



УДК 004.69

**Н.А. Калиева, Н.А. Байгазова**Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск**МОДЕЛИРОВАНИЕ КРЕДИТНО-НАКОПИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА  
СИСТЕМЫ ЖИЛИЩНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СБЕРЕЖЕНИЙ**

Одним из индикаторов повышения качества жизни населения выступает доступность жилья. В свою очередь, важным инструментом расширения доступности жилья является система жилищных строительных сбережений.

Система жилищных строительных сбережений представляет собой замкнутую систему финансирования мероприятий по улучшению жилищных условий, основанную на привлечении денег вкладчиков в жилищные строительные сбережения, начисленных на них премий государства, и предоставлении им жилищных займов [1]. Как представлено на рис. 1, процесс приобретения жилья через систему строительных сбережений состоит из двух этапов.

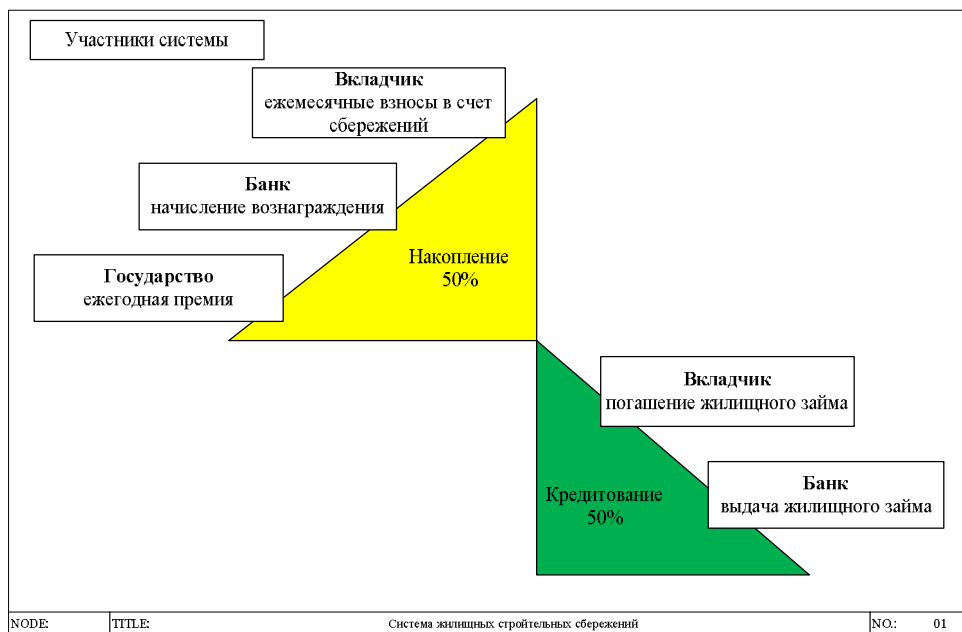


Рисунок 1 - Структура системы жилищных строительных сбережений

Первый этап - накопление - период времени, в течение которого участником вносятся разовые или периодические платежи в сумме не менее 50 % стоимости приобретаемого им жилья, а его накопления используются в системе для приобретения или строительства жилья и жилищного кредитования участников, уже завершивших накопительный этап.

Второй этап - кредитование - начинающийся с окончанием накопительного этапа период, на котором участник осуществляет платежи по погашению предоставленного ему жилищного кредита с определенной периодичностью.

В системе строительных сбережений прослеживается сквозная зависимость: величина административного платежа, начисляемая на паевые взносы в виде процента, зависит не только от интенсивности накопительных платежей каждого участника, но и от длительности накопительного этапа: чем короче ожидание, тем выше административный платеж и наоборот [2, 3].

Для моделирования процесса приобретения жилья через систему жилищных строительных сбережений удобно использовать математический аппарат теории непрерывных марковских процессов.

Моделируемая система, как ранее описывалась, имеет два возможных состояния, представленных на рис. 2.



Рисунок 2 - Модель двухфазной системы жилищных строительных сбережений:  $S_0$  – состояние погашения жилищного займа участниками процесса системы жилищных строительных сбережений;  $S_1$  – состояние накопления и учета участников процесса системы жилищных строительных сбережений

Введем основные обозначения, используемые в модели:

- $m_0(t)$  - среднее число погашающих кредитную задолженность в момент  $t$ ;
- $m_1(t)$  - среднее число накопителей в системе в момент  $t$ ;
- $\lambda$  - параметр, характеризующий интенсивность (долю) снижения численности  $m_0(t)$  за единицу времени за счет полностью выплативших ссудную задолженность (или ухода из системы в случае неплатежеспособности или по иным причинам);
- $\mu$  - параметр, характеризующий интенсивность (долю) прироста  $m_0(t)$  за счет перехода накопителей  $m_1(t)$  в группу погашающих задолженность за единицу времени;
- $M(t)$  - емкость рынка жилья для строительных сбережений в момент  $t$ ;
- $b$  - средняя интенсивность (доля) поступлений заявок на накопление в систему, определяемая в каждый момент  $t$  через корректировку объема потенциального спроса в данный момент для рассматриваемой системы строительных сбережений, т.е. корректи-

ровка емкости рынка с учетом общего числа заявок (накопителей и погашающих кредитную задолженность), находящихся в рассматриваемый момент времени;

- $c$  - параметр, характеризующий интенсивность (долю) снижения численности накопителей в системе в единицу времени за счет перехода накопителей в группу погашающих кредитную задолженность (а также выхода из системы в случае потери платежеспособности или иных причин). Отметим, что  $\lambda > 0$ ,  $\mu > 0$ ,  $c > 0$ ,  $\mu \leq c$ ,  $\mu = c$  в случае отсутствия выхода из системы [2, 4].

Если размеры системы - известная функция времени  $T$ , то ожидаемые численности состояний могут быть найдены с помощью математического аппарата теории непрерывных марковских процессов. Допустим, что общая численность системы - непрерывная функция времени  $m_0(t) + m_1(t)$ , а скорость изменения  $\frac{m_0(t)}{dt} + \frac{m_1(t)}{dt}$ . Базовые уравнения модели находятся с помощью уравнения Колмогорова, подставив соответствующие выражения для  $R(T)$ . Как и ранее, уравнение состоит из двух частей, одна часть - для возмещения уходов, а другая - для заполнения новых мест [5,6]. Таким образом, число вновь поступивших в систему за период времени  $(T, T + \delta T)$  равно:

$$\frac{d\bar{m}(t)}{dt} = \bar{m}(t)R + (m(t)r + b)R(t), \quad (1)$$

где  $\frac{d\bar{m}(t)}{dt}$  - скорость изменения;  $m(t)$  - общее число участников процесса;  $\bar{m}(t)$  - среднее число участников процесса;  $R$  - матрица интенсивности переходов;  $r$  - элемент матрицы интенсивности переходов;  $R(t)$  - мгновенная интенсивность поступлений.

Для двух состояний системы можно получить систему дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dm_0}{dt} = -\lambda m_0(t) + \mu m_1(t), \\ \frac{dm_1}{dt} = b[M(t) - (m_0(t) + m_1(t))] - c m_1(t). \end{cases} \quad (2)$$

Используя дифференцирование и подстановку, решение системы сводится к решению дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$\frac{d^2 m_0}{dt^2} + (\lambda + b + c) \frac{dm_0}{dt} + (b\mu + b\lambda + c\lambda)m_0 = b\mu M(t). \quad (3)$$

В общем случае  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $c$ ,  $b$  являются функциями времени  $t$ , так как возможности системы определяются финансовыми накоплениями на начальном этапе и  $\lambda(t)=0$ ,  $\mu(t)$  достаточно велико,  $b(t)$  - мало,  $c(t)=\mu(t)$ .

По мере роста числа заявок в системе  $\lambda(t)$  растет,  $\mu(t)$  и  $c(t)$  убывают, возрастает функция  $b(t)$ . Переходный процесс завершается, и установившийся режим в системе имеет стационарные характеристики, зависящие от параметров входного потока.

Если основные параметры системы (2) уже близки к стабильным и приближенно их можно считать постоянными, то дифференциальное уравнение (3) можно рассматривать как уравнение с постоянными коэффициентами [2, 7, 8].

Общее решение уравнения запишется в виде суммы двух решений однородного и частного:

$$m_0(t) = e^{-at} (c_1 \cos \beta t + c_2 \sin \beta t) + \frac{b\mu \bar{M}}{b\mu + b\mu + c\mu} + \frac{b\mu(\bar{M} - M_0)}{\tau(\mu + b + c) - (b\lambda + b\mu + c\mu) - \tau^2} e^{-\tau t}, \quad (4)$$

где  $c_1$  и  $c_2$  - произвольные постоянные;  $M_0$  - начальное состояние емкости;  $\bar{M}$  - предельная оценка для потенциального спроса.

