



ИНЖЕНЕРИЯ ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРЛІК ІС  
ИНЖЕНЕРИЯ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО  
ENGINEERING AND ENGINEERING

МАШИНАЖАСАУ  
МАШИНОСТРОЕНИЕ  
MECHANICAL ENGINEERING

DOI 10.51885/1561-4212\_2024\_4\_5  
МРНТИ 55.01.79

**С.Р. Байгереев<sup>1</sup>, Ж.Т. Конурбаева<sup>2</sup>, А.Х. Машкенова<sup>3</sup>**

Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>1</sup>E-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz

<sup>2</sup>E-mail: zhkonurbaeva@edu.ektu.kz\*

<sup>3</sup>E-mail: amashekenova@edu.ektu.kz

## ПРИКЛАДНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЕРТИФИКАТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ИНЖЕНЕРА В СФЕРЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ

### МАШИНА ЖАСАУ САЛАСЫНДАҒЫ КӘСІБИ ИНЖЕНЕР СЕРТИФИКАТЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛҒАН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ

#### APPLIED COMPUTER MODEL FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF A PROFESSIONAL ENGINEER CERTIFICATE IN MECHANICAL ENGINEERING

**Аннотация.** Сертификация инженерных кадров является одной из эффективных систем оценки соответствия компетенций инженеров международным требованиям. Результатом профессиональной сертификации инженеров является сертификат. В статье представлена прикладная компьютерная модель расчета срока действия сертификата в зависимости от уровня знаний заявителя, стажа работы и уровня ответственности профессии. По результатам компьютерного моделирования указанные входные параметры влияют на срок действия сертификата и отличаются от существующего подхода на 20 %. Результаты исследования могут быть применены в сертификационных центрах для сертификации профессиональных инженеров.

**Ключевые слова:** машиностроение, сертификация инженеров, сертификат, компьютерная программа, математическая модель, нечеткие множества.

**Аңдатпа.** Инженерлік персоналды сертификаттау инженерлердің құзыреттілігінің халықаралық талаптарға сәйкестігін бағалаудың тиімді жүйелерінің бірі болып табылады. Инженерлердің кәсіби аттестациясының нәтижесі сертификат болып табылады. Бұл мақалада өтініш берушінің білім деңгейіне, оның жұмыс тәжірибесіне және кәсіптің жауапкершілік деңгейіне байланысты сертификаттың әрекет ету мерзімін есептеудің қолданбалы компьютерлік үлгісі ұсынылған. Компьютерлік модельдеу нәтижелеріне сәйкес көрсетілген енгізу параметрлері сертификаттың әрекет ету мерзіміне әсер етеді және қолданыстағы тәсілден 20 %-ға ерекшеленеді. Зерттеу нәтижелерін кәсіби инженерлерді сертификаттау үшін сертификаттау орталықтарында қолдануға болады.

**Түйін сөздер:** Машинажасау, инженерлерді сертификаттау, сертификат, компьютерлік бағдарлама, математикалық модель, анық емес жиындар.

**Abstract.** Certification of engineering personnel is one of the effective systems for assessing the compliance of engineers' competencies with international requirements. The result of professional certification of engineers is a certificate. This article presents an applied computer model for calculating the validity period of a certificate depending on the applicant's level of knowledge, length of service, and level of responsibility of the profession. According to the results of computer modeling, the specified input parameters affect the validity period of the

*certificate and differ from the existing approach by 20%. The research results can be applied in certification centers for certification of professional engineers.*

**Keywords:** *Mechanical engineering, engineering certification, certificate, computer program, mathematical model, fuzzy sets.*

*Введение.* На сегодняшний день сертификация инженерных кадров представляет собой признанный во всем мире механизм для подтверждения качества реализации деятельности инженера. Профессиональная сертификация инженера позволяет осуществить формальное признание компетенций инженера со стороны работодателей и других заинтересованных лиц, открыть новые возможности для реализации профессиональной деятельности, повысить мотивацию для постоянного профессионального развития и самосовершенствования и т.д. (Adeosun et al., 2023; Gebken et al., 2010; Cid Aguayo et al., 2016; Widiasanti, 2017; Nisha et al., 2023; Mosaed Al-Garni, 2002; Kenedi, 2009; Francis et al., 2023; Gauvreau, 2018).

