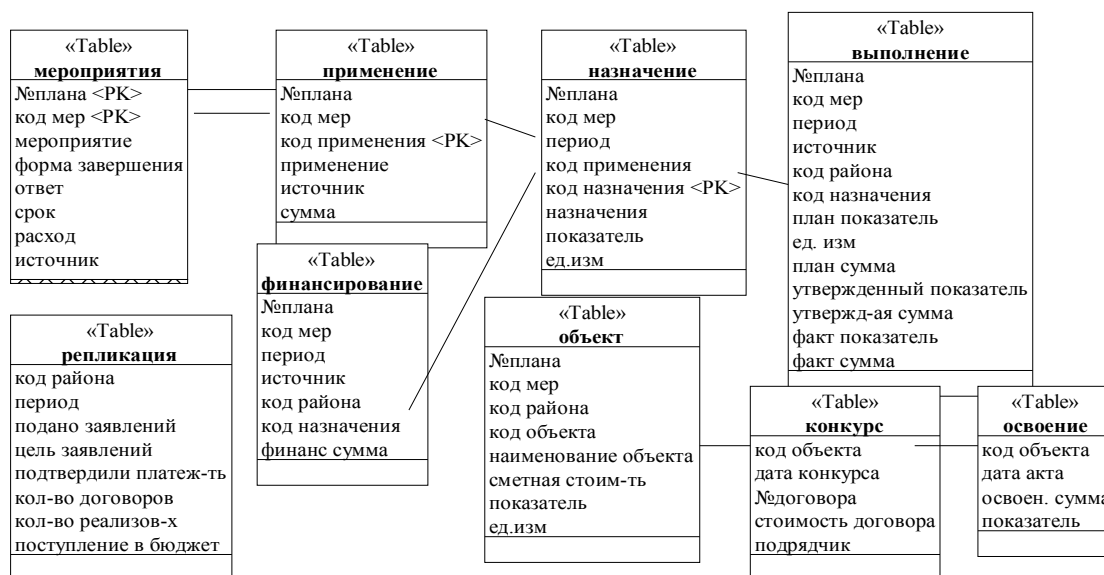


Рисунок 3 – Диаграмма классов

Как видно из диаграммы деятельности и схемы документооборота, необходима распределенная обработка данных, которую визуально можно представить с помощью диаграммы развертывания UML (рис. 4).

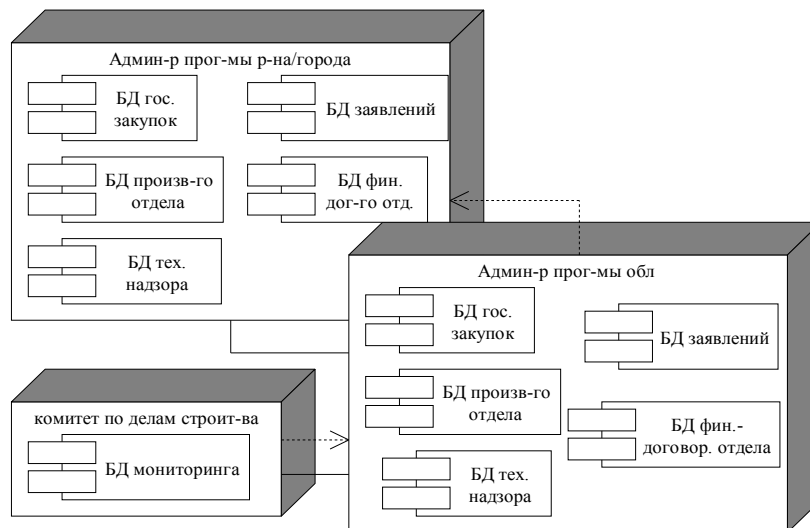


Рисунок 4 – Диаграмма развертывания

Список литературы

1. Кузьмин А. Мониторинг и оценка социальных программ. – М.: Компания «Процесс Консалтинг».

Получено 10.09.08

УДК 621.311

**Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Б.М. Бегентаев**

ПГУ им. С. Торайгырова, г. Павлодар

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В НЕСИММЕТРИЧНОЙ СЕТИ  
С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В**

При эксплуатации действующих электроустановок напряжением до 1000 В на горных предприятиях имеет место повреждение изоляции. Для определения величины поврежденной изоляции, а также определения полной, емкостной и активной проводимостей изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В необходимо разработать инженерную методику для экспериментального исследования в условиях работы электроустановок на горных предприятиях.

