

<https://doi.org/10.32603/2071-8985-2025-18-6-47-57>

## Подход к построению модели объекта экспертизы с возможностью корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы. Часть 2. Методы корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы\*

Е. А. Бурков<sup>✉</sup>, П. И. Падерно

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

<sup>✉</sup> eaburkov@gmail.com

**Аннотация.** Предлагаемые методы позволяют осуществить апостериорную оценку компетентности экспертов и последующую корректировку априорной компетентности с учетом эффективности работы экспертов при построении атрибутивной модели, а также выявить и оценить недостатки, допущенные рабочей группой при подготовке экспертизы. В основу обоих методов положено сравнение частных атрибутивных моделей с результирующей моделью объекта экспертизы. После обработки и анализа результатов опроса каждого эксперта определяется апостериорная оценка его компетентности, которая сопоставляется с априорной оценкой с целью пересчета последней таким образом, чтобы она адекватно отражала выявленный в ходе экспертизы уровень профессиональных знаний и специализированных навыков эксперта.

**Ключевые слова:** атрибутивная модель, коэффициент компетентности, критерии, объект экспертизы, показатели, рабочая группа, экспертиза, эксперты

**Для цитирования:** Бурков Е. А., Падерно П. И. Подход к построению модели объекта экспертизы с возможностью корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы. Часть 2. Методы корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2025. Т. 18, № 6. С. 47–57. doi: 10.32603/2071-8985-2025-18-6-47-57.

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

Original article

## Approach to Building a Model of the Object of Expertise with the Possibility of Adjusting the Competence of Experts and Evaluating the Activities of the Working Group. Part 2. Methods for Adjusting the Competence of Experts and Evaluating the Activities of the Working Group

Е. А. Burkov<sup>✉</sup>, P. I. Paderno

Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg, Russia

<sup>✉</sup> eaburkov@gmail.com

**Abstract.** The proposed methods make it possible to carry out a posteriori assessment of the competence of experts and the subsequent correction of a priori competence, taking into account the effectiveness of the work of experts in building an attribute model, as well as to identify and evaluate the shortcomings made by the working group during the preparation of the expertise. Both methods are based on a comparison of private attribute models with the resulting model of the object of expertise. After processing and analyzing the results of each expert's survey, a posteriori assessment of his competence is determined, which is compared with the a priori assessment in order to recalculate the latter in such a way that it adequately reflects the expert's level of professional knowledge and specialized skills revealed during the expertise.

\* Продолжение, начало в Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2025. Т. 18, № 5.

**Keywords:** attributive model, coefficient of competence, criteria, object of expertise, indicators, working group, expertise, experts

**For citation:** Burkov E. A., Paderno P. I. Approach to Building a Model of the Object of Expertise with the Possibility of Adjusting the Competence of Experts and Evaluating the Activities of the Working Group. Part 2. Methods for Adjusting the Competence of Experts and Evaluating the Activities of the Working Group // LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2025. Vol. 18, no. 6. P. 47-57. doi: 10.32603/2071-8985-2025-18-6-47-57.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

Настоящая статья посвящена решению некоторых частных задач, касающихся уточнения компетентности экспертов по результатам разработки результирующей атрибутивной модели объекта экспертизы (РАМОЭ), а также метода оценки деятельности рабочей группы (РГ) на этапе подготовки построения первичной АМОЭ [1]. Статья является логическим продолжением и развитием результатов, полученных в [1], и использует такие же обозначения и сокращения.

В настоящее время все шире используются знания экспертов: от оценки и элементарной экспертизы товаров народного потребления до комплексных экспертиз сложнейшей современной техники [2]–[8] и информационных технологий, в том числе при определении реперных точек для разметки и последующего обучения элементов систем искусственного интеллекта. Написано немало работ, посвященных различным стадиям и этапам экспертизы [9]–[13], в частности – оценке и использованию компетентности экспертов [14]–[21]. Однако большинство этих работ рассматривает оценку компетентности экспертов либо только как априорную [18], [19] – проводимую до прямого опроса экспертов, либо только как апостериорную [20], [21] – проводимую после окончания экспертизы на основе анализа оценок, выставленных экспертами. Таким образом, за кадром нередко остаются, во-первых, динамика (изменение) компетентности экспертов в предметной области, к которой относится объект экспертизы (ОЭ), во-вторых, оценка деятельности (квалификации) рабочей группы, обеспечивающей и поддерживающей организацию, подготовку и проведение экспертизы.

**Исходные данные и обозначения.** Исходными данными для проведения вышеперечисленных оценок служит комплекс моделей, приведенных в [1]:

1. Первичная АМОЭ, разработанная РГ, включающая следующие множества показателей ОЭ:

–  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$  – множество обязательных показателей, использование которых, по мнению РГ, необходимо для всесторонней оценки ОЭ и невозможно без учета этих показателей;

–  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  – множество возможных показателей, использование которых, по мнению РГ, допустимо, но нет уверенности, что необходимо для выполнения всесторонней оценки ОЭ;

–  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_l\}$  – множество неприменимых показателей, использование которых, по мнению РГ, нецелесообразно (недопустимо, невозможно), т. е. показателей, которые не следует использовать для всесторонней оценки ОЭ<sup>1</sup>.

