

**Б. Б. Оразбаев, Д. У. Кульжанов, К. Н. Оразбаева,
Г. А. Жанбирова**

Атырауский институт нефти и газа
г. Атырау, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА БЕНЗОЛА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Аннотация. Исследованы задачи проведения экспертных оценок с целью построения математических моделей химико-технологических систем. В качестве конкретного объекта рассмотрен технологический комплекс производства бензола. Систематизированы и приведены характеристики основных групп методов экспертных оценок. Организованы и выполнены экспертные оценки объема и качества продукции при производстве бензола и в удобной форме представлены результаты ее обработки. Результаты экспертных оценок количества и качества вырабатываемого бензола и обработки проведенных оценок используются далее для разработки математических моделей исследуемого объекта. Исследованы проблемы проведения экспертной оценки в нечеткой среде и предложена процедура проведения экспертной оценки в нечеткой среде. Новизна предложенного метода заключается в использовании нечеткой информации в виде знаний и опыта специалистов-экспертов, что позволяет решать проблемы неопределенности и построить математические модели в нечеткой среде.

Ключевые слова: экспертная оценка, бензол, метод Дельфи, нечеткая информация, коэффициент конкурдации, нечеткая экспертиза.



Түйіндеме. Химиялық-технологиялық жүйелердің математикалық модельдерін құру мақсатында сараптамалық бағалауды жүргізу мәселелері зерттелген. Нақты зерттеу нысаны ретінде бензол өндіру технологиялық кешені мен үдерісі алынған. Сараптамалық бағалау тәсілдерінің негізгі топтарының сипаттамалары жүйеленген және келтірілген. Бензол өндіру үдерісінде өнімнің көлемі мен сапа көрсеткіштеріне сараптамалау жүргізілген, оларды өңдеу нәтижелері талдауға ыңғайлы түрде келтірілген. Өндірілетін

бензолдың саны мен сапасын сараптамалық бағалау нәтижелері және жүргізілген сараптауды өңдеу нәтижелері ары қарай математикалық модельдер құру үшін қолданылады. Сараптамалық бағалау тәсілдерін айқын емес ортада өткізу мәселелері зерттелген және айқын емес жағдайда сараптамалық бағалауды жүргізу әдістемесі ұсынылған. Ұсынылған тәсілдің жаңашылдығы маман-сарапшылардың білімі мен тәжірибесі болып келетін айқын емес ақпаратты қолдану арқылы анықсыздық мәселесін шешуде және айқын емес ортада модель құруға мүмкіндік беруінде.

Түйінді сөздер: сараптамалық бағалау, бензол, Дельфи тәсілі, бензол өндіру, айқын емес ақпарат, конкордация коэффициенті, айқын емес ортада сараптау.



Abstract. The problems of expert assessments in order to build mathematical models of chemical and technological systems were researched. The technological complex of benzene production was examined as a specific object. Expert assessments of the amount and quality of products in the production of the benzene were organized and carried out and the results of this processing were presented in a convenient form. The results of expert estimates of the quantity and quality of generated benzene and process of the assessments are then used to develop mathematical models of the investigated object. The problems of expert assessment in a fuzzy environment and proposed the procedure of expert assessment in a fuzzy environment. The novelty of the proposed method is the use of fuzzy information in the form of knowledge and experience of professional experts that can solve the problem of uncertainty and build the models in fuzzy environment.

Key words: expert assessment, benzene, Delphi method, fuzzy information, the coefficient of concordance, fuzzy expertise.

Введение. При разработке математических моделей различных производственных объектов и процессов часто возникают проблемы, связанные с неопределенностью и дефицитом исходной информации. В условиях неопределенности, связанной с дефицитом исходной информации, предлагается применять методы теории вероятностей и математической статистики [1-3]. Однако применение этих методов неправомерно, если неопределенность связана с нечеткостью исходной информации, которая имеет место в реальных производственных условиях, когда, возможно, статистическая информация отсутствует или недостаточна, а аксиомы теории вероятностей (статистическая устойчивость объекта исследования, повторяемость эк-

спериментов при одинаковых условиях) не выполняются. Иногда доступной информацией является только нечеткая (качественная, содержательная) информация, представляющая собой знания (опыт, интуиция, суждение) человека – лица, принимающего решение (ЛПР), специалиста-эксперта. При компетентности этих источников информации и при правильной организации их опроса, сбора и обработки такой нечеткой информации на ее базе можно построить модели, в которых учитываются все сложные взаимосвязи различных параметров и переменных производственного объекта [4-6]. Полученные модели могут быть более содержательны, чем модели, разрабатываемые традиционными методами, и самое главное, они могут адекватно описать реальные производственные объекты и задачи.