Решение для  $m_1(t)$  находится подстановкой (4) в первое уравнение системы (2):

$$m_1(t) = \frac{1}{\mu} \left[ e^{-\alpha t} ((c_1(\alpha - \lambda) + \beta c_2) \cos \beta t + (c_2(\alpha - \lambda) + \beta c_1) \sin \beta t) + \frac{b\mu\bar{M}}{b\mu + b\lambda + c\lambda} + \frac{b\mu(\bar{M} - M_0)}{\tau(\pi + b + c) - (b\mu + b\lambda + c\lambda) - \tau^2} e^{-\pi t} \left(1 - \frac{\tau}{\alpha}\right) \right]. \quad (5)$$

В стационарном режиме, когда  $\frac{dm_0}{dt} = \frac{dm_1}{dt} = 0$ ,  $m_0(t) = \text{const}$ ,  $m_1(t) = \text{const}$ , из соотношений (4) и (5) следует (здесь надо сделать предельный переход  $t \rightarrow \infty$ ), что

$$m_0 = \frac{b\mu\bar{M}}{b\mu + b\lambda + c\lambda}, \quad (6)$$

$$m_1 = \frac{b\lambda\bar{M}}{b\mu + b\lambda + c\lambda}. \quad (7)$$

Аналогичное решение получается из системы уравнений (2), используя (6), причем  $m_1 = \frac{\lambda m_0}{\mu}$ .

Представленная модель позволяет провести расчеты для прогнозирования переходных процессов в системе жилищных строительных сбережений. При известном значении параметров входного потока, доли заявок каждого типа во входном потоке и среднего числа поступающих заявок в систему можно определить среднее число погашающих кредитную задолженность и среднее число накопителей в системе в определенный момент времени. Также можно рассчитать основные параметры системы вблизи установившегося режима:

- интенсивность снижения численности погашающих кредитную задолженность;
- интенсивность прироста погашающих кредитную задолженность за счет перехода накопителей в данную группу;
- интенсивность снижения численности накопителей в системе за счет перехода накопителей в группу погашающих кредитную задолженность;
- предельную оценку для потенциального спроса.

#### Список литературы

1. Закон Республики Казахстан от 7 декабря 2000 года, № 110-III «О жилищных строительных сбережениях в Республике Казахстан» (с изменениями и дополнениями 2013 год).
2. Хагартян С.Р. Методы и модели решения экономических задач: Учеб. пособие для вузов / С.Р. Хагартян, М.В. Пинегина, В.П. Буенов. – М.: Экзамен, 2005.
3. Фаерман Е.Ю. Моделирование жилищного рынка / Е.Ю. Фаерман, С.Р. Хагартян, Н.Л. Федорова. – М.: ЦЭМИ РАН, 2003.
4. Афанасьев М.Ю. Исследование операции в экономике / М.Ю. Афанасьев, В.П. Суворов. – М.: ИНФРА-М, 2003.
5. Бартоломью Д. Стохастические модели социальных процессов. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 293 с.
6. Хагартян С.Р. Методы анализа и моделирования процессов внедрения современных технологий в управление жилищным фондом / С.Р. Хагартян, Е.Ю. Фаерман, М.В. Пинегина и др. // Аудит и финансовый анализ. – 2002. – № 4.
7. Пинегина М.В. Экономико-математические методы и модели. – М.: Экзамен, 2002.
8. Хагартян С.Р. Анализ и моделирование механизмов регулирования рыночных процессов в жилищной сфере / Препринт #WP/98/064. – М.: ЦЭМИ РАН, 1998.

Получено 25.02.2015

УДК 004.42:61

**М.Т. Рамазанова, Ю.А. Вайс**Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск**НЕЧЕТКИЙ ПОДХОД К КРИТЕРИЯМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Существенной особенностью расчета показателей качества работы медперсонала является сложность их количественного оценивания. Однозначно понимаемого перечня показателей качества не существует, так как отсутствуют четкие представления о том, какие количественно измеримые факторы на него влияют, какими достоверно оценивающими показателями оно выражается, какова достоверность этих показателей и т.д. Нечеткость такого представления не позволяет устаревшим методам математического моделирования получать адекватные количественные описания исследуемых параметров, а поэтому заставляет искать решения классических задач оценки качества неклассическими методами [1].

Вопросам оценки качества лечебно-диагностического процесса (ЛДП) посвящено достаточно работ [2, 3, 5, 6, 8-10]. В то же время реализация механизма оценки качества оказания медицинской помощи в лечебно-профилактическом учреждении (ЛПУ) отражена недостаточно полно. В работе предпринята попытка формализовать данный механизм с использованием нечеткого подхода.

Целью исследования является нахождение наиболее достоверного подхода к определению оценки качества лечебно-диагностического процесса, а также в количественном измерении этой оценки.

*Поиск оптимального подхода к критериям оценки качества ЛДП.* Подавляющее большинство информации, необходимой для эффективного управления функциональными процессами в здравоохранении, относится к нечеткой информации. В последнее время для решения задач в условиях нечеткой информации часто стали пользоваться теорией нечетких множеств.

В здравоохранении большую проблему составляет выбор интегрального критерия оценки и оптимизации качества ЛДП. Используя нечеткий подход, в работе на примере трех частных критериев, задача оптимизации лечебного процесса решается в следующей последовательности. Интегральный критерий можно представить тремя частными критериями: состояние пациента по объективным показателям -  $\mu_l(\tau)$ , состояние пациента по его субъективным ощущениям -  $\mu_i(\tau)$  и затраты на лечебно-диагностический процесс -  $\mu_q(\tau)$ .

Для формального описания частных критериев используем функции желательности Харрингтона, которые практически эквивалентны по смыслу функциям принадлежности в теории нечетких множеств. Функции желательности изменяются от 0, в областях недопустимых (нежелательных) значений показателя качества, до максимального значения, равного 1, в областях наиболее предпочтительных его значений [1].

Функция затрат  $\mu_q(\tau)$  при  $\tau < \tau_1$  для ЛПУ незначительна, однако с дальнейшим ростом  $\tau$  эти затраты растут, что отражается в уменьшении значений функции желательности до 0 при  $\tau = \tau_8$ . Поведение функции желательности формализует критерий мнения пациента

во время ЛДП.  $\mu_l(\tau)$  при  $\tau < \tau_2$  - практически все пациенты готовы подождать, с дальнейшим ростом  $\tau$  пациентом все больше овладевает тревога и он ищет альтернативные варианты, поскольку хватает конкурирующих ЛПУ, и при  $\tau > \tau_5$ , вполне вероятно, что пациент обратится в другое ЛПУ. Форма функции желательности объективного состояния  $\mu_l(\tau)$  пациента объясняется следующими обстоятельствами: при  $\tau < \tau_3$  пациент находится в активной фазе ЛДП, с ростом  $\tau$  его состояние улучшается и в интервале  $\tau_4 < \tau < \tau_6$  наиболее вероятно его выписка из ЛПУ; при  $\tau > \tau_6$  возможны осложнения, что крайне нежелательно. При  $\tau > \tau_7$  случай становится тяжелым (рис. 1).

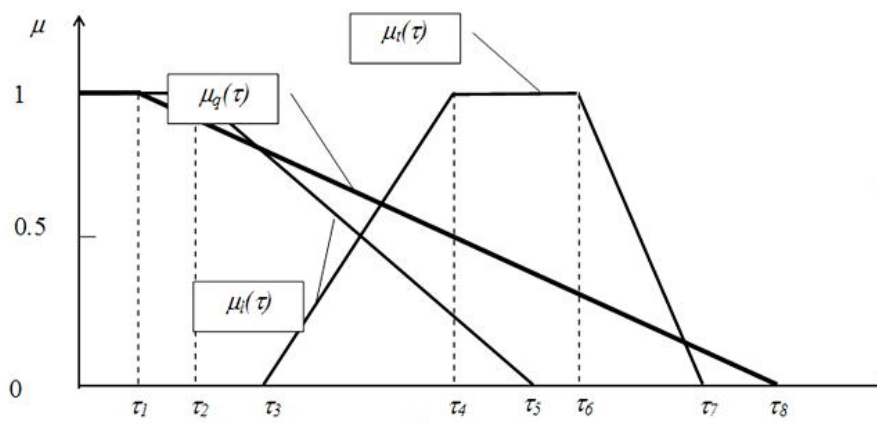


Рисунок 1 - Частные критерии качества лечебно-диагностического процесса

Очевидно, что если критерий  $\mu_l(\tau)$  можно представить на основе объективных данных экономики, критерий  $\mu_q(\tau)$  - на основе некоторых статистических данных, то критерий  $\mu_l(\tau)$  основан, в основном, на субъективных оценках. Причем, в рассматриваемой ситуации именно этот субъективный критерий играет, особенно с внедрением системы ИСО 9000:2000, определяющую роль в оценке качества менеджмента ЛПУ. Исключение этого критерия из рассмотрения из-за его «субъективности» в данном случае сделало бы постановку задачи оптимизации практически бессмысленной. Другим источником субъективизма в рассматриваемом случае является наличие нескольких частных критериев, причем антагонистичных: улучшение с точки зрения критерия  $\mu_l(\tau)$  сопровождается одновременным ухудшением относительно критериев  $\mu_q(\tau)$  и  $\mu_e(\tau)$ . Наличие в постановке задачи оптимизации хотя бы двух частных критериев неизбежно сопровождается привнесением в нее неопределенностей субъективной природы.