Для проведения экспериментальных исследований в сетях напряжением до 1000 В, необходимо использовать метод определения параметров изоляции в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В. Раз-

работанный метод основан на измерении величин модулей линейного напряжения –  $U_L$  и напряжения фаз  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости  $g_1$  между фазой А электрической сети и землей.

Для реализации метода разработана методика экспериментального исследования состояния изоляции в симметричной сети напряжением до 1000 В, которая поясняется схемой электрической принципиальной (рис. 1).

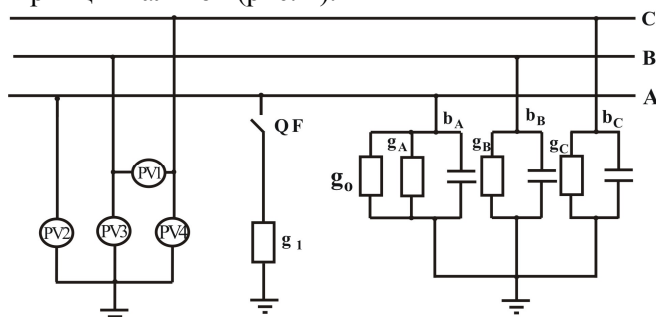


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная исследования параметров изоляции в сети напряжением до 1000 В

Схема содержит:

- исследуемую трехфазную электрическую сеть с изолированной нейтралью, с фазами А, В и С;
- вольтметр PV1, измеряющий величину модуля линейного напряжения –  $U_L$ ;
- вольтметр PV2, измеряющий величину модуля напряжения фазы А относительно земли –  $U_A$  при подключении дополнительной проводимости между фазой А электрической сети и землей;
- вольтметры PV3 и PV4, измеряющие величины модулей напряжения фазы В и С относительно земли –  $U_B$ ,  $U_C$ ;
- выключатель нагрузки QF, коммутирующий активную дополнительную проводимость между одной из фаз сети и землей;
- активную дополнительную проводимость  $g_1$ , подключаемую между одной из фаз сети и землей;
- активную проводимость повреждения  $g_o$  изоляции фазы электрической сети относительно земли;
- емкостные проводимости изоляции сети  $b_A$ ,  $b_B$ ,  $b_C$ ;
- активные проводимости изоляции сети  $g_A$ ,  $g_B$ ,  $g_C$ .

Для измерений величин модуля напряжения использован вольтметр Э-515 с кл. точности 0,5 и с пределами измерения напряжения  $U = 0 \div 500$  В.

В качестве активной дополнительной проводимости использованы сопротивления типа ПЭ-200 с номинальной величиной  $R = 1000$  Ом.

Путем параллельно-последовательного соединения сопротивления ПЭ-200 мощность рассеивания составила 1,0 кВт, при этом для дополнительной проводимости определения параметров изоляции задана величина  $R = 1000$  Ом.

Экспериментальные исследования состояния изоляции в трехфазной несимметричной сети напряжением до 1000 В проводятся по следующей программе:



1. Выбирается резервный выключатель нагрузки.
2. Проводится опробование на работоспособность выключателя нагрузки QF.
3. После проверки на работоспособность выключателя нагрузки QF производится подготовка цепей подключения дополнительной проводимости  $g_1$ .
4. К фазе А выключателя нагрузки QF подключается активная дополнительная проводимость –  $g_1$ , по которой определяются параметры изоляции фаз относительно земли.
5. В исследуемой сети проверяется наличие показаний измерительных приборов.
6. После проверки исследуемой сети на наличие показаний измерительных приборов подключаются измерительные приборы PV1, PV2, PV3 и PV4, измеряющие величины модулей линейного напряжения –  $U_{\text{л}}$  и напряжения фаз относительно земли  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ .
7. После проведения работ по пунктам 4 и 6 производится регистрация значений измерительных приборов, которые подключены для проведения экспериментального исследования по измеренным величинам модулей линейного напряжения –  $U_{\text{л}}$  и напряжения фаз относительно земли  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ .
8. После проведения работ по пункту 7 выключателем нагрузки QF1 подключается активная дополнительная проводимость, вольтметрами PV1, PV2, PV3 и PV4 проводится измерение величин модулей линейного напряжения –  $U_{\text{л}}$  и напряжения фаз относительно земли  $U_{A1}$ ,  $U_{B1}$ ,  $U_{C1}$ .
9. После проведения работ по пункту 8 производится отключение выключателя нагрузки QF и подготавливается схема для выполнения повторной работы по пункту 8.

