

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА  
MATHEMATICS AND MECHANICS

**Некрасова М. Г., Магола А. А., Магола Д. С.**  
**M.G. Nekrasova, A.A. Magola, D.S. Magola**

**НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО  
В ПРОЦЕССЕ ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА  
«РУКОВОДСТВО ПО ЭКОНОМИКЕ КАЧЕСТВА. МОДЕЛЬ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ,  
ОЦЕНКИ И ОТКАЗОВ»**

**FUZZY MODELING AND OPTIMIZATION OF QUALITY-RELATED EXPENSES IN  
THE COURSE OF LABOR PROTECTION, PROCEEDING FROM THE STATE  
STANDART «GUIDANCE TO QUALITY ECONOMY. PREVENTION, ESTIMATION  
AND REFUSAL MODEL»**



**Некрасова Марина Геннадьевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные системы» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: NeMG@yandex.ru.

**Ms. Marina G. Nekrasova** – PhD in Economics, Associate Professor, Department of Information Systems, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: NeMG@yandex.ru.



**Магола Анна Адреевна** – студент кафедры «Информационные системы» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: amagola@mail.ru.

**Ms. Anna A. Magola** – student of Information Systems, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: amagola@mail.ru.



**Магола Дмитрий Степанович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: dmagola@list.ru.

**Mr. Dmitri S. Magola** – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Information Systems, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur). E-mail: dmagola@list.ru.

**Аннотация.** В статье рассмотрены построение модели затрат на качество в процессе охраны труда на основе ГОСТ Р 52380.2 «Руководство по экономике качества. Модель предупреждения, оценки и отказов» с использованием аппарата нечеткой логики и оптимизация данной модели на основе генетических алгоритмов и методов нелинейной оптимизации с ограничениями.

**Summary.** The paper considers developing a model of quality-related expenses incurred in the course of protection of labour, proceeding from the state standard R 52380.2 «GUIDANCE TO QUALITY ECONOMY. PREVENTION, ESTIMATION AND REFUSAL MODEL», employing fuzzy logic, and optimization of this model on the basis of genetic algorithms and methods of nonlinear optimization with restrictions.

**Ключевые слова:** затраты на качество, охрана труда, государственный стандарт, нечеткие системы, генетические алгоритмы, методы нелинейной оптимизации с ограничениями.

**Key words:** quality-related expenses, protection of labor, state standard, fuzzy systems, genetic algorithms, methods of nonlinear optimization with restrictions.

УДК 330+681

Предметной областью исследования является процесс охраны труда в одной из государственных организаций Дальневосточного региона. Причин, по которым был взят именно этот процесс, несколько:

- элементы охраны труда, будь то техника безопасности, производственная санитария или пожарная безопасность, присутствуют в любой организации;
- проблемы охраны труда затрагивают различные стороны жизни и деятельности трудовых коллективов, организации производства и труда;
- данный процесс непосредственно влияет на сохранение жизни и здоровья сотрудников в процессе трудовой деятельности;
- вопросы охраны труда включены в экологический менеджмент, который является одной из верхних ступеней пирамиды качества [7] (см. рис. 1).



Рис. 1. Пирамида качества

Проблемой данного процесса именно в исследуемой организации является отсутствие системного, комплексного подхода к решению задач в этой области. Отсутствие такого подхода приводит к разработке малоэффективных мероприятий, к нерациональному распределению выделенных руководством ресурсов и, как следствие, возникновению большого количества предписаний от контролирующих и регулирующих органов, травмоопасных условий труда.

Авторами данной статьи принято решение адаптировать разработанную методику учета и анализа затрат, интегрирующую в себе стандарт ГОСТ Р 9001.2008 [4], типовую форму бухгалтерского баланса и стандарта ГОСТ Р 52380.2 [3] с целью создания такой системы, которая бы позволяла вести не только учет затрат, но и позволила бы их оптимизировать, то есть снизить их общую величину.

Математическая модель исследования основана на основном тезисе стандарта ГОСТ Р52380.2 [3]: через увеличение затрат на предупреждение и оценку можно снизить величину затрат по внутренним и внешним отказам.

На рис. 2 представлена зависимость объема затрат на достигнутый уровень дефектности продукции или услуг [9].