Революционным решением в нечетком моделировании является использование, так называемой, лингвистической переменной, которая приближенно описывает параметры и процессы, не поддающиеся описанию в общепринятых количественных терминах, и отличается от числовой переменной тем, что ее значениями являются не числа, а слова или предложения в естественном или формальном языке. Лингвистическая переменная - это набор, в состав которого входят:

- название лингвистической переменной (например «Возраст»);

– универсальное множество  $X$ , или область определения лингвистической переменной;

– множество ее значений  $T$  (базовое терм-множество), представляющих собой наименования нечетких переменных, например «Молодой», «Старый» и т.д.

Для математического описания нечетких множеств часто используют стандартные формы функций принадлежности. Наибольшее распространение получили кусочно-линейные формы, а именно трапецидальная функция принадлежности.

В теории нечетких множеств каждому значению  $x$  может быть поставлено в соответствие некоторое число от нуля до единицы, которое определяет степень принадлежности к тому или иному терму лингвистической переменной. Степень принадлежности определяется функцией принадлежности  $MF(x)$  по формуле (1). Конкретное определение степени принадлежности может определить только эксперт.

Трапецидальная функция принадлежности задается четверкой чисел  $a, b, c, d$  ( $a \leq b < c \leq d$ ):

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (1)$$

В данном случае имеем:

а) функцию принадлежности  $\mu_q(\tau)$  - затраты на ЛДП:

$$\mu_q(\tau) = \begin{cases} 1, & 0 \leq \tau \leq \tau_1, \\ 1 - \frac{\tau - \tau_1}{\tau_8 - \tau_1}, & \tau_1 \leq \tau \leq \tau_8, \\ 0, & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

б) функцию принадлежности  $\mu_l(\tau)$  - состояние пациента по его субъективным ощущениям:

$$\mu_l(\tau) = \begin{cases} 1, & 0 \leq \tau \leq \tau_2, \\ 1 - \frac{\tau - \tau_2}{\tau_5 - \tau_2}, & \tau_2 \leq \tau \leq \tau_5, \\ 0, & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

с) функцию принадлежности  $\mu_r(\tau)$  - состояние пациента по объективным показателям:

$$M_q(\tau) = \begin{cases} 1 - \frac{\tau_4 - x}{\tau_4 - \tau_3}, & \tau_3 \leq x \leq \tau_4, \\ 1, & \tau_4 \leq x \leq \tau_6, \\ 1 - \frac{x - \tau_6}{\tau_7 - \tau_6}, & \tau_6 \leq x \leq \tau_7, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Другими источниками субъективной неопределенности являются необходимость количественной оценки коэффициентов относительной важности частных критериев (ранжировка), а также выбор способа их агрегирования в обобщенный критерий качества [7].

Время лечения пациента должно зависеть от правильной постановки диагноза, что делает необходимым одновременный учет в постановке задачи как субъективной, так и объективной неопределенностей.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– В результате построен нечеткий подход к критериям оценки качества ЛДП, границы которых будут рассмотрены в дальнейших исследованиях.

– Предложенный подход обеспечивает возможность четкого представления о том, какие количественные факторы влияют на показатель качества, какими достоверно-оценивающими показателями оно выражается и какова достоверность этих показателей.

#### Список литературы

1. Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М.: Изд-во Машиностроение 1, 2004. – 336 с.
2. Веселов Н.Г. Качество оказания восстановительной и реабилитационной помощи детям с некоторыми видами хронической патологии в амбулаторных условиях и пути его улучшения / Н.Г. Веселов, В.И. Орел и др.; Под ред. проф. Н.И. Вишнякова, Н.П. Куликовой // Проблемы оценки КМП: Сб. научн. тр. – СПб., 1996. – С. 199-204.
3. Гайдаров Г.М. Оценка качества лечебно-диагностического процесса и его результативности как составная часть лицензирования и аккредитации ЛПУ / Под ред. проф. Н.И. Вишнякова и Н.П. Куликовой // Проблема оценки КМП: Сб. научн. работ. – СПб., 1998. – Вып. 2. – С. 221-227.
4. Глухов Г.Н. Система гарантий качества в здравоохранении / Г.Н. Глухов, Ю.В. Шиленко, В.К. Леонтьев // Экономика здравоохранения. – № 2 (26). – 1998.
5. Дьяченко В.Г. Управление качеством медицинской помощи: Учеб. / В.Г. Дьяченко, Л.В. Солохина, С.В. Дьяченко. – Хабаровск: Изд-во ГБОУ ВПО Дальневосточный гос. мед. ун-т, 2012. – 655 с.
6. Жижина Ю.А. Углубленный анализ качества медицинской помощи больным кардиологического профиля в условиях обязательного медицинского страхования. – Авт. дисс. ... к.м.н. – Ижевск, 1999. – 24 с.
7. Жилина Е.В. Нечеткие модели оценки успешности освоения дисциплины студентом // Управление экономическими системами: электронный журнал. – 2011. – (35) № 11. – № гос. рег. статьи: 0421100034. (дата публикации 30.11.2011). – Электронный ресурс: <http://www.uecs.ru>.
8. Стародубов В.И. Основные положительные концепции стандартизации медицинских услуг / В.И. Стародубов, П.А. Воробьев, О.С. Якимов и др. // Экономика здравоохранения. – № 10 (22). – 1997.
9. Субботина Л.Н. Пути совершенствования контроля качества медицинской помощи // Медицинское страхование. – № 13-14. – 1996. – С. 35-37.
10. Чавпецов В.Ф. Кардиологическая помощь: проблемы качества / В.Ф. Чавпецов, Б.Г. Бершадский, Н.В. Перепеч и др.; Под ред. проф. В.А. Алмазова. – Ставрополь: Став-



роп. кн. изд-во, 1989. – 188 с.

Получено 26.02.2015

УДК 004.37

**Ю.В. Риб, Н.Ф. Денисова**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ  
ДЛЯ ИНДИКАТИВНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ**

Государственная программа развития образования Республики Казахстан на 2011-2020 годы определила в числе приоритетных задач развитие образования как открытой государственно-общественной системы, повышение информированности всех участников образовательного процесса о его состоянии и перспективах развития. В Восточно-Казахстанской области ведется формирование модели мониторинга и оценки качества образования – создание единой базы данных образовательного мониторинга[1].

Республиканским государственным казенным предприятием «Национальный центр образовательной статистики и оценки» Министерства образования и науки Республики Казахстан была разработана модель, которая внедрена в регионах областной системой оценки качества образования (далее ОСОКО). Система на основе постоянного мониторинга обеспечивает получение целостной информации о состоянии и развитии системы образования области, района, организаций образования, позволяет подготовить предложения и рекомендации по повышению и эффективному управлению качеством образования.

Целью исследования является создание программного комплекса областной системы оценки качества образования на основе теории нечетких множеств.

Для реализации оперативного предоставления данных конечному пользователю целесообразно использовать современные информационные технологии (базы данных в SQLyogEnterprise – MySQLGUIv8.14, графические средства системы MATLAB и web-сервер Apache) и математические методы обработки статистических данных.

Программный комплекс областной системы оценки качества образования представляет собой систему ввода показателей, расчета индикаторов оценки качества и формирования выходных форм. Система обеспечивает надежное хранение введенных данных, оперативный поиск и просмотр данных, вывод данных в виде таблиц (согласно заданным параметрам выборки данных).