Критерии оценки качества инженерных кадров определяются программными документами международных организаций ENAEE, Washington Accord, FEANI, APES Engineer Register, IPEA (EMF) и др. Как следует из содержания критериев, представленных в указанных программных документах, инженерные кадры должны обладать не только техническими знаниями и опытом решения проблем после завершения программы инженерного образования, но также навыками, необходимыми для работы в разных дисциплинах и командах, а также способностью эффективно общаться на рабочем месте (Chubik et al., 2010; Graduate Attributes and Professional Competencies, 2013).

Результатом, определяющим соответствие инженеров требованиям международных организаций, является сертификат профессионального инженера. Как правило, срок действия сертификата является фиксированным. Например, в США, Великобритании и других европейских странах срок действия сертификата профессионального инженера составляет 3 года. В Казахстане срок действия сертификата регламентируется реестром профессий Республики Казахстан и может составлять 1, 2, 3 или 5 лет.

Фактором, влияющим на срок действия сертификата, является уровень ответственности профессии (Delacroix, 2022). Например, если профессия связана с высоким риском для жизни и здоровья человека, тогда интервал до последующей сертификации сокращается, в случае если направление инженерной деятельности имеет сравнительно низкий уровень ответственности назначается более широкий интервал.

Однако предположим, что на срок действия сертификата может влиять не только степень ответственности профессии, но и уровень знаний претендента на звание профессионального инженера, определяемый с помощью экзамена, и опыт его работы.

Вопрос, связанный с повышением качества сертификации инженерных кадров в сфере машиностроения, является крайне важным вопросом. На сегодняшний день в Казахстане присутствует проблема, связанная с нехваткой квалифицированных инженеров-машиностроителей, способных соответствовать международным требованиям обеспечения качества инженеров (например, согласно ENAEE, Washington Accord, FEANI, APES Engineer Register и IPEA (EMF)). В связи с этим, возникает необходимость в наличии эффективной системы сертификации инженерных кадров в области машиностроения, позволяющей учитывать уровень компетенций, опыт работы инженера, а также уровень ответственности профессии в рассматриваемой инженерной области.

*Материалы и методы исследования.* Для проверки гипотезы авторами статьи была разработана специальная компьютерная модель, позволяющая оценить степень влияния указанных факторов на срок действия сертификата.

Главное окно программы (на рис. 1) состоит из нескольких полей ввода. Первое поле ввода предназначено для ввода персональных данных эксперта и его данных оценивания

по 12 критериям (критерии соответствуют Washington Accord). В соответствии с математической моделью, программа принимает значения оценок от 0 до 1. Кроме того, в программе предусмотрены поля ввода для внесения данных по взаимному оцениванию экспертов (значения также варьируются от 0 до 1).

Следующее поле ввода предназначено для указания стажа работы претендента на звание профессионального инженера в области машиностроения. При этом в случае наличия служебных дисциплинарных взысканий, необходимо отметить данный факт в программе соответствующей кнопкой, что приведет к корректировке значения стажа работы с помощью специального понижающего коэффициента.

Действие	Информация о сертификации	Справка			
Оценка 1-го критерия	0.8	Оценка 7-го критерия	1.0	Оценка 1-го эксперта	100
Оценка 2-го критерия	0.65	Оценка 8-го критерия	0.95	Оценка 2-го эксперта	95
Оценка 3-го критерия	0.75	Оценка 9-го критерия	0.9	Оценка 3-го эксперта	100
Оценка 4-го критерия	0.9	Оценка 10-го критерия	0.85	Оценка 4-го эксперта	90
Оценка 5-го критерия	0.9	Оценка 11-го критерия	0.75	Оценка 5-го эксперта	80
Оценка 6-го критерия	0.85	Оценка 12-го критерия	0.9	Оценка 6-го эксперта	100

Опыт работы кандидата, лет: 8  Претендент имел дисциплинарные взыскания

Наименование профессии: Инженер по автомобильному сервису

Реестр:  на обязательной основе  на добровольной основе

Рассчитать срок действия сертификата Срок действия сертификата: 4 года

**Рисунок 1.** Главное окно компьютерной программы

*Примечание – составлено авторами*

Пользователю программы необходимо выбрать из раскрывающегося списка профессию, соответствующую направлению инженерной деятельности претендента.

После ввода входных параметров пользователю необходимо нажать на кнопку «Рассчитать срок действия сертификата». После нажатия на кнопку, в специальном поле отображается результат вычислений, а именно, срок действия сертификата.