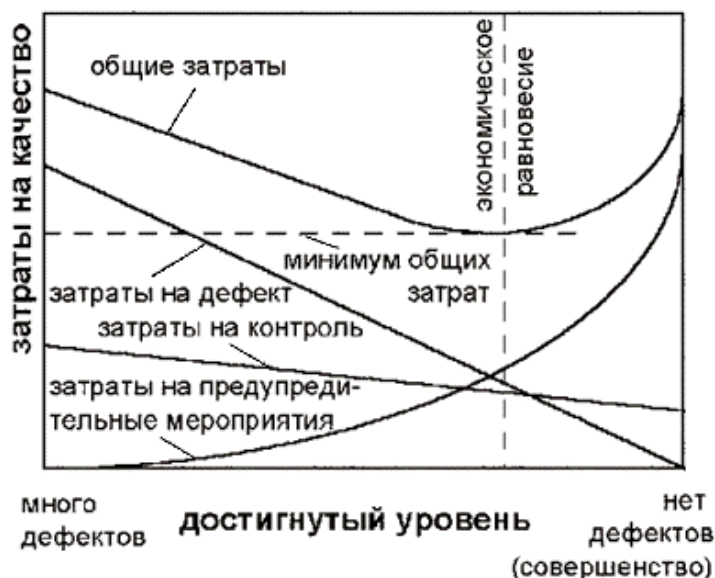


Рис. 2. Зависимость уровня дефектности от объема предупредительных затрат

Все затраты, которые несет предприятие в ходе своей деятельности, можно считать затратами на качество, так как деятельность любого предприятия ориентирована на производство качественной продукции или предоставлении качественной услуги. Все затраты на качество можно классифицировать на несколько категорий. В теории менеджмента качества принято выделять различные категории, например, затраты на достижение заданного уровня качества через оценку и контроль, а также предупреждающие мероприятия, затраты на дефекты (внешний и внутренний брак).

В модели затрат на качество Джурана-Фейгенбаума приведена следующая классификация затрат: на соответствие (предупреждение, оценка и контроль), на несоответствие (внешний и внутренний дефект). Иллюстрация взаимосвязи этих категорий затрат приведена на рис. 2. Видно, что при совершенствовании деятельности, которая влечет за собой уменьшение количества дефектов, сокращаются затраты на контроль и при нуле дефектов сходят на нет затраты на дефект. Надо отметить, что совершенствование в этом случае подразумевает более полный спектр предупреждающих действий, включение процедур оценки и контроля в технологические процессы.

Таким образом, основная идея анализа затрат на качество заключается в том, что относительно небольшие вложения в деятельность по предупреждению производства некачественной продукции и услуг приводят к значительным сокращениям потерь вследствие возникновения брака на различных этапах жизненного цикла продукции. Затраты на оценку качества также существенно сокращаются по мере того, как инвестиции в качество улучшают потребительские свойства продукции и услуг.

По оценке японских экспертов [5], увеличение затрат на предупреждение дефектов с 1 до 7 % ведет к общему снижению затрат в разрезе категорий: на оценку и контроль – с 34 до 28 %; на исправление брака и устранение причин его возникновения – с 35 до 20 %; на устранение дефектов после отгрузки продукции потребителю – с 30 до 20 %. В результате



снижение общих затрат, связанных с низким качеством продукции, может составить около 20 %.

На основе вышеизложенных идей построена математическая модель оптимизации величины затрат:

Целевой функцией является

$$F(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{j=1}^m y_j \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  – затраты на предупреждение и контроль;  $n$  – количество статей затрат на предупреждение;  $\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_m]$  – затраты на внутренние и внешние дефекты;  $m$  – количество статей затрат на внутренние и внешние дефекты.

При этом на систему наложен ряд ограничений

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m y_j \rightarrow 0, \\ \forall x_i \geq 0, i = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2)$$

В качестве входных переменных в данной системе выступают следующие категории затрат (затраты на предупреждение и оценку,  $n = 20$ ):