Ввод статистических данных выполняется в разрезе районов, организаций образования и по годам (рис. 1)

Автоматизированная программа мониторинга качества образования функционирует в многопользовательском режиме, данный программный продукт имеет максимально интуитивно понятный интерфейс и логику работы.

Формирование и развитие единого информационного пространства образовательной статистики предусматривает, в первую очередь, обеспечение оперативного доступа к имеющимся информационным ресурсам.

Разработка проекта осуществляется средствами языка PHP, база данных разработана с помощью сервера MySQL и Web-сервером Apache (рис. 2).

**Информация о концерте лауреатов**

Восточно-Казахстанское училище искусств ежегодно выпускает немало талантливых музыкантов, которые продолжают свое дело, работая в лучших творческих коллективах и вносят свой вклад в развитие культуры нашего города, области и Республики.

1 2 3 4

**Рейтинг по Показателям**  
Для построения этого рейтинга будут использоваться :  
• районы  
• показатели  
• год отчет  
[Построить](#)

**Рейтинг по Индикаторам**  
Для построения этого рейтинга будут использоваться :  
• районы  
• индикаторы  
• год отчет  
[Построить](#)

**Рейтинг по Учреждениям**  
Для построения этого рейтинга будут использоваться :  
• Учреждения  
• показатели  
• год отчет  
[Построить](#)

**Рейтинг по Учреждению**  
Для построения этого рейтинга будут использоваться :  
• Одно Учреждение  
• показатели  
• год отчет  
[Построить](#)

**Эффективность качества образования**  
Для построения этого рейтинга будут использоваться :  
• Районы  
• показатели  
• год отчет  
[Построить](#)

**Построения рейтинга**  
[По показателям](#)  
[По индикаторам](#)  
[По учреждению](#)  
[По учреждению](#)

**Тип учреждений**  
Тип(исполнения)  
(СССР)  
Учреждения  
ДПО  
ДОО  
ДУ  
[Структура Центра](#)  
[СССР](#)  
[Мониторинг качества образования](#)  
[Отчеты СССР](#)

**Рубрики**  
[Новости](#)

**Голосования**

Рисунок 1 - Страница выбора тематики построения отчета

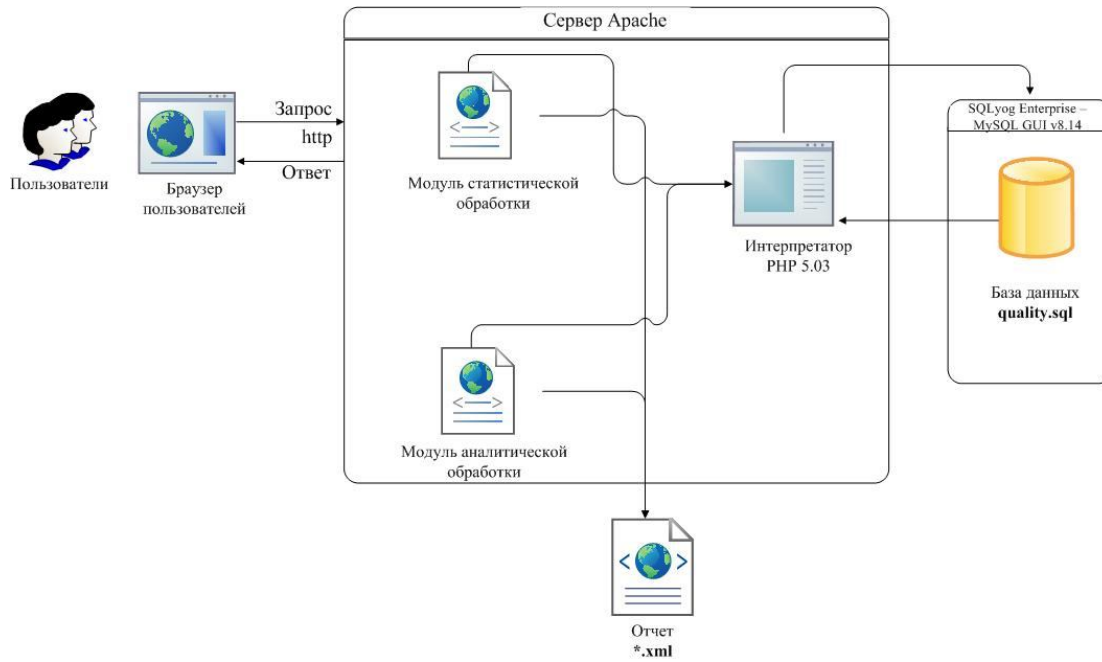


Рисунок 2 - Архитектура ОСОКО

В общем виде состав разработанной системы может быть представлен в виде диаграммы компонентов. Внешний вид компонентной модели представлен на рис. 3.

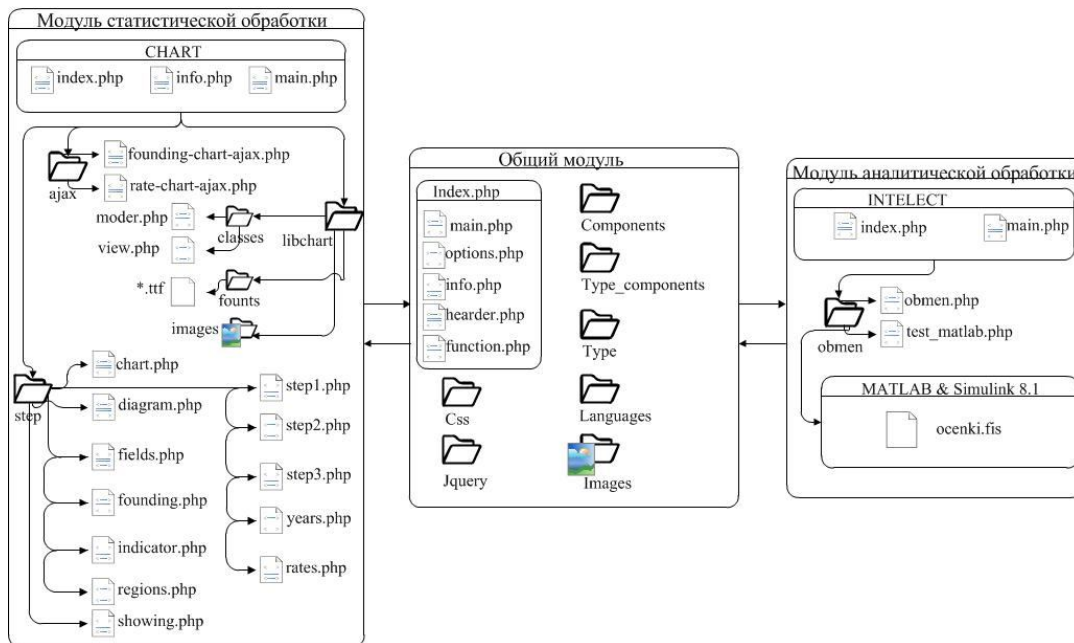


Рисунок 3 - Компонентная модель приложения

Навигация по системе осуществляется с помощью главного меню на основной стра-

нице «index.php». В этом файле реализовано автоматическое подключение type-файлов, а также неизвестных page\_404 по первому сегменту.

Меню, заголовки и карта сайта описывается с помощью файлов «header.php» и «main.php». Навигация по модулю статистической обработки, меню описывается в файле «index.php» папки chart. В данном файле реализована возможность перехода по данному модулю, выбор направления, а также настройка виджетов.

Этапы построения диаграмм для отчета описаны в файлах «step1.php», «step2.php», «step3.php», в которых пошагово описываются действия пользователя. С помощью файла «diagram.php» производится подключение плагинов для построения диаграмм, подключения курсора к диаграмме, редактирования диаграмм.

Модуль аналитической обработки с помощью файла «test\_matlab.php» подключается к Matlab 8.01 для реализации теории нечетких множеств с помощью файла «ocenka.fis Б», в котором описываются эмпирические правила и на основе теории Мамдани происходит оценка эффективности качества образования. Для передачи переменных из базы данных необходим файл «obmen.php».

Остальные файлы и модули составляют стандартную продуманную архитектуру системы MaxSite CMS.

Для реализации программного модуля аналитической обработки данных была применена теория нечетких множеств, включающая в себя ряд ассоциативных правил.

*Метод ассоциативных правил на основе теории нечетких множеств.* Рассмотрим основные понятия систем нечеткого вывода для адаптации их при решении собственной задачи. Процесс нечеткого вывода представляет собой некоторую процедуру или алгоритм получения нечетких заключений на основе нечетких условий или предпосылок с использованием понятий нечеткой логики.