Расчет срока действия сертификата осуществляется согласно алгоритму вычислений математической модели. Продемонстрируем расчет срока действия сертификата, основываясь на конкретных числовых данных.

Предположим, что претендентом для сертификации является инженер по сервису автомобилей. Стаж работы претендента составляет 8 лет. Претендент за время работы не имел дисциплинарных взысканий.

*Результаты и их обсуждение.* Определение критериев оценки для процедуры сертификации проводилось на основе сравнительного анализа критериев оценки образовательных программ международными организациями и международными соглашениями (табл. 1).

После внесения оценок экспертами программа вычисляет относительные оценки экспертов (табл. 2) (Bekenov et al., 2010) и выполняет их ранжирование (табл. 3), присваивая первый ранг максимальному баллу в строке, второй ранг – второму по величине баллу и т.д.

Для проверки совпадений мнений экспертов используем ранговый коэффициент корреляции Спирмена, который определяется по следующей формуле:

$$\rho = 1 - \frac{S_{\text{выб}}}{S_{\text{макс}}} = 1 - \frac{6 \sum_{j=1}^n (Z_{1j} - Z_{2j})^2}{(n^3 - n)} \quad (1)$$

С помощью формулы (1) получены результаты значений коэффициентов корреляции Спирмена:  $\rho_{1,2} = 0,94$ ,  $\rho_{1,3} = 0,79$ ,  $\rho_{1,4} = 0,97$ ,  $\rho_{1,5} = 0,86$ ,  $\rho_{1,6} = 0,98$ ,  $\rho_{2,3} = 0,81$ ,  $\rho_{2,4} = 0,92$ ,  $\rho_{2,5} = 0,87$ ,  $\rho_{2,6} = 0,93$ ,  $\rho_{3,4} = 0,68$ ,  $\rho_{3,5} = 0,79$ ,  $\rho_{3,6} = 0,77$ ,  $\rho_{4,5} = 0,86$ ,  $\rho_{4,6} = 0,98$ ,  $\rho_{5,6} = 0,87$ .

Вычисленные коэффициенты сведем в единую корреляционную матрицу (табл. 4).

Используя результаты второй анкеты, вычислим коэффициенты компетентности экспертов по следующей формуле:

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^m X_{ij}}{m} \quad (2)$$

где:  $X_{ij}$  – сумма баллов;  $m$  – количество экспертов.

**Таблица 1.** Критерии сертификации и инструменты оценки знаний и навыков инженеров

№	Наименование критерия	Тип знаний или навыков	Способ оценивания
1	Знание и понимание естественных наук (математики, физики, информатики), а также основ инженерного дела для решения сложных инженерных задач.	Технический	Теоретический экзамен
2	Умение проводить анализ сложных инженерных продуктов, процессов и систем в рамках своей области и в более широком междисциплинарном контексте.	Технический	Теоретический экзамен
3	Способность разрабатывать и проектировать решения сложных инженерных задач для удовлетворения заданных требований.	Технический	Теоретический экзамен
4	Умение проводить исследования сложных проблем, используя научно обоснованные подходы и методы.	Технический	Теоретический экзамен
5	Умение решать сложные практические инженерные задачи с использованием новых технологий и современных инструментов.	Технический	Теоретический экзамен
6	Умение учитывать социальные последствия инженерной практики.	Нетехнический	Интервью
7	Умение учитывать последствия инженерной деятельности для устойчивого развития.	Нетехнический	Интервью
8	Умение соблюдать профессиональную этику, обязанности и стандарты инженерной практики.	Нетехнический	Интервью
9	Умение работать в команде, управлять разнообразными и многопрофильными коллективами.	Нетехнический	Интервью
10	Умение общаться на иностранных языках.	Нетехнический	Интервью
11	Способность проявлять лидерские качества, понимание принципов управления инженерными работами.	Нетехнический	Интервью
12	Способность участвовать в непрерывном профессиональном развитии.	Нетехнический	Интервью