1. затраты на анализ законодательной базы (в часах) –  $x_1$ ;
2. затраты на прохождение диспансеризации сотрудниками (в часах) –  $x_2$ ;
3. затраты на планирование проведения диспансеризации (в часах) –  $x_3$ ;
4. планирование мероприятий по улучшению условий труда (в часах) –  $x_4$ ;
5. затраты на обучение персонала методам обеспечения качества (в часах) –  $x_5$ ;
6. проведение мероприятий по улучшению условий труда (в рублях) –  $x_6$ ;
7. затраты на информирование и консультирование сотрудников (в часах) –  $x_7$ ;
8. планирование процесса переобучения в области охраны труда (в часах) –  $x_8$ ;
9. разработка программы и проведение вводного инструктажа (в часах) –  $x_9$ ;
10. затраты на подготовку отчетности в области качества (в часах) –  $x_{10}$ ;
11. обеспечение организации инвентарем в области охраны труда (в рублях) –  $x_{11}$ ;
12. согласование законодательной базы и внутренних документов (в часах) –  $x_{12}$ ;
13. затраты на приобретение средств индивидуальной защиты (в рублях) –  $x_{13}$ ;
14. обследование технического состояния основных средств (в часах) –  $x_{14}$ ;
15. анализ прохождения периодического медицинского осмотра (в часах) –  $x_{15}$ ;
16. затраты на контроль соблюдения санитарных норм (в часах) –  $x_{16}$ ;
17. затраты на участие в приемке в эксплуатацию объектов (в часах) –  $x_{17}$ ;
18. затраты на контроль знаний по охране труда (в часах) –  $x_{18}$ ;
19. затраты на рассмотрение писем и жалоб (в часах) –  $x_{19}$ ;
20. затраты на контроль применения средств индивидуальной защиты (в часах) –  $x_{20}$ .

В качестве выходных переменных будут выступать затраты на дефект ( $m = 8$ ) и общая сумма затрат  $F(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ :

1. затраты на анализ данных о несчастных случаях и болезнях (в часах) –  $y_1$ ;
2. затраты на анализ представлений от контролирующих и регулирующих органов (в часах) –  $y_2$ ;
3. компенсационные доплаты за работу во вредных условиях (в рублях) –  $y_3$ ;
4. затраты на предписания пожарной инспекции (в рублях) –  $y_4$ ;
5. затраты по временной нетрудоспособности персонала (в рублях) –  $y_5$ ;
6. затраты на предписания инспекции труда (в рублях) –  $y_6$ ;
7. затраты на предписания Роспотребнадзора (в рублях) –  $y_7$ ;
8. затраты на предписания Технадзора (в рублях) –  $y_8$ ;

Для решения поставленной задачи возможно использование нескольких математических аппаратов:

- классические математические методы (статистический анализ, регрессионные и эконометрические модели) [2; 10; 11; 13];
- системы искусственного интеллекта (нейросетевые алгоритмы, нечеткие системы, генетические алгоритмы, муравьиные алгоритмы) [1; 6; 8; 12].

Выбор математического аппарата обусловлен рядом проблем, возникших при анализе исследуемого процесса:

- не все категории затрат явно отражены в типовых формах бухгалтерской отчетности (например, затраты на анализ законодательной базы в области охраны труда или затраты на анализ данных о несчастных случаях и болезнях). В балансе организации отражалась лишь общая сумма затрат на выплату заработной платы сотрудникам отдела. Отчеты по внутреннему аудиту и сертификационным проверкам только частично решали данную проблему, так как содержали данные не за полный период времени, взятый за основу в исследовании.
- отдел самостоятельно никогда не вел полной статистики по выбранным категориям затрат.

В связи с указанными проблемами авторами принято решение для поставленной задачи использовать нечеткий логический вывод, то есть аппроксимацию зависимости «входы-выходы» на основе лингвистических высказываний «ЕСЛИ-ТО» и логических операций над нечеткими множествами [12, 36]. Первая проблема (отсутствие количественных оценок ряда категорий затрат) решена введением нечетких качественных переменных. Решением второй проблемы является составление базы правил на основе знаний эксперта, которая позволит выявить зависимости между входными и выходными переменными. Необходимо подчеркнуть, что адекватность результатов напрямую зависит от качества используемой нечеткой системы, т.е. от полноценной и непротиворечивой базы знаний и от качества функций принадлежности, которыми описываются соответствующие лингвистические переменные рассматриваемой предметной области.

При описании предметной области используются термины лингвистической и нечеткой переменных [6; 8; 12].

Большинство выбранных переменных измеряется в часах. Для перевода измерения таких переменных в денежный эквивалент использовались данные о среднем окладе сотрудника в отделе и количестве рабочих дней в году. Диапазоны изменения значений переменных определялись экспертным путем и выражаются в рублях.