Этот процесс соединяет в себе все основные концепции теории нечетких множеств: функции принадлежности, лингвистические переменные, нечеткие логические операции, методы нечеткой импликации и нечеткой композиции [2]. Системы нечеткого вывода позволяют решать задачи автоматического управления, классификации данных, распознавания образов, принятия решений, машинного обучения и многие другие.

Нечетким лингвистическим высказыванием будем называть высказывания следующих видов:

1. Высказывание « $\beta$  есть  $\alpha$ », где  $\beta$  - наименование лингвистической переменной,  $\alpha$  - ее значение, которому соответствует отдельный лингвистический терм из базового термножества  $T$  лингвистической переменной  $\beta$ .
2. Высказывание « $\beta$  есть  $\Delta\alpha$ », где  $\Delta$  - модификатор, соответствующий таким словам, как: «ОЧЕНЬ», «БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ», «МНОГО БОЛЬШЕ» и другим.
3. Составные высказывания, образованные из высказываний видов 1 и 2 и нечетких логических операций в форме связок: «И», «ИЛИ», «ЕСЛИ, ТО», «НЕ».

В системах нечеткого вывода нечеткие лингвистические высказывания называют просто нечеткими высказываниями. Под правилом нечеткой продукции или просто нечеткой продукцией будем понимать выражение следующего вида:

$$: Q; P; A \Rightarrow B; S, F, N, \quad (1)$$

где (i) - имя нечеткой продукции; Q- сфера применения нечеткой продукции; P - условие применимости ядра нечеткой продукции;  $A \Rightarrow B$  - ядро нечеткой продукции, в котором A - условие ядра (антецедент), и B - заключение ядра (консеквент), представляют собой нечеткие лингвистические высказывания вида 1-3,  $\Rightarrow$  - знак логической секвенции (или следования); S - метод или способ определения количественного значения степени истинно-

сти заключения ядра; F - коэффициент определенности или уверенности нечеткой продукции; N - постуловия продукции.

Простейший вариант правила нечеткой продукции, который наиболее часто используется в системах нечеткого вывода, может быть записан в форме:

$$\text{ПРАВИЛО } \langle \# \rangle: \text{ЕСЛИ } \langle \beta 1 \text{ есть } \alpha' \rangle, \text{ ТО } \langle \beta 2 \text{ есть } \alpha'' \rangle. \quad (2)$$

Здесь нечеткое высказывание « $\beta 1$  есть  $\alpha'$ » представляет собой условие данного правила нечеткой продукции, а нечеткое высказывание « $\beta 2$  есть  $\alpha''$ » нечеткое заключение данного правила. При этом считается, что  $\beta 1 \neq \beta 2$ .

Система нечетких правил продукции или продукционная нечеткая система представляет собой некоторое согласованное множество отдельных нечетких продукций или правил нечетких продукций в форме:

$$\langle \text{ЕСЛИ } \alpha, \text{ ТО } \beta \rangle \text{ (или в виде: } \langle \text{IF } A \text{ THEN } B \rangle), \quad (3)$$

где A и B нечеткие лингвистические высказывания вида 1, 2 или 3.

Механизм или алгоритм вывода является важной частью базовой архитектуры систем нечеткого вывода. Алгоритм вывода оперирует правилами нечетких продукций, в которых условия и заключения записаны в форме нечетких лингвистических переменных.

Рассмотрим на примере анализа влияния показателей кадрового обеспечения на оценку эффективности качества образования региона. Суть рассматриваемой задачи заключается в следующем. С одной стороны, государство хочет получить максимальный эффект от качественного образования, с другой - школы хотят наиболее выгодно показать работу своих учителей.

В качестве входных переменных используются: образование, стаж работы, категория, возраст (рис. 4).

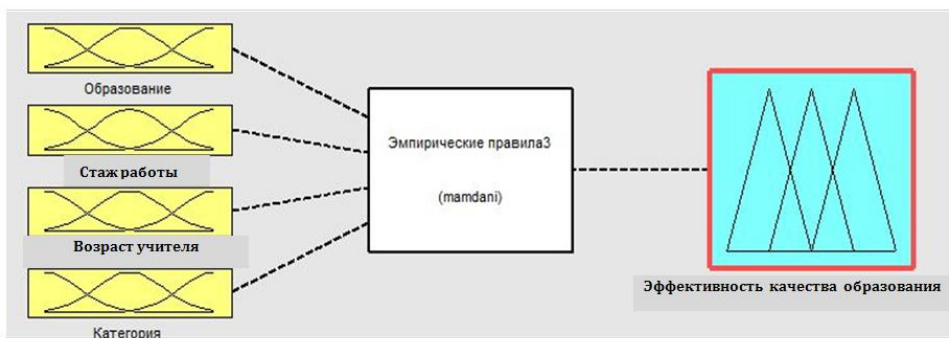


Рисунок 4 - Графический интерфейс редактора FIS после определения входных и выходной переменных системы нечеткого вывода КС

Для определения эффективности на основе приведенных входных параметров определим набор эмпирических правил:

1. Если «Образование» высшее, то эффективность преподавания высокая.
2. Если «Образование» среднее профессиональное, то эффективность преподавания средняя.
3. ...

14. Если «Образование» среднее профессиональное, «Стаж педагогической деятельности» свыше 20 лет, «Возраст учителя» свыше 58 лет и «Категория» первая или вторая, то эффективность качества образования средняя.

15. Если «Образование» среднее общее, «Стаж педагогической деятельности» до 8 лет, «Возраст учителя» до 30 лет и не имеет «Категории», то эффективность качества образо-

вания низкая.

### 16. Фаззификация входных и выходных переменных.

В качестве схемы нечеткого вывода был использован метод Мамдани. Это наиболее распространенный способ логического вывода в нечетких системах. В нем используется минимаксная композиция нечетких множеств. Данный механизм включает в себя последовательность действий, представленную на рис. 5.

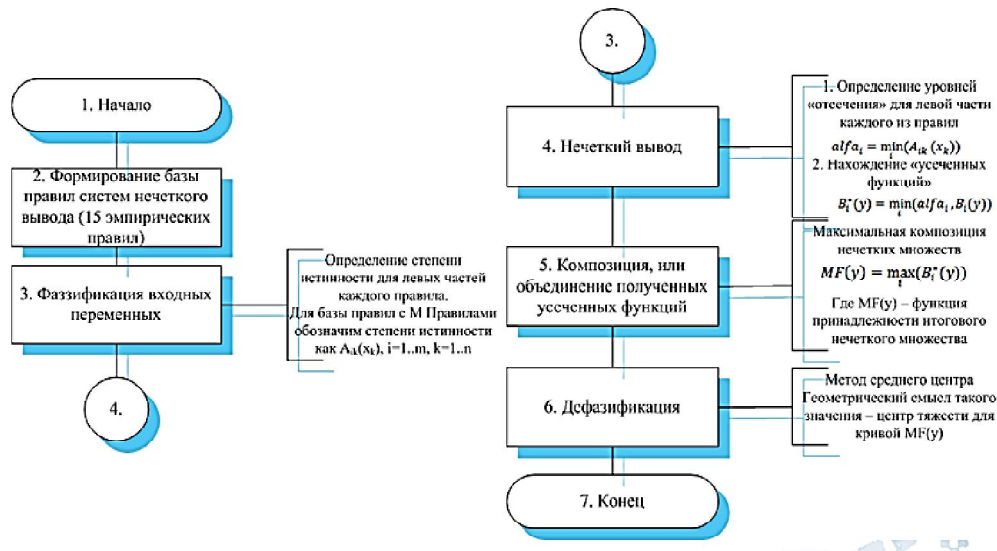


Рисунок 5 - Метод Мамдани

Процедура нечеткого вывода, выполненная системой MATLAB для разработанной нечеткой модели, выдает в результате значение выходной переменной «Эффективность качества образования» 71,5 (рис. 6). Это высокий показатель эффективности качества образования.