*Примечание – составлено авторами*

**Таблица 2.** Относительные оценки экспертов

№ эксперта	E1	E2	E3	E4	E5	E6
C1	0,0870	0,0734	0,1000	0,0847	0,1010	0,0909
C2	0,0870	0,0734	0,1143	0,0847	0,0808	0,0818
C3	0,0870	0,0917	0,1143	0,0678	0,0808	0,0818
C4	0,0870	0,0917	0,0714	0,0847	0,0606	0,0818
C5	0,0870	0,0917	0,1143	0,0847	0,0606	0,0909
C6	0,0870	0,0826	0,0714	0,0847	0,1010	0,0818
C7	0,0870	0,0826	0,0714	0,0847	0,0808	0,0909
C8	0,0783	0,0917	0,0714	0,0847	0,0808	0,0909
C9	0,0783	0,0826	0,0429	0,0847	0,0909	0,0909
C10	0,0696	0,0826	0,0286	0,0847	0,1010	0,0364
C11	0,0783	0,0642	0,0714	0,0847	0,0808	0,0909
C12	0,0870	0,0917	0,1286	0,0847	0,0808	0,0909

*Примечание – составлено авторами на основе (Векепов, 2010)*

**Таблица 3.** Ранговые оценки

№ эксперта	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	Сумма рангов
E1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	1	17
E2	3	3	1	1	1	2	2	1	2	2	4	1	23
E3	3	2	2	4	2	4	4	4	5	6	4	1	41
E4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
E5	1	3	3	4	4	1	3	3	2	1	3	3	31
E6	1	2	2	2	1	2	1	1	1	3	1	1	18

*Примечание - составлено авторами на основе (Векепов, 2010)*

**Таблица 4.** Корреляционная матрица

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
E1	1	0,94	0,79	0,97	0,86	0,98
E2	0,94	1	0,81	0,92	0,87	0,93
E3	0,79	0,81	1	0,68	0,79	0,77
E4	0,97	0,92	0,68	1	0,86	0,98
E5	0,86	0,87	0,79	0,86	1	0,87
E6	0,98	0,93	0,77	0,98	0,87	1

*Примечание – составлено авторами на основе (Векепов, 2010)*

В соответствии с формулой (2), определены коэффициенты компетентности экспертов:  $K_1 = 7,83$ ,  $K_2 = 6,67$ ,  $K_3 = 6,50$ ,  $K_4 = 8,83$ ,  $K_5 = 7,33$ ,  $K_6 = 7,67$ .

Определим коллективную оценку  $A_i$  каждого из вариантов с учетом компетентности экспертов посредством умножения коэффициентов компетентности экспертов на относительные оценки:  $A_1 = 0,0894$ ,  $A_2 = 0,0866$ ,  $A_3 = 0,0860$ ,  $A_4 = 0,0797$ ,  $A_5 = 0,0876$ ,  $A_6 = 0,0850$ ,  $A_7 = 0,0833$ ,  $A_8 = 0,0831$ ,  $A_9 = 0,0793$ ,  $A_{10} = 0,0680$ ,  $A_{11} = 0,0790$ ,  $A_{12} = 0,0929$ .

Для ранжирования критериев оценки качества претендента сведем данные в результирующую таблицу и проставим каждому критерию ранг (табл. 5). Как следует из таблицы, наибольший «вес» имеет критерий № 12 – «Способность принимать участие в непрерывном профессиональном развитии» ( $A_{12} = 0,0929$ ), самый наименьший «вес» у критерия № 10 – «Иметь коммуникационные навыки и знание иностранных языков» ( $A_{10} = 0,0680$ ).

Таблица 5. Результирующая таблица

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	$A_i$	$P_i$
$K_i$	7,83	6,67	6,50	8,83	7,33	7,67		
C1	0,0870	0,0734	0,1000	0,0847	0,1010	0,0909	0,0894	2
C2	0,0870	0,0734	0,1143	0,0847	0,0808	0,0818	0,0866	4
C3	0,0870	0,0917	0,1143	0,0678	0,0808	0,0818	0,0860	5
C4	0,0870	0,0917	0,0714	0,0847	0,0606	0,0818	0,0797	9
C5	0,0870	0,0917	0,1143	0,0847	0,0606	0,0909	0,0876	3
C6	0,0870	0,0826	0,0714	0,0847	0,1010	0,0818	0,0850	6
C7	0,0870	0,0826	0,0714	0,0847	0,0808	0,0909	0,0833	7
C8	0,0783	0,0917	0,0714	0,0847	0,0808	0,0909	0,0831	8
C9	0,0783	0,0826	0,0429	0,0847	0,0909	0,0909	0,0793	10
C10	0,0696	0,0826	0,0286	0,0847	0,1010	0,0364	0,0680	12
C11	0,0783	0,0642	0,0714	0,0847	0,0808	0,0909	0,0790	11
C12	0,0870	0,0917	0,1286	0,0847	0,0808	0,0909	0,0929	1

Примечание – составлено авторами на основе (Векенов, 2010)

Графическая интерпретация степеней важности критериев приведена на рис. 2.