С интервалом времени в 0,5 часа поочередно производятся работы по пунктам 7 ÷ 9. После проведения работ с интервалом времени 0,5 часа и количеством измерений  $n = 8$  производится восстановление силовых цепей ячейки выключателя нагрузки QF и измерительных цепей.

По измеренным величинам модулей линейного напряжения  $U_{\text{л}}$  и напряжения фаз  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ,  $U_{A1}$ ,  $U_{B1}$ ,  $U_{C1}$  относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости  $g_1$  между фазой А электрической сети и землей, а также с учетом величины активной дополнительной проводимости  $g_1$ , определяются активная проводимость повреждения изоляции фазы электрической сети относительно земли, полная, емкостная и активная проводимости изоляции сети относительно земли по математическим зависимостям:

- активная проводимость повреждения изоляции фазы электрической сети относительно земли

$$g_o = \frac{\sqrt{3}U_{A1}\sqrt{U_{\text{л}}^2 + 3U_A^2 - \sqrt{3[4U_{\text{л}}^2U_A^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}}{U_A\sqrt{U_{\text{л}}^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_{\text{л}}^2U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1}\sqrt{U_{\text{л}}^2 + 3U_A^2 - \sqrt{3[4U_{\text{л}}^2U_A^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}} g_1; \quad (1)$$

- полная проводимость изоляции электрической сети

$$y = \frac{\sqrt{3}U_A}{U_A \sqrt{U_{\lambda}^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_{\lambda}^2 U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1} \sqrt{U_{\lambda}^2 + 3U_A^2 - \sqrt{3[4U_{\lambda}^2 U_A^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}} g_1; \quad (2)$$

- емкостная проводимость изоляции электрической сети

$$b = \frac{(U_{C1}^2 - U_{B1}^2)U_{A1}g_1}{\left( \sqrt{U_{\lambda}^2 + 3U_A^2 - \sqrt{3[4U_{\lambda}^2 U_A^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}} \left( U_A \sqrt{U_{\lambda}^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_{\lambda}^2 U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1} \sqrt{U_{\lambda}^2 + 3U_A^2 - \sqrt{3[4U_{\lambda}^2 U_A^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}} \right) \right)}; \quad (3)$$

- активная проводимость изоляции электрической сети

$$g = \sqrt{y^2 - b^2}. \quad (4)$$

На основе полученных результатов определения активной проводимости повреждения изоляции фазы электрической сети относительно земли, полной, емкостной и активной проводимостей изоляции фаз электрической сети относительно земли, разрабатываются организационно-технические мероприятия, повышающие надежность системы внутреннего электроснабжения горных предприятий и обеспечивающие рост уровня электробезопасности при эксплуатации горных машин и установок напряжением до 1000 В.

Получено 15.07.08

УДК 681.3

**О.Я. Швец**

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

#### КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВА ПОИСКА РЕШЕНИЯ

В качестве метода внешнего анализа может применяться метод классификации ситуаций, когда по множеству признаков классификации, в качестве которых в данном случае выступает множество показателей оценки чрезвычайной ситуации (ЧС) (площадь зоны заражения, глубина заражения, время подхода зараженного воздуха к объекту и др.), последовательно строится дерево решений, отражающее эту классификацию.

В основе классификации ситуаций лежит применение продукционной модели знаний. В продукционной модели знаний основной единицей знаний служит правило в виде: «если <посылка>, то <заключение>», с помощью которого могут быть выражены пространственно-временные, причинно-следственные, функционально-поведенческие (ситуация - действие) отношения объектов. Правилами могут быть описаны и сами объекты: «объект

- свойство» или «набор свойств - объект», хотя чаще описания объектов фигурируют только в качестве переменных («атрибут - значение») внутри правил. В основном продукционная модель предназначена для описания последовательности различных ситуаций или действий и в меньшей степени для структурированного описания объектов. Продукционные модели используются для решения сложных задач, которые основаны на применении эвристических методов представления знаний, позволяющих настраивать механизм вывода на особенности проблемной области и учитывать неопределенность знаний, что является их неоспоримым достоинством для применения в решении задач экологического мониторинга.