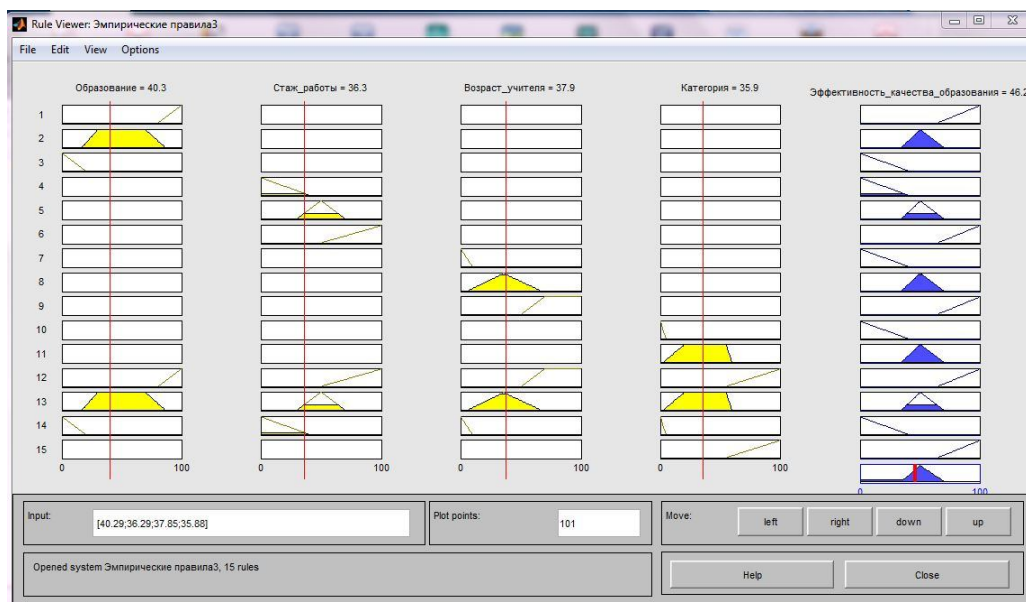


Рисунок 6 - Графический интерфейс программы просмотра правил после выполнения

процедуры нечеткого вывода для первого варианта значений входных переменных

Для общего анализа разработанной нечеткой модели также может оказаться полезной визуализация соответствующей поверхности нечеткого вывода (рис. 7).

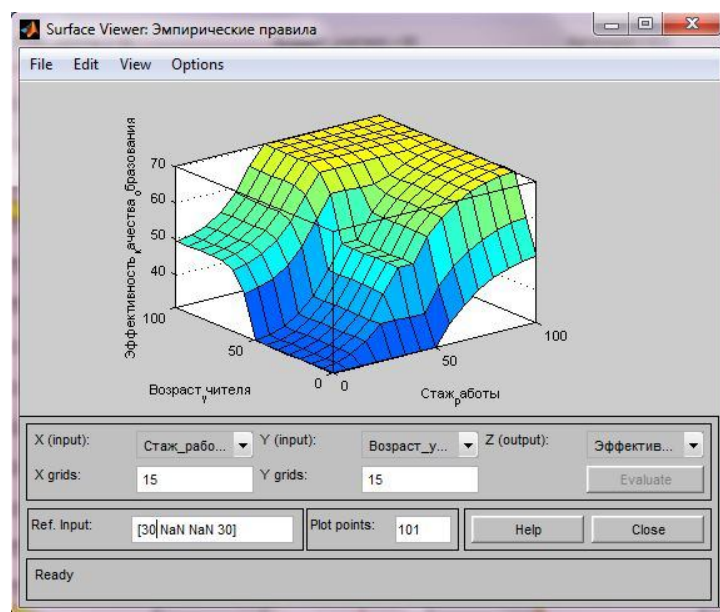


Рисунок 7 - Визуализация поверхности нечеткого вывода рассматриваемой модели для входных переменных «Стаж работы» и «Возраст учителя»

Данная поверхность нечеткого вывода позволяет установить зависимость значений выходной переменной от значений отдельных входных переменных нечеткой модели. Анализ этих зависимостей может служить основанием для изменения функций принадлежности входных переменных или нечетких правил с целью повышения адекватности системы нечеткого вывода [3].

В ходе выполнения исследовательской работы была разработана информационно-аналитическая система анализа данных образовательной статистики на основе индикативной оценки, что позволит повысить эффективность управления качеством образования Восточно-Казахстанской области.

Система обеспечивает выявление уровня эффективности качества образования за счет анализа следующих статистических данных: категорий, стажа педагогической работы, возраста и образования педагогов области. Для оценки эффективности по предложенным критериям используется математический аппарат нечетких множеств.

#### Список литературы

1. Управление качеством образования в регионе на основе показателей и индикаторов: Сб. инструктивно-методических материалов. – М.: Логос, 2008. – 184 с.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

Получено 25.02.2015

УДК 553.09.01.

**Б.С. Садыкова, А.У. Умбетов**

БІ. Алтынсарин атындағы Арқалық мемлекеттік педагогикалық институты, Арқалық қ.

**БИФОКАЛЬДЫ ЛИНЗАДАҒЫ СФЕРАЛЫҚ ЛАЗЕР СӘУЛЕЛЕРІНІҢ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫ**

Электромагнитті толқындардың қандай да бір орта арқылы өткен кезде осы ортамен әсерлесуінің нәтижесінде ерекше құбылыстар пайда болады. Осы құбылыстардың пайда болу себептерін анықтау арнайы әдістемелерді қолдануды талап етеді. Берілген жұмыста электромагнитті толқындардың бір ості кристалдардан жасалынған қос (бифокальды) линзалардан құрастырылған жүйе арқылы өткен кезде пайда болатын толқындардың жолдарын есептеу, олардан алынған поляризациялық сәулелердің анализаторсыз интерференциялық суреттер беру ерекшеліктері құрастырылады. Бұрынғы белгілі геометриялық әдісте [1] есептеулерге ыңғайсыз, күрделі өрнектер алынады, ал ұсынылып отырған парциалды әдісте есептеулер қарапайым түрге келтіріледі. Осы әдістің ерекшелігіне тоқталайық.

Бифокальды линзаны (БЛ) сфералық лазер сәулесімен жарықтандырсақ, алынатын интерференциялық сурет күрделі түрде болады. Егер сәулелерді көлденең бағытта жылжытсақ (ХУ жазықтығында), онда интерференциялық сурет тағы да күрделене түседі. Интерференциялық суреттің өзгергіштігі лазер сәулесінің көлденең бағыттағы ығысуына көп тәуелді. БЛ түскен сфералық лазер сәулесі о-кәдімгі, е-кәдімгі емес сәулелерге жіктелінеді. БЛ сфералық бетінде о-сәулесі е-сәулесіне, ал е-сәулесі о-сәулесіне түрленеді. Нәтижесінде БЛ шығысында ое-және ео-толқындар пайда болады. Осы толқындардың БЛ өтуін жеке-жеке қарастырайық:

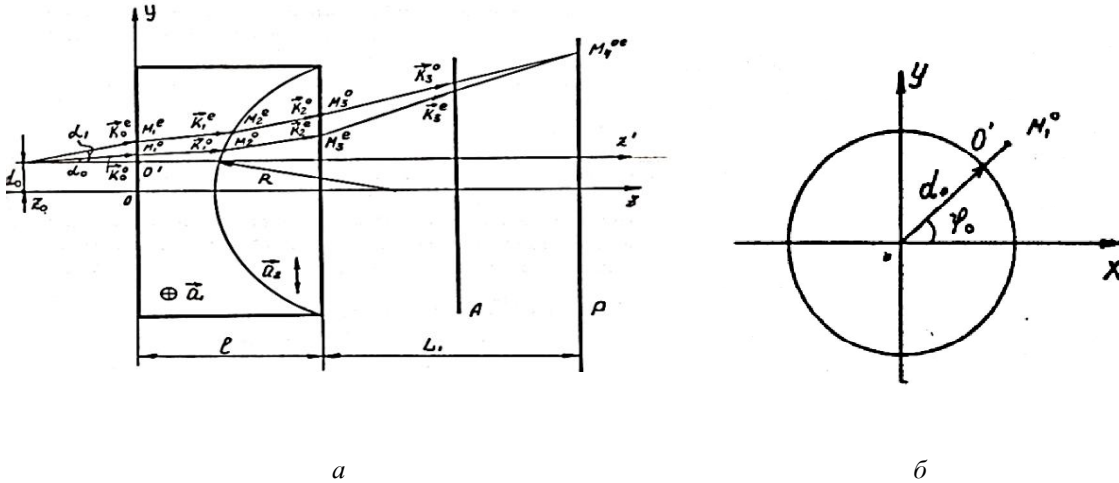
а) ое-толқын. БЛ түсетін ағынның орны келесі тендеумен берілсін  $x=0$ ;  $y=d_0$  (1-сурет). Шашырайтын ағындағы өрістерді жазық толқындар жүйесі түрінде болады деп есептейміз. Бұл жазық толқын келесі бірлік толқындық вектормен анықталады

$$\vec{K}_0 = \{\alpha \cos \varphi; \alpha \sin \varphi; 1\}. \quad (1)$$

БЛ-2 линзаның бөліктерінің шекарасындағы толқындардың сынуын қарастыра отырып, БЛ-2 линзаның I және II бөліктеріндегі оның шығысындағы бірлік толқындық және сәулелік векторлар үшін келесі өрнектерді аламыз:

$$\begin{aligned} \vec{K}_1^0 &= \left\{ \frac{\alpha \cos \varphi}{n_0}; \frac{\alpha \sin \varphi}{n_0}; 1 \right\}, \\ \vec{K}_2^e &= \left\{ \left[ 1 + \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} \right) \right] \frac{\alpha \cos \varphi}{n_0} - \frac{\delta d_0}{2R} \cos \varphi_0; \left[ 1 + \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} \right) \right] \frac{\alpha \sin \varphi}{n_0} - \frac{\delta d_0}{2R} \sin \varphi_0; 1 \right\}, \\ \vec{K}_3^e &= \left\{ \left[ 1 + \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \alpha \cos \varphi - \frac{\delta d_0}{2R} n_e \cos \varphi_0; \left[ 1 + \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \alpha \sin \varphi - \frac{\delta d_0}{2R} n_e \sin \varphi_0; 1 \right\}, \\ \vec{S}_2 &= \left\{ \left[ 1 + \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} \right) \right] \frac{\alpha \cos \varphi}{n_0} - \frac{\delta d_0}{2R} \cos \varphi_0; \left[ 1 + \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} \right) \right] \frac{\alpha \sin \varphi}{n_0} - \frac{\delta d_0}{2R} \sin \varphi_0; 1 \right\}. \end{aligned} \quad (2)$$





а) шашырайтын лазер сәулесінде БЛ арқылы өткен сәулелердің схемасы  
(лазер сәулесі көлденең бағытта ХУ жазықтығында ығысқан);  
б) ХУ жазықтығындағы нүктелердің орны мен параметрлері  
1-сурет

Кейіннен ескеретініміз  $\alpha^2$  және  $\delta^2$  мүшелері (2) өрнекте жоқ және I бөлікте сәулелік вектор толқындық вектормен сәйкес келеді. БЛ линзаның алдында шашырайтын ағынның фокусы  $z_0$  болсын. Сонда  $M_1^0$  нүктесінің координатасы парциалды сәуле үшін  $Z=0$  болғанда алатынымыз:

$$x_1^0 = z_0 \alpha \cos \varphi; y_1^0 = z_0 \alpha \sin \varphi; z_1^0 = 0. \quad (3)$$

(2) өрнек ео-толқын БЛ арқылы өткен кездегі ағын траекториясының бағыттары үшін сәйкес бағыттаушы векторлары болып табылады. Интерференциялық суреттің түрі қарастырылатын экранды  $z=L_1+1$  қашықтыққа орналастырғанда байқалады. (2) өрнек негізінде жүргізілген қарапайым есептеу парциалды сәуленің экранмен қиысу нүктесін  $M_4(x_4^l, y_4^l, L_1+1)$  табуға мүмкіндік береді, мұндағы

$$x_4^e = \left[ z_0 + 2 \frac{\sigma - R}{n_0} + L_1 + \frac{\delta}{2} \left[ \frac{\sigma - R}{n_0} \left( \frac{z_0}{R} n_0 + \frac{\sigma}{R} \right) + L_1 \left( \frac{z_0}{R} n_0 + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \right] \alpha \cos \varphi - \frac{\delta}{2} (n_e L + \sigma - R) \frac{d_0}{R} \cos \varphi_0,$$

$$y_4^e = \left[ z_0 + 2 \frac{\sigma - R}{n_0} + L_1 + \frac{\delta}{2} \left[ \frac{\sigma - R}{n_0} \left( \frac{z_0}{R} n_0 + \frac{\sigma}{R} + 2 \right) + L_1 \left( \frac{z_0}{R} n_0 + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \right] \alpha \sin \varphi - \frac{\delta}{2} (n_e L + \sigma - R) \frac{d_0}{R} \sin \varphi_0,$$

$$y_4^e = L_1 + 2(\sigma - R), \quad (4)$$

мұндағы  $\sigma$  – координаттар жүйесінің басынан сфералық беттің ортасына дейінгі қашықтық;

б) ео-толқын. Парциалды толқындық вектор БЛ кірісінде ео-сәуле үшін  $\alpha_1$  және  $\varphi_1$  бұрыштар, ал ео-сәуле үшін  $\alpha$  және  $\varphi$  бұрыштар құрасын. Ал ео-толқын үшін сәулелік және толқындық векторлар келесі түрде беріледі:

$$\vec{S}_1 = \left\{ \frac{\alpha_1 \cos \varphi_1}{n_e} (1 + \delta); \frac{\alpha \cos \varphi_1}{n_e}; 1 \right\},$$

$$\vec{K}_1^e = \left\{ \frac{\alpha_1 \cos \varphi_1}{n_e}; \frac{\alpha_1 \cos \varphi_1}{n_e}; 1 \right\},$$

$$\vec{K}_2^e = \left\{ \left[ 1 - \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} \right) \right] \frac{\alpha_1 \cos \varphi_1}{n_e} + \frac{\delta d_0}{2 R} \cos \varphi_0; \left[ 1 - \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} \right) \right] \frac{\alpha_1 \sin \varphi_1}{n_e} + \frac{\delta d_0}{2 R} \sin \varphi_0; 1 \right\}, \quad (5)$$

$$\vec{K}_3^0 = \left\{ \left[ 1 - \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \alpha_1 \cos \varphi_1 + \frac{\delta d_0}{2R} n_e \cos \varphi_0; \left[ 1 - \frac{\delta}{2} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \alpha_1 \sin \varphi_1 + \frac{\delta d_0}{2R} n_e \sin \varphi_0; 1 \right\}.$$

ео – сәулесінің кірістегі  $M_1^0$  нүктесінің координаталары:

$$x_1^e = z_0 \alpha_1 \cos \varphi; y_1^e = z_0 \alpha_1 \sin \varphi; z_1^e = 0 \quad (6)$$

ео-сәулесі үшін (5) және (6) өрнектер бойынша сәйкес геометриялық есепті шешкеннен соң, парциалды сәуленің экранмен қиылысу нүктесінің координатасын анықтаймыз

$$x_4^0 = \left[ z_0 + 2 \frac{\sigma - R}{n_e} + L_1 - \frac{\delta}{2} \left[ \frac{\sigma - R}{n_e} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 2 \right) + L_1 \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \right] \alpha_1 \cos \varphi_1 + \frac{\delta}{2} (n_e L_1 + \sigma - R) \frac{d_0}{R} \cos \varphi_0,$$

$$y_4^0 = \left[ z_0 + 2 \frac{\sigma - R}{n_e} + L_1 - \frac{\delta}{2} \left[ \frac{\sigma - R}{n_e} \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 2 \right) + L_1 \left( \frac{z_0}{R} n_e + \frac{\sigma}{R} - 1 \right) \right] \right] \alpha_1 \sin \varphi_1 + \frac{\delta}{2} (n_e L_1 + \sigma - R) \frac{d_0}{R} \sin \varphi_0,$$

$$z_4^0 = 2(\sigma - R) + L_1; \quad (7)$$

Бұрыннан белгілі болғандай интерференциялық максимумдар шарты келесі түрде жазылады:

$$\Delta + \left( \vec{K}_3^{e0} - \vec{K}_3^{oe} \right) \vec{r} = S\lambda, \quad (S=0; \pm 1; \pm 2) \quad (8)$$

мұндағы  $\lambda$  – толқын ұзындығы,  $\vec{r}$  – бақылау нүктесінің радиус-векторы.

$\Delta = \delta \frac{d_0}{R} \frac{\sigma - R}{n_e} (\alpha_1 + \alpha) \cos(\varphi_0 - \varphi_1)$  БЛ шығысындағы ео- және ео-сәулелердің жол айырымы.

Кірістегі бұрыштармен  $\alpha, \varphi, \alpha_1, \varphi_1$  және бақылау нүктелерінің координаталарының арасындағы байланысты  $M_4^0$  және  $M_4^e$  нүктелерінің сәйкестілік шартынан анықтаймыз. (4) және (7) өрнектерді қолдана отырып, максимумдар үшін шарт аламыз:

$$x^2 \left[ z_0^2 + \frac{l}{n_0} z_0 + \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_0^2} \right] + y^2 \left[ z_0^2 + \frac{l}{n_e} z_0 - \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_0^2} \right] - \frac{d_0}{R} \left[ z_0^2 + z_0 \frac{l}{2n_e^2} (3n_e + 1) + l22ne2 + L1z0 + l2ne + l2ne2xcos\varphi_0 + ysin\varphi_0 = S\lambda Rne\delta L + L12, \quad (9)$$

мұндағы  $L = z_0 + 2 \frac{\delta - R}{n_e}$ .