Таким образом, одним из перспективных подходов к преодолению проблем неопределенности, который значительно повышает эффективность методов математического моделирования количественно трудноописываемыми технологическими процессами, является обоснованное использование и формализация априорной качественной информации об особенностях функционирования объектов [7, 8]. Эффективную формализацию качественной информации, представляющую собой знания специалистов-экспертов об исследуемом объекте, можно осуществлять на основе методов экспертных оценок и теории нечетких множеств [9, 10].

Цель исследования: изучение и решение проблемы применения методов экспертных оценок при построении математического описания технологических процессов в условиях нечеткости исходной информации.

Методы исследования. Рассмотрим предлагаемый и применяемый в работе метод исследования и разработки математического описания технологического процесса производства бензола в условиях неопределенности и нечеткости исходной информации на основе методов экспертных оценок.

Под экспертными оценками понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов-экспертов информации, ее анализ и обработ-

ка с целью построения математического описания исследуемого объекта.

Методы экспертных оценок можно разделить на две группы: методы коллективной работы экспертной группы и методы получения индивидуального мнения членов экспертной группы [11].

- *Методы коллективной работы* экспертной группы предполагают получение общего мнения в ходе совместного обсуждения решаемой проблемы. Иногда их называют методами прямого получения коллективного мнения. Основное преимущество этих методов заключается в возможности разностороннего анализа проблем. Недостатками методов являются сложность процедуры получения информации, сложность формирования группового мнения по индивидуальным суждениям экспертов, возможность давления авторитетов в группе. Методы коллективной работы включают методы «мозговой атаки», «сценариев», «деловых игр», «совещаний» и др.

- *Методы получения индивидуального мнения членов экспертной группы* основаны на предварительном получении информации от экспертов, опрашиваемых независимо друг от друга, с последующей обработкой полученных данных. К этим методам можно отнести методы анкетного опроса, интервью и методы Дельфи [12]. Основные преимущества метода индивидуального экспертного оценивания состоят в их оперативности, возможности в полной мере использовать индивидуальные способности эксперта, отсутствии давления со стороны авторитетов и в низких затратах на экспертизу. Главным их недостатком является высокая степень субъективности получаемых оценок из-за ограниченности знаний одного эксперта.

Метод Дельфи, использованный в данной работе, представляет собой итеративную процедуру анкетного опроса. При этом соблюдается требование отсутствия личных контактов между экспертами и обеспечения их полной информацией по всем результатам оценок каждого тура опроса с сохранением анонимности оценок аргументации и критики [13, 14].

Процедура метода включает несколько последовательных этапов опроса. На первом этапе производится индивидуальный

опрос экспертов, обычно в форме анкет. Эксперты дают ответы, не аргументируя их. Затем обрабатываются результаты опроса, формируется коллективное мнение группы экспертов, выявляется и обобщается аргументация в пользу различных суждений. На втором этапе вся информация сообщается экспертам и их просят пересмотреть оценки и объяснить причины своего несогласия с коллективным суждением. Новые оценки вновь обрабатываются и осуществляется переход к следующему этапу. Как показывает практика, после 3-4-х этапов ответы экспертов стабилизируются, и можно прекращать процедуру.

Достоинством метода Дельфи является использование обратной связи в ходе опроса, что значительно повышает объективность экспертных оценок. Однако данный метод требует значительного времени на реализацию всей многоэтапной процедуры.

Основные этапы процесса экспертного оценивания: формирование цели и задач экспертного оценивания; формирование группы управления и оформление решения на проведение экспертного оценивания; выбор метода получения экспертной информации и способов ее обработки; подбор экспертной группы и формирование при необходимости анкет опроса; опрос экспертов (экспертиза); обработка и анализ результатов экспертизы; интерпретация полученных результатов; составление отчета.

Результаты исследования. Рассмотрим результаты исследования и применения методов экспертных оценок в процессе разработки математических моделей, которые будут использованы при создании систем управления технологическим комплексом по производству бензола.