Входные лингвистические переменные содержат в себе по три нечетких термина: малое значение затрат, среднее значение затрат, большое значение затрат. Выходные лингвистические переменные содержат в себе по пять нечетких термов: очень малое



значение затрат, малое значение затрат, среднее значение затрат, большое значение затрат, очень большое значение затрат.

Для примера рассмотрим описания наборов нескольких входных и выходных переменных:

$x_1 = \langle \langle \text{Затраты на анализ законодательной базы в области охраны труда} \rangle \rangle$ , {«малые»

$$\mu_{\text{малые}}(x_1) = 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{x-1800}{4000-1800}\pi\right), \quad \langle \langle \text{средние} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{средние}}(x_1) = e^{-\frac{(x-7200)^2}{2 \cdot 3000^2}}, \quad \langle \langle \text{большие} \rangle \rangle$$

$$\mu_{\text{большие}}(x_1) = e^{-\frac{(x-21600)^2}{2 \cdot 5000^2}}, \quad [1800, 21600] \rangle;$$

$x_7 = \langle \langle \text{Затраты на информирование и консультирование сотрудников по вопросам}$

$$\text{охраны труда} \rangle \rangle, \quad \{ \langle \langle \text{малые} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{малые}}(x_7) = 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{x-1800}{6700-1800}\pi\right), \quad \langle \langle \text{средние} \rangle \rangle$$

$$\mu_{\text{средние}}(x_7) = e^{-\frac{(x-8550)^2}{2 \cdot 4000^2}}, \quad \langle \langle \text{большие} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{большие}}(x_7) = e^{-\frac{(x-21600)^2}{2 \cdot 4000^2}}, \quad [1800, 21600] \rangle;$$

$x_{14} = \langle \langle \text{Затраты на обследование технического состояния основных средств} \rangle \rangle$ ,

$$\{ \langle \langle \text{малые} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{малые}}(x_{14}) = 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{x-7200}{14000-7200}\pi\right), \quad \langle \langle \text{средние} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{средние}}(x_{14}) = e^{-\frac{(x-21600)^2}{2 \cdot 4250^2}},$$

$$\langle \langle \text{большие} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{большие}}(x_{14}) = e^{-\frac{(x-28800)^2}{2 \cdot 4250^2}}, \quad [7200, 28800] \rangle;$$

$y_2 = \langle \langle \text{Затраты на анализ количества представлений от контролирующих и}$

$$\text{регулирующих органов} \rangle \rangle, \quad \{ \langle \langle \text{очень малые} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{оченьмалые}}(y_2) = 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{x-1800}{6200-1800}\pi\right), \quad \langle \langle \text{малые} \rangle \rangle$$

$$\mu_{\text{малые}}(y_2) = e^{-\frac{(x-4000)^2}{2 \cdot 1700^2}}, \quad \langle \langle \text{средние} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{средние}}(y_2) = e^{-\frac{(x-7200)^2}{2 \cdot 4000^2}}, \quad \langle \langle \text{большие} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{большие}}(y_2) = e^{-\frac{(x-14600)^2}{2 \cdot 3150^2}},$$

$$\langle \langle \text{очень большие} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{оченьбольшие}}(y_2) = e^{-\frac{(x-21600)^2}{2 \cdot 4000^2}}, \quad [1800, 21600] \rangle;$$

$y_5 = \langle \langle \text{Затраты по временной нетрудоспособности персонала} \rangle \rangle$ , {«очень малые»

$$\mu_{\text{оченьмалые}}(y_5) = 0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{x-10000}{60000-10000}\pi\right), \quad \langle \langle \text{малые} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{малые}}(y_5) = e^{-\frac{(x-41600)^2}{2 \cdot 24000^2}}, \quad \langle \langle \text{средние} \rangle \rangle$$

$$\mu_{\text{средние}}(y_5) = e^{-\frac{(x-74600)^2}{2 \cdot 24000^2}}, \quad \langle \langle \text{большие} \rangle \rangle \quad \mu_{\text{большие}}(y_5) = e^{-\frac{(x-115000)^2}{2 \cdot 14000^2}}, \quad \langle \langle \text{очень большие} \rangle \rangle$$

$$\mu_{\text{оченьбольшие}}(y_5) = e^{-\frac{(x-150000)^2}{2 \cdot 24000^2}}, \quad [10000, 150000] \rangle.$$