Егер бақылау жазықтығы (P) БЛ линзаның шығыс қабырғасына жақын орналасса, яғни  $L_1$  шамасы аз болса, онда (9) өрнектен алатынымыз:

$$x^2 \left[ z_0^2 + \frac{l}{n_0} z_0 + \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_0^2} \right] + y^2 \left[ z_0^2 + \frac{l}{n_e} z_0 - \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_0^2} \right] - \frac{d_0}{R} \left[ z_0^2 + z_0 \frac{l}{2n_e^2} (3n_e + 1) + l22ne2ne + 1nexc\varphi_0 + ysin\varphi_0 = S\lambda Rne\delta z_0ne + l2 \quad (10)$$

БЛ қолданылатын тәжірибедегі параметрлер үшін ( $l=7,4$  мм,  $R=50,2$  мм,  $n_e=1,49$ ,  $\lambda = 0,6328$  мм,  $\delta = 0,2$ ). (10) өрнектен екінші ретті қисықтың теңдеуін аламыз:

$$x^2 (z_0^2 + 5z_0 + 90) + y^2 (z_0^2 + 5z_0 - 78) - \frac{d_0}{R} (xcos\varphi_0 + ysin\varphi_0) (z_0^2 + 9,12z_0 + 20,6) = 5,5 \cdot 10^{-2} (1,49z_0 + 7,4)^2 \quad (11)$$

Бұл қисықтар 3 - және 4 - суреттерде көрсетілген.

Егер  $d_0 = 0$  болса, онда (9) өрнектен алатынымыз:

$$\left( z_0^2 + \frac{l}{n_0} z_0 + \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_0^2} \right) x^2 + \left( z_0^2 + \frac{l}{n_e} z_0 - \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_0^2} \right) y^2 = \frac{R\lambda S}{\delta n_e^3} (z_0 n_e + l + l n_e)^2 \quad (12)$$

немесе

$$(z_0^2 + 5z_0 + 90)x^2 + (z_0^2 + 5z_0 - 78)y^2 = 5,5 \cdot 10^{-2} (1,49(d_0 + l) + 7,4)^2 \quad (13)$$

Бұл қисықтың түрі 2-суретте көрсетілген.  $6,7 > z_0 > -11,7$  мм аралығында тең емес

кабырғалы гипербола түріндегі интерференциялық суреттер пайда болады. Ол тең кабырғалы гиперболаға  $-3 \leq z_0 \leq -2$  мм аралығында жақындайды.

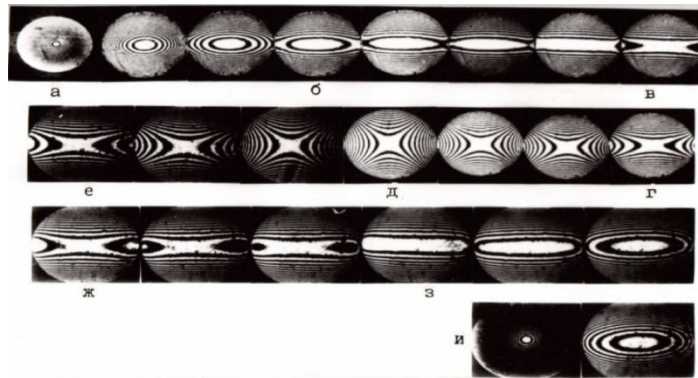
$6,7 \geq Z_0 \geq -11,7$  аралығында гипербола эллипске трансформацияланады.  $Z_0 > 6,7$  мм немесе  $Z_0 < -11,7$  мм мәндерінде эллипстер шеңберге жуықтайды. (13) өрнек негізіндегі есептеулер тәжірибемен жақсы сәйкес келеді.

Есептеулерді  $\alpha^3$  дәлдікпен жүргізсек, онда о- және е- толқындардың БЛ шығысындағы жол айырымы келесі өрнекпен анықталады:

$$\Delta = \frac{l z_0 \delta}{4 R n_e} (\alpha^2 + \alpha_1^2). \quad (14)$$

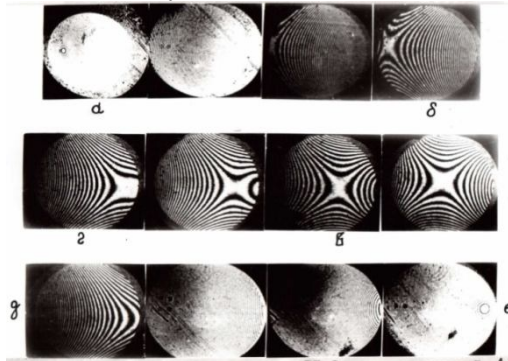
Онда интерференциялық суреттің максимумдары үшін нүктелердің геометриялық орнының теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\begin{aligned} \left[ z_0^2 + z_0 \left( \frac{l}{n_e} + l - 2n_e^2 \right) + \frac{eR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_e^2} \right] x^2 + \left[ z_0^2 + z_0 \left( \frac{l}{4} + l - 2n_e^2 \right) - \frac{lR}{2n_e^2} + \frac{l^2}{4n_e^2} \right] y^2 = \\ = \frac{RS\lambda}{\delta n_e^3} [(z_0 + l)n_e + l]. \end{aligned} \quad (15)$$



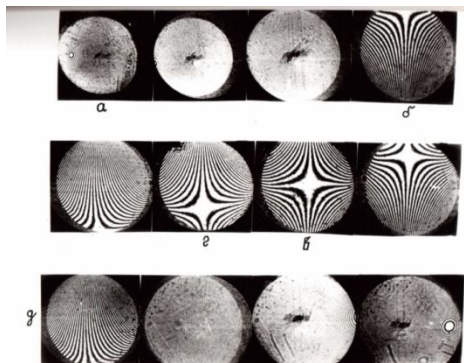
2-сурет - Кірісте фокусталатын лазер сәулесінде БЛ Z өсінің бойымен  $\Delta Z$  ығысу кезінде беретін интерференциялық растрлар

(а) - (и) суреттер  $\Delta Z = +22, +12, +11, +10, -5, -5,5, -6,5, -18$  мм аралықтарға сәйкес келеді.  $\Delta Z = 0$  БЛ алдыңғы кабырғасына сәйкес.  $|\Delta Z|$  фокусталынатын лазер сәулесінің БЛ алдыңғы кабырғасына дейін ығысуына сәйкес келеді.



3-сурет - Фокусталынатын лазер сәулесінің БЛ ХУ жазықтығында оның ортасынан  $d=4$  мм қашықтыққа ығысқан кездегі және БЛ Z өсі бойымен  $\Delta Z$  шамаға ығысқан жағдайдағы алынатын интерференциялық растрлар

Ығысу  $x$  осінің бойымен  $p = 0$  жағдайында жүргізіледі. (а) - (е) суреттер  $\Delta Z = 30, 3, -3, 5, -25$  мм қашықтарға сәйкес жүргізіледі.  $\Delta Z = 0$  БЛ алдыңғы қабырғасына сәйкес келеді.  $|\Delta Z|$  фокусталынатын лазер сәулесінің БЛ алдыңғы қабырғасына дейін ығысуға сәйкес келеді.



4-сурет - Фокусталынатын лазер сәулесінің БЛ ХУ жазықтығында оның ортасынан  $d=4$  мм қашықтыққа ығысқан кездегі және БЛ Z осі бойымен  $\Delta Z$  шамаға ығысқан жағдайдағы алынатын интерференциялық растрлар

Ығысу  $x$  және  $y$  остеріне  $45^\circ$  бұрыш жасайтын бағыт бойынша жүреді. (а) - (е) суреттер  $\Delta Z = 30, 5, 1, 5, 0, -4, -25$  мм қашықтықтарға сәйкес алынған.  $\Delta Z = 0$  БЛ алдыңғы қабырғасына сәйкес келеді.  $|\Delta Z|$  фокусталынатын лазер сәулесінің БЛ алдыңғы қабырғасына дейінгі ығысуына сәйкес келеді. Нәтижесінде көретініміз теория негізінде алынған өрнектер тәжірибедегі интерференциялық суреттерді толығымен анықтай алады.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Борн М. Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф. - М.: Наука, 1978.
2. Ландсберг Ф.С. Оптика. - М.: Наука, 1976.
3. Федоров Ф.И. Отражение и преломление света прозрачными кристаллами / Ф.И. Федоров, В.В. Филиппов. - Минск: Наука, 1976.

Получено 12.02.2015