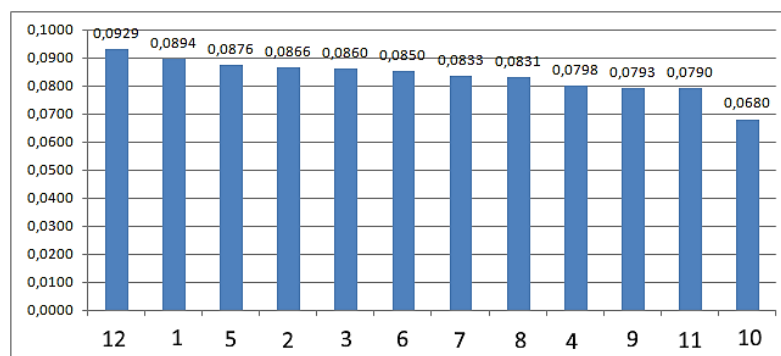


Рисунок 2. Графическая интерпретация ранжирования критериев по степени важности

Примечание – составлено авторами

Значение входного параметра, учитывающего уровень компетенций инженера, рассчитывается по следующей формуле:

$$S_1 = \sum(C_i \cdot A_i) \quad (3)$$

Следующим входным параметром, влияющим на срок действия сертификата, является стаж работы претендента. Значение параметра, учитывающего стаж работы претендента, определяется исходя из лингвистических переменных «Большой стаж работы», «Средний стаж работы», «Малый стаж работы», которые оцениваются количественным показателем, принимающим значения от 0 до 1. Другими словами, в данном случае применяется теория нечетких множеств (Andrés-Sánchez, 2023; Anzilli, 2021; Carlsson, 2003). Это связано с тем, что определение указанных лингвистических переменных является субъективной характеристикой.

Расчет балла по уровню ответственности инженерного профиля осуществляется на основе регистра профессий Республики Казахстан. Регистр содержит информацию о

наименовании профессии по национальному классификатору профессий, коде по национальному классификатору профессий, уровне квалификации по национальной рамке квалификаций и отраслевой рамке квалификаций, сроке действия сертификата, наименовании отраслевого государственного органа.

Согласно регистру, профессии делятся на две категории: профессии высокой ответственности и профессии средней и низкой ответственности. Если профессии высокой ответственности подлежат обязательной сертификации, то профессии средней и низкой ответственности сертифицируются на добровольной основе. К профессиям первой категории относятся, например, инженер по техническому обслуживанию авиации, бортиженер, морской инженер и т.д., к профессиям второй категории – инженер электротехнических систем, архитектор экосистемы ИТ, инженер-метролог и т.д.

В зависимости от уровня ответственности профессии в рамках категории значения сроков действия сертификата могут принимать значения «1 год», «2 года», «3 года», «5 лет» и «бессрочно» в реестре профессий Республики Казахстан.

Для установления зависимости между значением балла ответственности инженерного вида и средним значением входных параметров шкала параметра принимает значения от 0 до 1 и делится на две части (табл. 6).

**Таблица 6.** Таблица перевода срока действия сертификата (согласно реестру профессий Республики Казахстан)

Срок действия сертификата	1 год	2 года	3 года	5 лет	не ограничен	1 год	2 года	3 года	5 лет	не ограничен
Уровень ответственности инженерного направления	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Категории профессий	Первая категория профессий (с обязательной сертификацией)					Вторая категория профессий (с добровольной сертификацией)				
<i>Примечание – составлено авторами</i>										

Из табл. 6 видно, что меньшие значения шкалы охватывают категорию профессий с обязательной сертификацией. Это объясняется тем, что балл по уровню ответственности инженерного профиля косвенно влияет на срок действия сертификата. Поэтому значения шкалы от 0,1 до 0,5 относятся к первой категории профессий (с обязательной сертификацией), в то время как большие значения шкалы (от 0,6 до 1) охватывают категорию профессий с добровольной сертификацией. Таким образом, используя соотношение, представленное в табл. 5, можно провести расчет балла по уровню ответственности инженерного профиля.