На основе проведенного исследования и анализа разработанная структура анкеты для экспертов с целью сбора информации, необходимой для оценки значимости режимных параметров процесса получения бензола на количество и качество бензола и построения математического описания процесса [15]. Структура анкеты приведена ниже.

Данные из заполненных анкет вносятся в специальную таблицу. Вышеприведенная анкета была предложена для заполнения специалистам Атырауского НПЗ, которые занимаются реа-

**Анкета для оценки значимости режимных параметров
технологического процесса производства бензола
на количество и качество бензола**

Уважаемый эксперт _____, оцените влияние каждого из выбранных параметров на количество и качество вырабатываемого бензола соответствующим рангом

Входные и режимные параметры	Ранг для количества	Ранг для качества
x_1 – объем сырья для процесса получения бензола		
x_2 – качество сырья: содержание серы		
x_3 – качество сырья: содержание ароматических углеводородов		
x_4 – температура в реакторе		
x_5 – давление в реакторе		
x_6 – температура в бензольной колонне		
x_7 – давление в бензольной колонне		
x_8 – состав катализатора		
x_9 – объем рециркуляции		
x_{10} – температура на выходе печи		

лизацией проекта производства бензола, и ученым, исследователям, занимающимся проблемами производства бензола и математического моделирования. Они провели оценки влияния приведенных параметров на объем вырабатываемого бензола и на его качество. Результаты оценки и обработки полученных данных приведены в табл. 1 и 2.

В ячейки, выделенные голубым цветом (строки 1-6, столбцы *A-J*), занесены данные из анкет. Количество столбцов *A-J* соответствует числу показателей (количеству характеристик, предложенных для ранжирования). Количество строк 1-6 соответствует количеству экспертов, принявших участие в ранжировании [16].

Расчет показателей таблицы выполняется по следующим формулам:

Результаты экспертной оценки объема продукции при производстве бензола и ее обработки

№ строки	Шифр эксперта R_i	Ранговые оценки R_{ij}										$\sum R_{ij}$	T_i
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	1	10	8	2	3	2	4	3	5	7	45	1
2	2	1	9	8	2	3	3	4	4	5	7	46	1
3	3	1	10	7	2	3	2	3	4	6	7	45	1,5
4	4	1	10	7	2	2	2	3	4	5	7	43	2,5
5	5	1	10	8	2	3	2	4	4	5	6	45	1
6	6	1	9	8	2	3	3	4	4	5	7	46	1
7	S_{ji}	6	58	46	12	17	14	22	23	31	41		
8	Y_j	0,200	0,0070	0,077	0,0510	0,159	0,170	0,140	0,137	0,107	0,07		
9	S_{j0}	0,200				0,159	0,170	0,140	0,137	0,107			
10	Y_{j0}	0,178				0,142	0,152	0,125	0,122	0,095			
11	$\Delta_j = S_{ji} - \bar{}$	-21	31	19	-15	-10	-13	-5	-4	4	14		
12	$\Delta^2_j = (S_{ji} - \bar{})^2$	441	961	361	225	100	169	25	16	16	196		$\sum (\bar{}) = 2510$

Столбец K. Сумма ранговых оценок всех показателей:

$$\sum R_{ij} = 1+2+\dots+n = n(n+1)/2 = 10(10+1)/2 = 55,$$

где n – число показателей. В нашем случае $n=10$.

Столбец L. Для того чтобы упростить задачу и не рассчитывать T_i , рекомендуется в примечании к анкете написать «Не допускается присваивать разным характеристикам одинаковые ранги». В этом случае $T_i = 0$. Но, если равным характеристикам присваиваются одинаковые ранги, то для расчета используется следующая формула:

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum_{j=1}^n (t_{ij}^3 - t_{ij}),$$

где n – число рангов с одинаковыми оценками у i -го эксперта;
 t_{ij} – число оценок с одинаковыми рангами у i -го эксперта.

Строка 7. Столбцы A-J. S_{ji} – сумма ранговых оценок по каждому свойству.

Строка 7. Столбец L. \bar{S} – средняя сумма рангов для всех показателей

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^m S_{ij},$$

где n – число показателей;

m – число экспертов.

Строка 8. Столбцы A-J. γ_j – весовой коэффициент каждого параметра:

$$\gamma_i = (m \cdot n - S_{ij}) / (0,5 \cdot m \cdot n \cdot (n - 1))$$

Строка 9. Сумма ранговых оценок существенно значимых показателей S_{j0} . Существенно значимыми показателями считаются показатели, у которых весовой коэффициент получился больше 0,1. Для них данные из строки 7 переносим в строку 9.