Между входными и выходными переменными выделены следующие зависимости:

$$y_1 = f(x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{11}, x_{13}, x_{15}, x_{16}, x_{18}, x_{19}), \quad (3)$$

$$y_2 = f(x_1, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{20}), \quad (4)$$

$$y_3 = f(x_4, x_5, x_6, x_{10}, x_{13}, x_{14}, x_{17}, x_{20}), \quad (5)$$

$$y_4 = f(x_1, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{20}), \quad (6)$$

$$y_5 = f(x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{11}, x_{13}, x_{15}, x_{16}, x_{18}, x_{19}), \quad (7)$$

$$y_6 = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{11}, x_{12}, x_{13}), \quad (8)$$



$$y_7 = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_{12}), \quad (9)$$

$$y_8 = f(x_1, x_4, x_6, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{17}), \quad (10)$$

$$F(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, \dots, x_{18}, x_{19}, x_{20}, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8) \quad (11)$$

База знаний состоит из 64 продукционных правил, полученных на основе знаний эксперта. Приведем некоторые из них:

1. ЕСЛИ  $x_2$  есть «малый» И  $x_3$  есть «малый» И  $x_4$  есть «малый» И  $x_5$  есть «малый» И  $x_6$  есть «малый» И  $x_7$  есть «малый» И  $x_8$  есть «малый» И  $x_9$  есть «малый» И  $x_{11}$  есть «малый» И  $x_{13}$  есть «малый» И  $x_{14}$  есть «малый» И  $x_{15}$  есть «малый» И  $x_{16}$  есть «малый» И  $x_{18}$  есть «малый» И  $x_{19}$  есть «малый», ТО  $y_1$  есть «очень большой».

10. ЕСЛИ  $x_1$  есть «малый» И  $x_4$  есть «малый» И  $x_5$  есть «малый» И  $x_6$  есть «малый» И  $x_7$  есть «малый» И  $x_8$  есть «малый» И  $x_9$  есть «малый» И  $x_{10}$  есть «малый» И  $x_{12}$  есть «малый» И  $x_{13}$  есть «малый» И  $x_{14}$  есть «малый» И  $x_{15}$  есть «малый» И  $x_{16}$  есть «малый» И  $x_{17}$  есть «малый» И  $x_{20}$  есть «малый», ТО  $y_2$  есть «очень большой».

23. ЕСЛИ  $x_4$  есть «большой» И  $x_5$  есть «малый» И  $x_6$  есть «большой» И  $x_{10}$  есть «малый» И  $x_{13}$  есть «большой» И  $x_{14}$  есть «большой» И  $x_{17}$  есть «большой» И  $x_{20}$  есть «большой», ТО  $y_3$  есть «средний».

Нечеткая модель рассматриваемой предметной области представлена в виде модели Мамдани [6; 8; 12], которая может быть описана следующими этапами:

1. введение нечеткости (фаззификация);
2. логический вывод;
3. композиция;
4. приведение к четкости (дефаззификация). На данном этапе в зависимости от предметной области рассматриваемой задачи могут использоваться различные методы, например:

- метод центра тяжести;
- метод центра площади;
- метод первого максимума;
- метод среднего максимума;
- метод наименьшего максимума.

Авторами экспертным путем принято решение об использовании метода наименьшего максимума при дефаззификации.

Оптимизация величины общих затрат производилась с помощью генетических алгоритмов [1; 8] и методов нелинейной оптимизации с ограничениями [2]. Такая комбинированная модель оптимизации обусловлена использованием достоинств каждой из моделей:

– генетические алгоритмы, являясь стохастическими алгоритмами, производят случайный поиск, гарантируя решение задачи глобальной оптимизации, но время сходимости не определено. В связи с этим на первом этапе на основе конечного числа популяций и конечного числа итераций производится поиск решения с максимальным «сужением» области истинного решения;

– на втором этапе используются быстрые алгоритмы оптимизации с вычислением производных первого и второго порядков (например, квазиньютоновский метод), исходной точкой для которых является решение, полученное на первом этапе.