Отличительной особенностью продукционной модели является также способность осуществлять выбор правил из множества возможных на данный момент времени (из конфликтного набора) в зависимости от определенных критериев, например важности, трудоемкости, достоверности получаемого результата и других характеристик проблемной области. Применим стратегию поиска решений «поиск в ширину». Для ее реализации в описание продукции были введены предусловия и постусловия в виде:

$$\langle A, B, C \rightarrow D, E \rangle,$$

где импликация  $C \rightarrow D$  представляет собственно правило;

А - предусловие выбора класса правил;

В - предусловие выбора правила в классе;

Е - постусловие правила, определяющее переход на следующее правило.

Введение предусловий и постусловий позволяет выбирать наиболее рациональную стратегию работы механизма вывода, существенно сокращая перебор относящихся к решению правил.

Для обработки неопределенностей знаний можно использовать методы обработки условных вероятностей Байеса, либо методы нечеткой логики Заде.

Рассмотрим построение классифицирующего дерева решений для определения класса ЧС, построенного в системе индуктивного вывода по обучающей выборке из 100 реально оцененных ЧС в г. Усть-Каменогорске. В обучающей выборке в качестве классифицирующих признаков использовались: количество пострадавших человек; количество людей, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности; размер материального ущерба, а также границы зон распространения поражающих факторов ЧС. Классообразующим признаком является признак «Класс ЧС» от 1 – «локальная ЧС», до 6 – «глобальная ЧС». ЧС условно подразделяются на локальные, объектовые, местные, территориальные, региональные, национальные и трансграничные (глобальные).

К *локальной* (частной) относится ЧС, в результате которой пострадало не более 10 человек либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС не выходит территориально и организационно за пределы рабочего места или участка, малого отрезка дороги, усадьбы, квартиры.

*Объектовые* – ограничиваются пределами производственного или иного объекта и могут быть ликвидированы его силами и ресурсами (в том числе силами специализированных формирований).

К *местной* относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. минимальных

размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, города, района, области, края, республики и устраняются их силами, средствами и другими ресурсами.

К *территориальной* относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 тыс., но не более 0,5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС не выходит за пределы субъекта Республики Казахстан.

К *региональной* относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500, но не более 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 млн, но не более 5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС распространяется на несколько областей (краев, республик) или экономических районов. Для ликвидации их последствий нужны объединенные усилия этих территорий, а также участие областных сил, средств и ресурсов.

К *национальной* относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 500 человек либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения ЧС и зона ЧС охватывает обширную территорию страны, но не выходит за ее границы. Здесь задействуются силы, средства и ресурсы всего государства. Часто прибегают и к иностранной помощи.

К *трансграничной (глобальной)* относится ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы Республики Казахстан, либо ЧС, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Республики Казахстан. Их последствия устраняются силами и средствами как пострадавших государств, так и международного сообщества.

Для каждой отдельной ветки дерева решения было построено правило, в котором все признаки классификации последовательно обрабатывались с помощью функций конъюнкции & и дизъюнкции *or*, например:

$K_{постр} \geq 10 \ \& \ K_{постр} \leq 50 \ or \ K_{наруш\_усл} = 100 \ \& \ K_{наруш\_усл} \geq 300 \ or$   
 $Mat\_ущерб < 1000MPП \ \& \ Mat\_ущерб \geq 5000MPП \ \& \ S\_зараж < S\_города$   
 THEN: Класс\_ЧС = 1

$K_{постр} \geq 10 \ \& \ K_{постр} \leq 50 \ or \ K_{наруш\_усл} = 100 \ \& \ K_{наруш\_усл} \geq 300 \ or$   
 $Mat\_ущерб < 1000MPП \ \& \ Mat\_ущерб \geq 5000MPП \ \& \ S\_зараж < S\_объекта$   
 THEN: Класс\_ЧС = 2

IF:  $K_{постр} \geq 50 \ \& \ K_{постр} \leq 500 \ or \ K_{наруш\_усл} = 300 \ \& \ K_{наруш\_усл} \geq 500 \ or$   
 $Mat\_ущерб < 5000MPП \ \& \ Mat\_ущерб \geq 0,5 \text{ млн. МРП} \ \& \ S\_зараж < S\_города$   
 THEN: Класс\_ЧС = 3

Моделирование рассуждений человека, как правило, не сводится только к прямой или обратной аргументации. Сложные проблемы решаются путем выдвижения во времени нескольких гипотез с анализом подтверждающих фактов и непротиворечивости следствий. Причем для многоцелевых проблемных областей происходит увязка гипотез по общим ограничениям. При этом возможны задержки в принятии решений, связанные со сбором подтверждающих фактов, доказательством подцелей, входящих в ограничения.