Строка 10. γ_{j0} – относительный коэффициент каждой из значимых характеристик:

$$\gamma_{j0} = \gamma_j / \sum \gamma_j,$$

где γ_{j0} – коэффициенты весомости существенно значимых характеристик.

Строка 11. Отклонение суммы ранговых оценок от средней величины по каждому свойству

$$\Delta_j = S_{ji} - \bar{S}$$

Строка 12. Столбец L. Контрольная сумма $\sum(S_{ij}-S)^2$.
Коэффициент согласия (конкордации)

$$W = \frac{\sum (S_{ij} - S)^2}{(1/12)m^2(n^3 - n) - (m \sum T_{ij})} = 2510 / (0,08 \cdot 36 \cdot (103 - 10) - (6 \cdot 8)) =$$

$$= 2510 / (0,08 \cdot 36 \cdot 990 - 48) = 2510 / 2803,2 = 0,9.$$

Значение коэффициента конкордации $W=0,9$, т. е. оценки экспертов взаимно хорошо согласованы.

В следующей табл. 2 приведены результаты экспертной оценки влияния параметров процесса на качество бензола и результаты обработки полученных данных. В этом случае коэффициент конкордации:

$$W = \frac{\sum (S_{ij} - S)^2}{(1/12)m^2(n^3 - n) - (m \sum T_{ij})} = 2823,79 / (0,08 \cdot 36 \cdot (103 - 10) - (6 \cdot 2)) =$$

$$= 2823,79 / (0,08 \cdot 36 \cdot 990 - 12) = 2823,79 / 2839,2 = 0,99.$$

Значение коэффициента конкордации $W = 0,99$, т. е. оценки экспертов взаимно очень хорошо согласованы.

Информация, полученная после обработки экспертной оценки, используется для определения основных параметров процесса производства бензола, для оценки влияния входных и режимных параметров процесса на выходные параметры, т. е. для построения математических моделей технологического комплекса по производству бензола и управления режимами их работы.

Часто при ранжировании и оценке влияния входных параметров процесса на выходные параметры эксперты не могут произвести количественную оценку. Это связано с тем, что в мышлении человека используются образы, слова, но не числа. По-

Таблица 2

Результаты экспертной оценки бензола и результаты ее обработки

№ строки	Шифр эксперта R_i	Ранговые оценки R_{ij}										$\sum R_{ij}$	T_i
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	10	2	1	3	5	4	7	3	9	6	50	0,5
2	2	10	3	1	2	6	5	8	4	9	7	55	0
3	3	10	2	1	3	5	4	7	3	9	6	50	0,5
4	4	10	3	1	2	5	4	7	3	9	6	50	0,5
5	5	10	3	1	2	6	5	8	4	9	7	55	0
6	6	10	3	2	2	5	4	7	3	9	6	50	0,5
7	S_{ji}	60	16	7	14	32	26	44	20	54	38		$\bar{\quad} = 31,1$
8	γ_j	0,000	0,162	0,196	0,0510	0,170	0,103	0,125	0,059	0,148	0,081		
9	S_{j0}		0,162	0,196	0,170	0,103	0,125	0,148					
10	γ_{j0}		0,179	0,216	0,188	0,113	0,138	0,163					
11	$\Delta_j = S_{ji} - \bar{\quad}$	28,9	-15,1	-24,1	-17,1	0,9	-5,1	12,9	-11,1	22,9	6,9		
12	$\Delta_j^2 = (S_{ji} - \bar{\quad})^2$	835,21	228,01	580,81	292,41	0,81	26,01	166,41	122,1	524,41	47,61		$\sum (\bar{\quad} - \bar{\quad})^2 = 2823,79$

этому требовать от эксперта ответа в форме числа – значит, ставить его в тупиковую ситуацию [17].

Эксперт может сравнить различные параметры объекта, альтернативы и т. п., дать им словесные оценки: «значимый», «приемлемый», «менее значимый по сравнению с...», «сильно

влияет на ...», «слабо влияет», упорядочить несколько объектов по привлекательности, но обычно не может сказать, во сколько раз один параметр или альтернатива превосходит по значимости другой. Другими словами, ответы эксперта обычно измерены в порядковой шкале, являются ранжировками, результатами парных сравнений и другими объектами нечисловой природы.