Для реализации нечеткой модели и оптимизации величины общих затрат процесса охраны труда использовалась среда Matlab. Процесс реализации состоял из следующих этапов:

- построение нечеткой системы (настройка функций принадлежности входных и выходных переменных, составление базы знаний, настройка параметров системы). На данном этапе использовался встроенный пакет FuzzyLogic (нечеткая логика);
- настройка функции оптимизации величины общих затрат;
- проектирование пользовательского интерфейса (см. рис. 3-4).

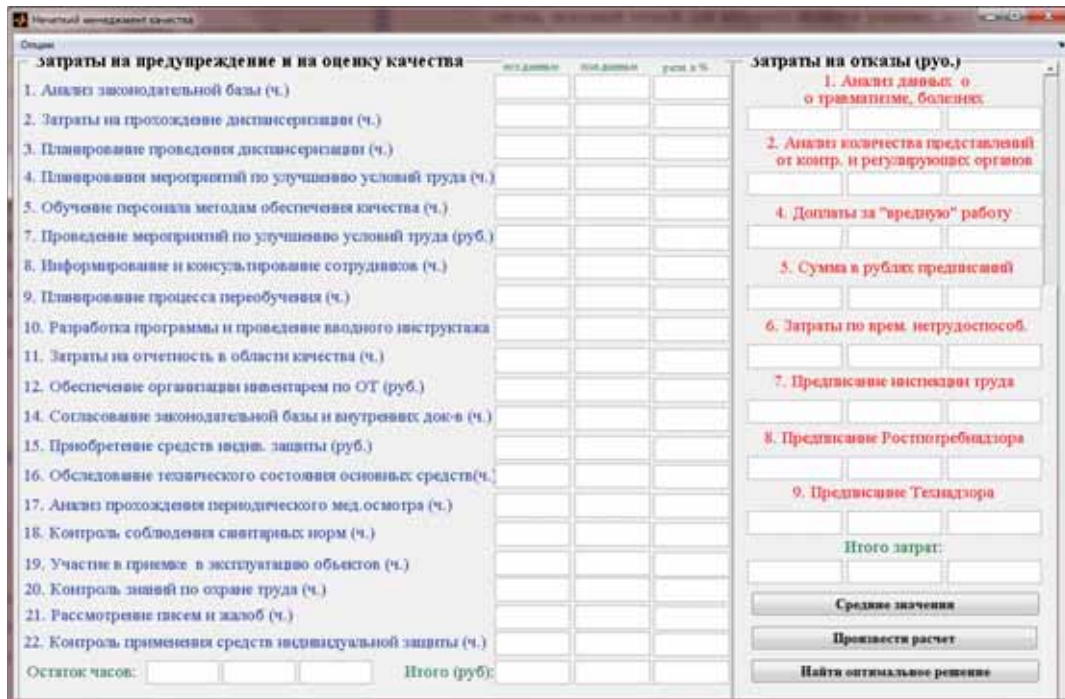


Рис. 3. Главное окно программы

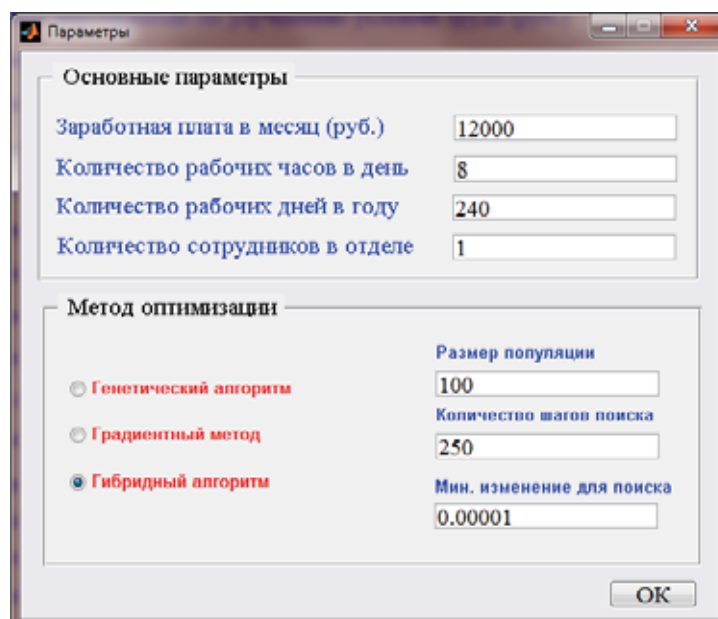


Рис. 4. Настройка параметров



**Некрасова М. Г., Магола А. А., Магола Д. С. НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО В ПРОЦЕССЕ ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА «РУКОВОДСТВО ПО ЭКОНОМИКЕ КАЧЕСТВА. МОДЕЛЬ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ОТКАЗОВ»**