Дерево поиска решений содержит семь возможных конечных решений по числу классов ЧС, а также одно решение о том, что ЧС не имеет места при данных условиях. Для

промежуточных расчетов приведены схемы алгоритмов (рис. 1, 2).

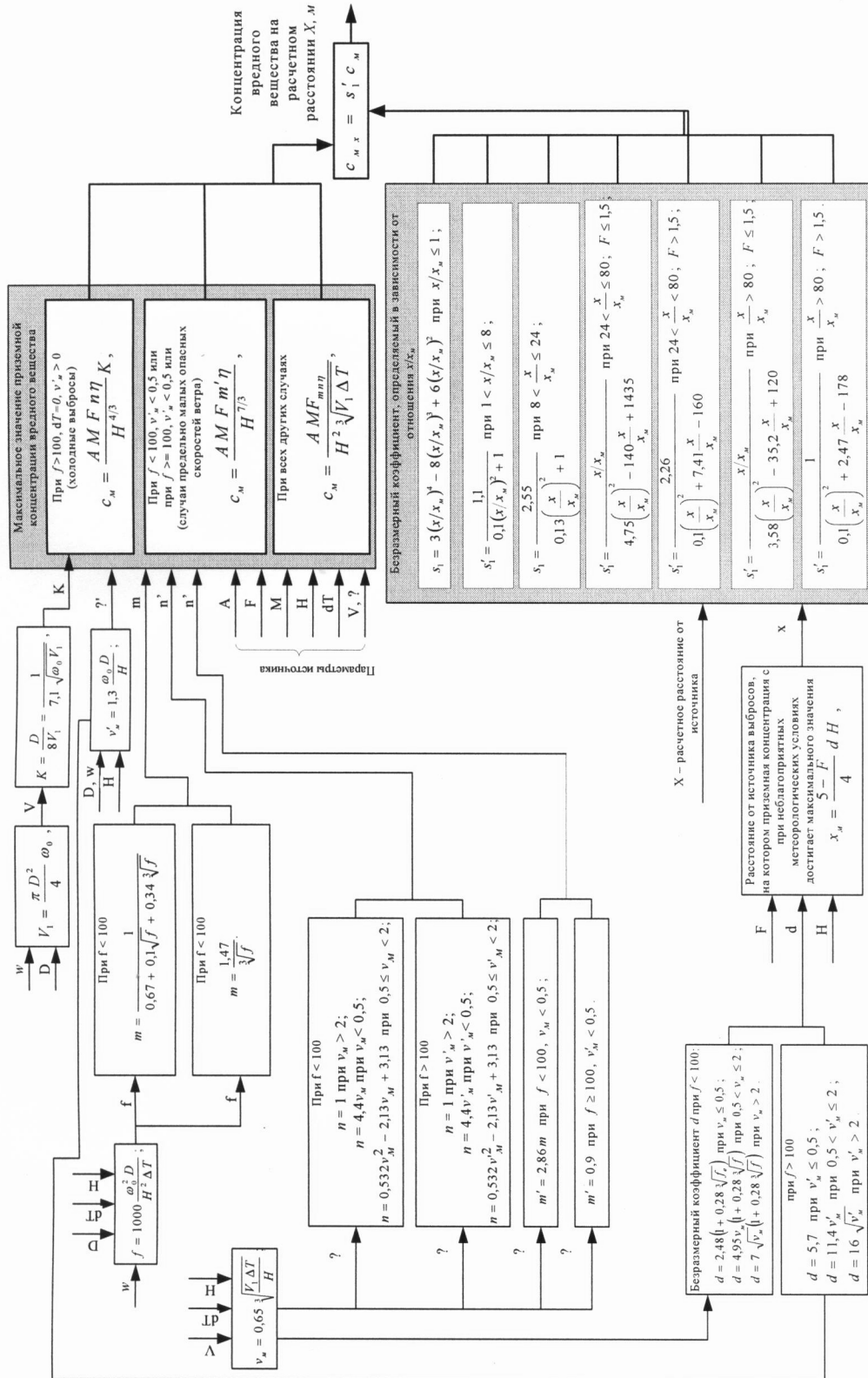