Одним из решений данной проблемы является применение качественных экспертных оценок, т. е. экспертной оценки в нечеткой среде, не содержащих чисел. Из-за сложности технологического процесса производства бензола, нехватки или отсутствия промышленных средств измерения и контроля, присутствия человека-оператора в процессе управления собранная информация об их функционировании, как правило, носит нечеткий характер. В этих условиях для оценки нечетких параметров необходимо провести экспертную процедуру в нечеткой среде.

Создание процедур оценки данных и выбора решений при наличии нечетких факторов основывается на использовании мнений экспертов и теории нечетких множеств.

Метод проведения экспертной оценки в нечеткой среде

Рассмотрим основные этапы предложенного метода экспертной оценки в нечеткой среде:

1. Категоризация объекта оценки, классов задач и операций.
2. Выбор нечетких, лингвистических переменных, терм-множества, адекватных объекту оценки и классу операций.
3. Выбор типа шкал, описывающих объект и задачи.
4. Определение способа оценки и проведение оценки.
5. На основе анализа исследуемого объекта составляется полный план «нечетких» экспериментов. Составление плана аналогично составлению плана при математическом планировании экспериментов, где вместо количественных данных используются их приближенные значения в виде нечетких чисел или значения лингвистической переменной (терм).
6. Эксперты на основе практического опыта и знаний отсекают варианты плана, которые практически нереализуемы или явно приводят к аварийным ситуациям (при этом они должны обосновать причины исключения каждого варианта из плана).

7. По всем остальным вариантам эксперты качественно оценивают влияние данного соотношения входных факторов на выходные параметры объекта (варианты опыта). Оценка осуществляется на базе терм-множеств, которые выбраны в пункте 2.

8. В случае неуверенности экспертов при оценке некоторых вариантов необходимо эти варианты по возможности реализовать в соответствии с планом и оценить результаты.

9. Проверка на субъективную совместимость признаков и их совокупности (соответствие интуитивному образу объекта). Так как при оценке планов должна участвовать группа экспертов, следующим этапом является определение степени согласованности их мнения по известной методике. Если мнение экспертов в основном совпадает, т. е. значения коэффициента конкордации близки к 1 и $W_R \geq W_T$, то реализация планов и переход к обработке полученных результатов, где W_R , W_T – соответственно расчетное и табличное значения коэффициентов конкордации для выбранного уровня.

10. Если $W_R < W_T$, т. е. когда мнение экспертов не совпадает, им представляется возможность ознакомиться с ответами других экспертов, проанализировать и откорректировать свои предыдущие оценки, т. е. экспертная процедура повторяется.

11. Для получения конечных результатов полученная информация обрабатывается методами теории нечетких множеств и возможностей.

Обсуждение результатов. Полученные основные результаты экспертной оценки количественных показателей и качества вырабатываемого бензола и результаты ее обработки показывают, что значение коэффициентов конкордации более 0,9, т. е. оценки экспертов взаимно согласованы. Эти результаты в свою очередь свидетельствуют о правильности проведенных исследований, организации и проведении экспертных оценок. Предложенная новая процедура организации и проведения экспертной оценки в нечеткой среде на основе методов теории нечетких множеств имеет научную новизну и практическую значимость в решении проблем проведения экспертных оценок в условиях неопределенности из-за нечеткости исходной информации. Аналогов таких методов пока не имеется.

В основе предложенной процедуры лежит совокупность следующих основных факторов: особенности задачи, класса нечетких категорий, способа формирования шкал, способа опроса экспертов и обработки полученной качественной информации.

В табл. 3 представлен фрагмент анкеты для нечеткой экспертной оценки влияния входных параметров установки по про-

Таблица 3

Фрагмент оценки влияния входных, режимных параметров установки по производству бензола на выходные параметры

№ п/п	Входные, режимные параметры										Выходные параметры							
	x_1 – объем сырья для процесса получения бензола	x_2 – качество сырья – содержание серы	x_3 – качество сырья – содержание ароматических УВ	x_4 – температура в реакторе	x_5 – давление в реакторе	x_6 – температура в бензольной колонне	x_7 – давление в бензольной колонне	x_8 – состав катализатора	x_9 – объем рециркуляции	x_{10} – температура на выходе печи	y_1 – выход бензола	y_2 – выход тяжелой ароматики	y_3 – объем рафинада	y_4 – выход СНГ	y_5 – выход ВСГ	y_6 – выход топливного газа	y_7 – среднее октановое число бензола	y_8 – содержание серы в бензоле
1.	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н	с	с	вс	н	н	н	нн	
2.	вн	н	н	н	н	н	н	н	н	н	в	вс	с	н	н	нн	н	
...																		