Для использования программы необходимо указать основные параметры (см. рис. 4) и перейти к главному окну программы, в котором отображаются затраты на предупреждение и оценку качества (левая и центральная часть окна), в правой части окна отображаются выходные переменные – затраты на отказы и общая величина затрат. Для каждой переменной в процессе работы программы будет отображено три значения:

- исходное значение параметра;
- полученное значение переменной;
- процентная разница между двумя первыми значениями.

На рис. 5 представлен пример оптимизации затрат, который позволил снизить общие затраты более, чем на 34 %. На рис. 6 представлено изменение целевой функции на каждой итерации поиска решения поставленной задачи.

Затраты на предупреждение и на оценку качества			
	ист. данные	полг. данные	разн. в %
1. Анализ законодательной базы (ч.)	96	283.2068	+195.0071
2. Затраты на прохождение диспансеризации (ч.)	96	53.7321	-44.029%
3. Планирование проведения диспансеризации (ч.)	288	96.0103	-66.6631%
4. Планирование мероприятий по улучшению условий труда (ч.)	288	96	-66.6667%
5. Обучение персонала методам обеспечения качества (ч.)	96	64.3734	-32.9443%
7. Проведение мероприятий по улучшению условий труда (руб.)	860000	517517.25*	-39.8236%
8. Информирование и консультирование сотрудников (ч.)	114	24.1078	-78.8528%
9. Планирование процесса переобучения (ч.)	96	53.7738	-43.9856%
10. Разработка программы и проведение вводного инструктажа	24	14.3821	-40.0747%
11. Затраты на отчетность в области качества (ч.)	24	31.5389	+31.4121%
12. Обеспечение организации инвентарем по ОТ (руб.)	50000	70000	+40%
14. Согласование законодательной базы и внутренних док-в (ч.)	288	96	-66.6667%
15. Приобретение средств индив. защиты (руб.)	150000	248437.46*	+65.625%
16. Обследование технического состояния основных средств(ч.)	0	96	+9599900%
17. Анализ прохождения периодического мед.осмотра (ч.)	96	24.238	-74.7521%
18. Контроль соблюдения санитарных норм (ч.)	48	124.337	+159.0354
19. Участие в приемке в эксплуатацию объектов (ч.)	0	111.0379	+1110368%
20. Контроль знаний по охране труда (ч.)	48	25.6945	-46.4698%
21. Рассмотрение писем и жалоб (ч.)	48	72.1998	+50.4162%
22. Контроль применения средств индивидуальной защиты (ч.)	72	199.7104	+177.3756
Остаток часов:	198	453.6571	+129.1197*
Итого (руб.):	1189150	945930.43*	-21.1261

Затраты на отказы (руб.)			
1. Анализ дневных о травматизме, болезнях	7375	1500	-79.661%
2. Анализ количества представлений от контр. и регулирующих органов	2675	1500	-43.9252%
4. Доплаты за "вредную" работу	0	0	0%
5. Сумма в рублях предписаний	252500	49550	-80.3762%
6. Затраты по врем. нетрудоспособ.	39400	21200	-46.1929%
7. Предписание инспекции труда	30000	0	-100%
8. Предписание Рострудинспекции	34500	1500	-95.6522%
9. Предписание Технадзора	0	0	0%
Итого затрат:	1555798	1021634.095€	-34.3629%

Рис. 5. Исходное и найденное оптимальное решения

Для достижения данного значения общей величины затрат необходимо по сравнению с исходными данными увеличить затраты на анализ законодательной базы в области охраны труда, затраты на контроль соблюдения санитарных норм, затраты на участие в приеме в эксплуатацию объектов более, чем на 100 %, затраты на отчетность в области качества, затраты на обеспечение организации инвентарем по охране труда, затраты на рассмотрение писем и жалоб более, чем 30 %. В результате отдельные категории затрат на дефекты снизились на 40-100 %.