Рисунок 1 - Алгоритм расчета концентраций

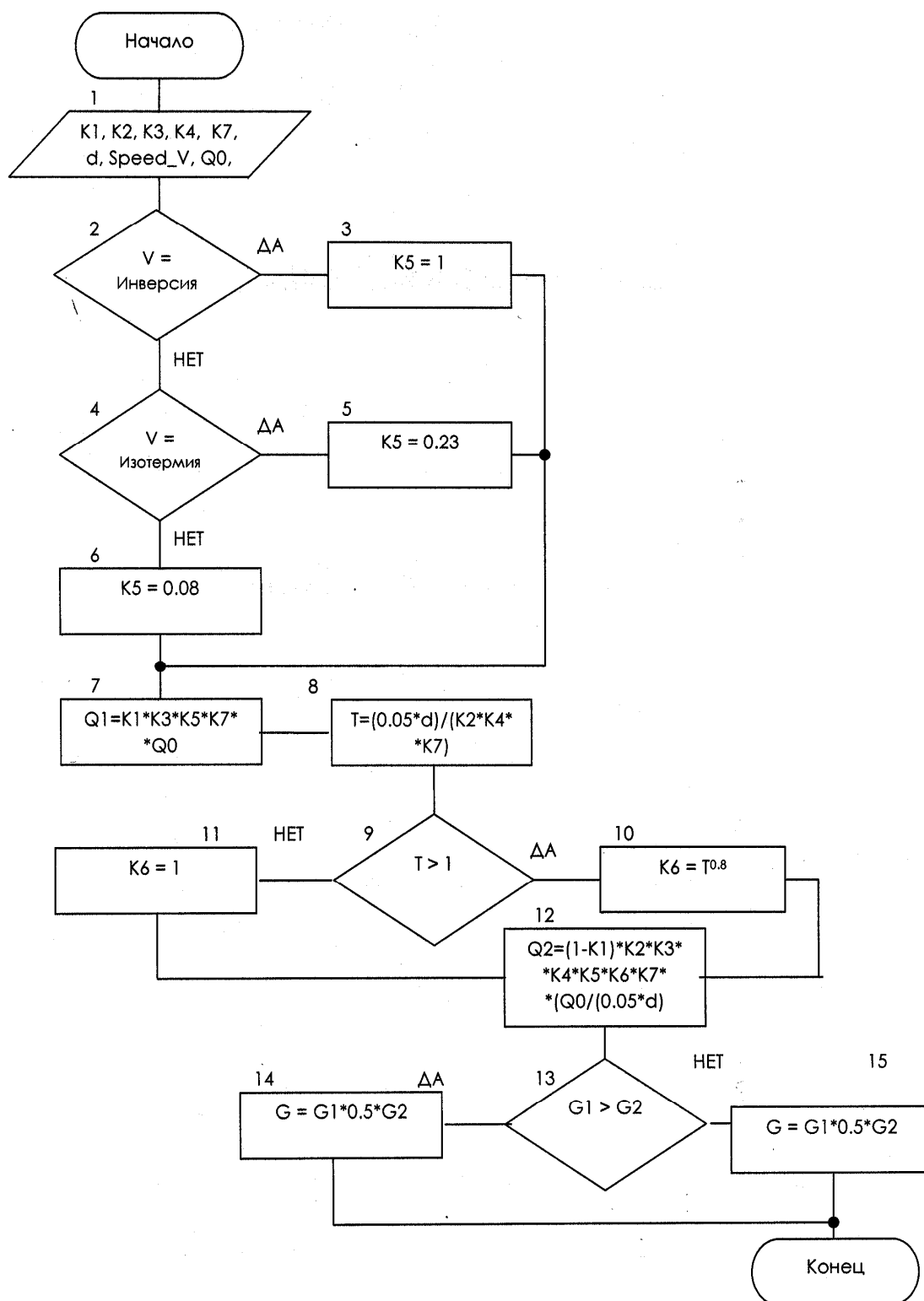


Рисунок 2 – Блок-схема расчета определения глубины зоны заражения

Формирование исходных данных для определения класса ЧС происходит по схеме, изображенной на рисунке 3.