После определения значения трех факторов определяется среднее значение факторов, которое переводится в значение срока действия сертификата. Согласно полученным результатам, срок действия сертификата составляет 4 года. В соответствии с реестром профессий, срок действия сертификата на данное инженерное направление составляет 5 лет. Следовательно, разница в значениях с учетом дополнительных входных параметров составляет 1 год.

**Заключение.** Таким образом, исходя из результатов исследований, можно сделать вывод, что указанные входные параметры (уровень знаний претендента, стаж работы, уровень ответственности направления инженерной деятельности) оказывают влияние на срок действия сертификата. Сравнивая результаты, полученные для случая

профессиональной сертификации, можно сделать вывод, что с учетом рассмотренных входных параметров срок действия сертификата сокращается на 1 год.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Благодарности.* Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR21882257 – «Создание национальной модели инженерного образования в контексте реализации целей устойчивого развития»).

#### Список литературы

- Adeosun O., Adegbite W. (2023). Professional certification and career development: a comparative analysis between local and foreign certifications. *Management and Economics Research Journal*, vol. 5, 1-14, <https://doi.org/10.48100/merj.2023.253>
- Gebken-II R.J., Bruce R.D., Strong S.D. (2010). Impact of the Leadership in Energy and Environmental Design Accredited Professional Credential on Design Professionals. *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, vol.136, 132–138.
- Cid Aguayo B.E., Barriga J. (2016). Behind certification and regulatory processes: Contributions to a political history of the Chilean salmon farming. *Glob. Environ. Chang.*, vol. 39, 81-90.
- Widiasanti I. (2017). The Role of Universities in Engineer Certification as Quality Assurance of Engineers Professionalism. *Adv. Sci. Lett.*, vol. 23, 156–159.
- Nisha R., Haapala K.R., Sanchez C.A. (2023). Examining industry expectations for content knowledge in mechatronics across career and professional certificate programs. *Manufacturing Letters*, vol. 35, 1230-1235.
- Mosaed Al-Garni. (2002). Engineering certification: academic concerns and industry needs. *Symposium on certification of practicing engineers in Saudi Arabia*.
- Kenedi R.M. (2009). The importance of certification/registration in expanding engineering career opportunities. *Journal of Medical Engineering & Technology*, vol. 10, DOI:10.3109/03091908609032511
- Francis N., Norton E. (2023). Educating civil engineers for the twenty-first century: the new-model engineer. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering*, vol. 177, 63-71.
- Gauvreau P. (2018). Sustainable education for bridge engineers. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 5, 510-519.
- Chubik P.S., Chuchalin, A.I., Zamyatin, A.V. (2010). Certification and registration system for professional engineers based on APEC Engineer Register international standard. *Engineering Education*, vol. 6. Graduate Attributes and Professional Competencies (2013). <http://www.ieagreements.org>.
- Delacroix S. (2022). Professional Responsibility: Conceptual Rescue and Plea for Reform. *Oxford Journal of Legal Studies*, vol. 42, 1–26, <https://doi.org/10.1093/ojls/gqab010>
- Bekenov T.N., Kornev V.A., Mashekenova, A.S. (2010). Quality management system for business processes of production and operation of complex technical systems. *Shygy's Akparat*, 204.
- Andrés-Sánchez J. (2023). A systematic review of the interactions of fuzzy set theory and option pricing. *Expert Systems with Applications*, vol. 223, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119868>.
- Anzilli L., Villani G. (2021). Real R&D options under fuzzy uncertainty in market share and revealed information. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 434, 117-134.
- Carlsson C., Fuller R. (2003). A fuzzy approach to real option valuation. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 139, 297-312.
- Hohle, U. (2022). On the mathematical foundations of fuzzy set theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 444, 1-9.

#### Information about authors

**Baigereyev Samat** – PhD, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: sbaigereyev@edu.ektu.kz, ORCID: 0000-0002-7773-5457, +7 777 411 96 50

**Konurbaeva Zhadyra** – Candidate of Economic Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: zhkonurbaeva@edu.ektu.kz, ORCID: 0000-0002-6457-392X, +7 777 182 7250

**Mashekenova Assiya** – Candidate of Technical Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: amashekenova@edu.ektu.kz, ORCID: 0000-0003-3556-3033, +7 777 139 71 41

---

---