**Заключение.** В данной статье рассмотрены построение нечеткой модели затрат на качество на примере процесса охраны труда и процедура оптимизации общей величины данных затрат. Решения, к которым пришли авторы статьи, подтверждают тезис, описанный в стандарте ГОСТ Р 52380.2 [3]: через увеличение затрат на предупреждение и оценку можно снижать величину затрат на внешние и внутренние дефекты.

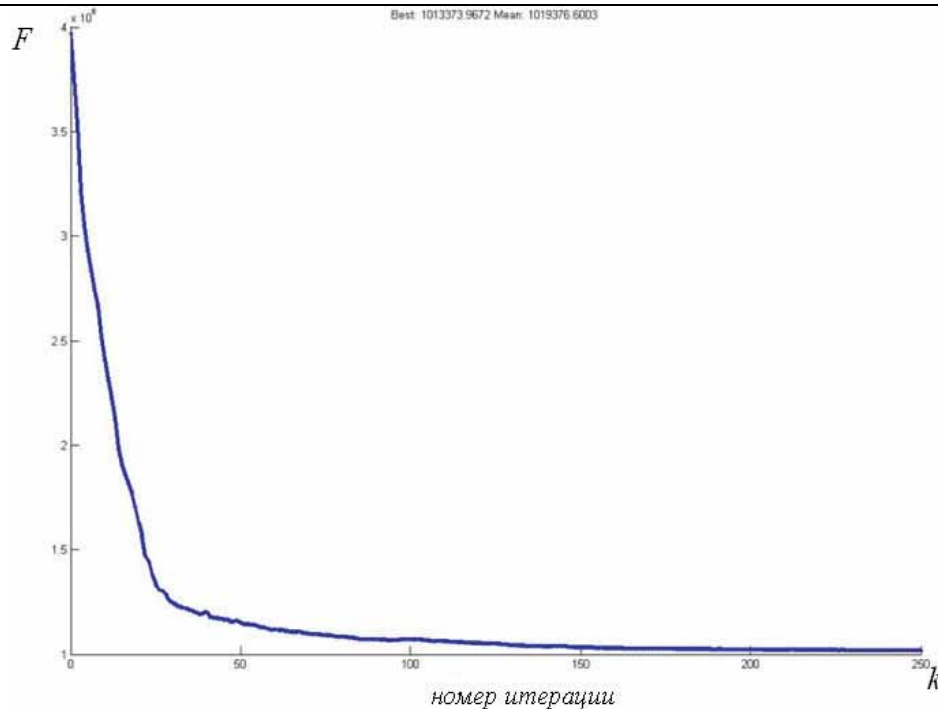


Рис. 6. Снижения общей величины затрат в процессе работы программы

### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация синтеза и обучение интеллектуальных систем управления / под ред. И. М. Макарова, В. М. Лохина. – М.: Наука, 2009. – 228 с.
2. Васильков, Ю. В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 256 с.
3. ГОСТ Р 52380.2-2005. Руководство по экономике качества. Модель предупреждения, оценки и отказов. – Введ. 2005-09-30. – М.: Стандартинформ, 2005. – V, 15 с.
4. ГОСТ Р 9001-2008. Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 2009-11-13. – М.: Стандартинформ, 2009. – V, 26 с.
5. Кравченко, К. С. Совершенствование системы учета затрат на качество / К. С. Кравченко // Материалы научно-практической и студенческой конференции. – Донецк: ДонНТУ, 2006.
6. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
7. Круглов, М. Г. Менеджмент качества как он есть / М. Г. Круглов, Г. М. Шишков. – М.: Эксмо, 2006. – 544 с.
8. Методы классической и современной теории автоматического управления: учеб. В 5 т. Т. 5. Методы современной теории автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
9. Рябых, Д. Анализ затрат на качество / Д. Рябых // [[http://www.cfin.ru/management/iso9000/iso9000\\_cost.shtml](http://www.cfin.ru/management/iso9000/iso9000_cost.shtml)].
10. Чавкин, А. М. Методы и модели рационального управления в рыночной экономике / А. М. Чавкин. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 320 с.
11. Чураков, Е. П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике / Е. П. Чураков. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 240 с.
12. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
13. Эконометрика: учеб. / под ред. И. И. Елисейевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.