Рисунок 3 – Формирование исходных данных

Общий вид дерева поиска решений определения класса ЧС можно представить в виде схемы (рис. 4).

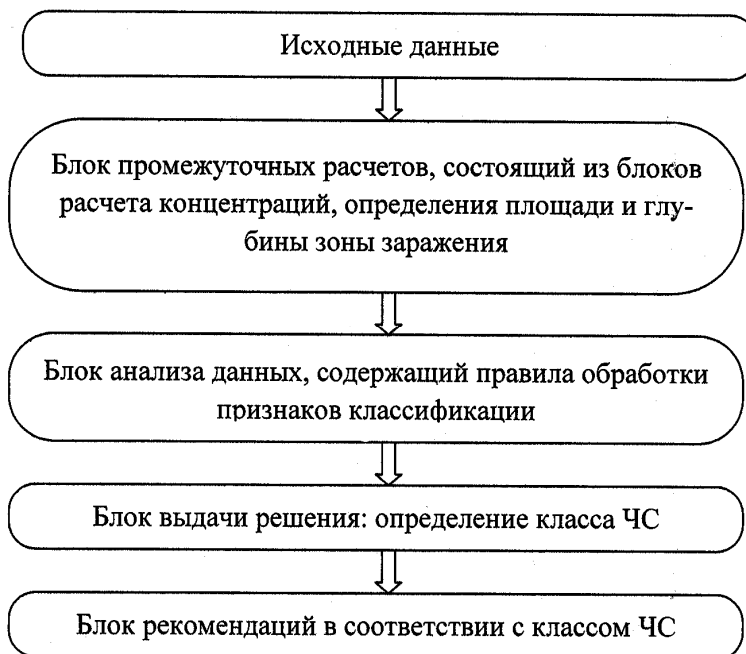




Рисунок 4 - Общий вид дерева поиска решений определения класса ЧС

Блок рекомендаций в соответствии с классом ЧС представляет собой список привлекаемых для ликвидации последствий ЧС организаций, таких, как спасательный отряд, служба ГУЧС и др., а также всю необходимую информацию для связи с ними и для оповещения. В данный блок также входит отчетная информация, составленная на основе промежуточных расчетов. Если на основе полученных данных был сделан вывод о том, что ЧС не имела места при заданных параметрах, блок рекомендаций выдаст информацию о возможных ЧС при изменении некоторых параметров, список профилактических мероприятий, что облегчит работу по предотвращению ЧС в данных условиях.

Список литературы

1. Ладысев В.С. Информационные системы в экономике: Учеб. пособие / В.С. Ладысев, О.Я. Швец.- Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2002. - 142 с.
2. Швец О.Я. Использование современных информационных технологий при проектировании информационных систем экологического мониторинга // Совместный выпуск «Вычислительные технологии». - Т. 9, Вестник КазНУ им. аль-Фараби. - №3. - Алматы; Новосибирск, 2004.-Ч.4.
3. Швец О.Я. Прогноз экономического ущерба при техногенных авариях / О.Я. Швец, А.И.Квасов //Материалы междунар. науч.-практ. конф. - Алматы: Алматинский институт экономики и статистики.
4. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. Статистика. - М., 1985.-187с.
5. Швец О.Я. Мониторинг масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ) при авариях на особо опасных объектах и транспорте /О.Я. Швец, Т.Г. Балова //Материалы Респ. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства в современных условиях», 2000.
6. Марчук Г.И. Математические модели в экологии. Вычислительные методы и эксперименты.- 3 -е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1991. - 30 с.: ил.
7. Швец О.Я. Эколого-экономические расчеты при чрезвычайных ситуациях / О.Я. Швец, А.И. Квасов // Материалы I Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы комплексного освоения рудных и нерудных месторождений Восточно-Казахстанского региона». -Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2001.

Получено 15.07.08

ПО СТРАНИЦАМ



## САМЫЙ СИЛЬНЫЙ РОБОТ

Робот «Титан», созданный немецкой фирмой «КУКА», вполне соответствует своему названию. Его железная рука, обладающая шестью степенями свободы, манипулирует с грузами массой более тонны, то есть «Титан» способен, например, поднимать и поворачивать почти готовый легковой автомобиль, подставляя разные его точки другому роботу – сварщику. Движения «руки» обеспечивают девять электромоторов. Самый сильный робот мира уже попал в Книгу рекордов Гиннеса.

«Наука и жизнь» № 1, 2008