Принятые обозначения: н – норма; с – среднее; вс – выше среднего; нн – ниже нормы; вн – выше нормы; и т.д

изводству бензола на количество и качество выходных продук-тов (выходные параметры) и результаты оценки.

Заклучение. Исследованы и решены основные вопросы применения методов экспертных оценок при математическом описании технологических процессов (на примере процесса производства бензола). Полученные результаты экспертных оценок объемов вырабатываемых продуктов (y_1 - y_6) и его качественных показателей (y_7 , y_8) имеют прикладную значимость, могут быть использованы для создания математического обеспечения автоматизированных систем управления процессом производства бензола. Исследованы проблемы проведения экспертной оценки в нечеткой среде и предложены методы их решения. Предложенная процедура экспертной оценки в нечеткой среде характеризуется научной новизной и вносит свои вклад в развитие теории и методов экспертных оценок в условиях неопределенности.

Список литературы

- 1 Орлов А.И. Прикладная статистика: учебник. – М.: «Экзамен», 2006. – 671 с.
- 2 Балдин К.В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. – М.: «Дашков и К°», 2010. – 473 с.
- 3 Mishura Y. and Zubchenko V. Properties of integrals with respect to fractional Poisson processes with compact kernels // Theor. Probability and Math. Statist. 89 (2014). – P. 143-152.
- 4 Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / пер. с англ. А.В.Андрейчикова, О.Н.Андрейчиковой. – М.: ЛКИ, 2008. – 360 с.
- 5 Jackson P. Introduction to Expert Systems. – N-York, 2007. – 624 p.
- 6 Канеман Д., Словик П., Тверский А. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения. – Харьков: Гумм. Центр, 2005. – 632 с.
- 7 Brockley D., Pilsworth B., Baldwin J. Structural safety as inferred from a fuzzy relational knowledge base // Univ. of Bristol, Dept. of Civil Eng. Res. Rep., 2007.
- 8 Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование: пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1152 с.

9 *Оразбаев Б.Б.* Теория и практика методов нечетких множеств: учебник. – Алматы: Бастау. 2014. – 448 с.

10 *Dubois D.* The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2008. – V. I. – № 184. – С. 3-28.

11 *Моисеева Т.Ф.* Методы и средства экспертных исследований: учебник – М.: МПСИ, 2004. – 347 с.

12 *Петренко Е.С.* Использование метода Дельфи для прогноза развития рынка массового питания // *Российское предпринимательство*. – 2010. – № 8, вып. 2 (165). – С. 182-187.

13 *Оразбаев Б.Б., Курмангазиева Л.Т.* Метод построения моделей технологических объектов нефтепереработки на основе экспертных процедур в нечеткой среде: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. // *Экология и нефтегазовый комплекс*. – Атырау: АИНГ, 2008. – С. 816-824.

14 *Tapio P.* Using cluster analysis as a tool for systematic scenario formation, *Technological Forecasting and Social Change // Expert systems*. – 2005. – V. 10. – P. 25-33.

15 *Оразбаева К.Н.* Применение методов экспертных оценок при разработке математического обеспечения АСУ комплексом производства бензола // *Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности*. – 2009. – № 9. – С. 41-45.

16 *Прасолов А.В., Хованов Н.В.* О прогнозировании с использованием статистических и экспертных методов // *АиТ*. – 2008. – № 6. – С. 29-142.

17 *Нейлор К.* Как построить свою экспертную систему. – М.: «Энегроатомиздат», 2007. – 1152 с.

Оразбаев Батырбай Бидайбекович, доктор технических наук, профессор
e-mail: batyr_o@mail.ru

Кульжанов Дюсембек Урингалиевич, доктор физико-математических наук, профессор
e-mail: d.u.kulzhanov_o@mail.ru

Оразбаева Кульман Нахановна, доктор технических наук, профессор
e-mail: kulman_o@mail.ru

Жанбирова Гульмира Ариновна, старший преподаватель
e-mail: gulmira-arinovna@mail.ru