2. Модель, предложенная экспертам и приведенная в опросном листе (некоторая редукция первичной АМОЭ), т. е. некоторый опросный перечень показателей  $X_1 = V_1 \cup U_1 \cup W_1$ ;  $V_1 \subset V$ ;  $U_1 \subset U$ ;  $W_1 \subset W$ . Экспертам была предоставлена возможность сформировать собственную модель показателей, вычеркивая из опросного листа или добавляя в него показатели по своему усмотрению.

3. Частные (индивидуальные) АМОЭ, представляющие результаты работы каждого из экспертов  $O(\mathcal{E}_i)$ , включают подмножества показателей. Показатели, входящие в  $O(\mathcal{E}_i)$ , можно разделить на следующие подмножества:

– не вычеркнутые из опросного листа  $i$ -го эксперта показатели  $V_1(\mathcal{E}_i) = \{v_{1i1}, v_{1i2}, \dots, v_{1ij_i}\} \subseteq V_1$ , отнесенные первоначально РГ к множеству обязательных показателей;

– не вычеркнутые из опросного листа  $i$ -го эксперта показатели  $U_1(\mathcal{E}_i) = \{u_{1i1}, u_{1i2}, \dots, u_{1ij_i}\} \subseteq U_1$ , отнесенные первоначально РГ к категории возможных (допустимых) показателей;

– не вычеркнутые из опросного листа  $i$ -го эксперта показатели  $W_1(\mathcal{E}_i) = \{w_{1i1}, w_{1i2}, \dots, w_{1is_i}\} \subseteq W_1$ , отнесенные первоначально РГ к категории неприменимых показателей;

<sup>1</sup> Строго говоря, множество неприменимых показателей непосредственно не входит в первичную АМОЭ, а дополняет ее, инкапсулируя в себе информацию о показателях, которые категорически не годятся к использованию по отношению к определенному ОЭ.

– показатели  $D(\mathcal{E}_i) = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{igi}\}$ , добавленные в опросный лист  $i$ -м экспертом.

4. РАМОЭ, полученная комплексированием частных АМОЭ экспертов, способ построения которой, подробно приведенный в [1], содержит следующие основные шаги:

4.1. Формирование сводного перечня (СПП), содержащего только показатели, оставшиеся в опросном листе или добавленные в него хотя бы одним экспертом:

$$\begin{aligned} \tilde{Y} &= \bigcup_{i=1}^n O(\mathcal{E}_i) = \bigcup_{i=1}^n [V(\mathcal{E}_i) \cup U(\mathcal{E}_i) \cup W(\mathcal{E}_i) \cup Z(\mathcal{E}_i)] = \tilde{V}_1 \cup \tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_1 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_1 \cup \\ &\cup \tilde{W}_0 \cup \tilde{Z} = Y_1 \cup Y_0 \cup \tilde{Z}; \\ Y_1 &= \tilde{V}_1 \cup \tilde{U}_1 \cup \tilde{W}_1; \\ Y_0 &= \tilde{V}_0 \cup \tilde{U}_0 \cup \tilde{W}_0; \\ \tilde{Z} \cap (Y_1 \cup Y_0) &= \emptyset; \\ \tilde{V}_1 &\subseteq V_1; \tilde{V}_0 \subseteq V_0; \\ \tilde{U}_1 &\subseteq U_1; \tilde{U}_0 \subseteq U_0; \\ \tilde{W}_1 &\subseteq W_1; \tilde{W}_0 \subseteq W_0, \end{aligned}$$

где  $O(\mathcal{E}_i)$  – индивидуальная модель ОЭ, предложенная  $i$ -м экспертом;  $Z(\mathcal{E}_i) = D(\mathcal{E}_i) \setminus [V_0(\mathcal{E}_i) \cup U_0(\mathcal{E}_i) \cup W_0(\mathcal{E}_i)]$  – множество абсолютно новых показателей (отсутствующих в атрибутивной модели предметной области и, следовательно, неучтенных РГ в первичной АМОЭ), предложенных  $i$ -м экспертом; множества, содержащие открытые показатели (включенные РГ в опросный перечень показателей), обозначены единичным индексом; множества, содержащие скрытые показатели (известные РГ, но не включенные в опросный перечень показателей), обозначены нулевым индексом.

4.2. Получение результирующего перечня (РАМОЭ) путем фильтрации показателей из СПП с помощью  $\lambda$ -индикатора<sup>2</sup> с подобранными верхним и нижним критическими значениями (ВКЗ и НКЗ):

$$\begin{aligned} \hat{O} &= \hat{O}_1 \cup \hat{O}_0 \cup \hat{O}_z = \tilde{V}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}) \cup \tilde{U}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}) \cup \\ &\cup \tilde{W}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}) \cup \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \\ &\cup \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \tilde{Z}(\lambda_{\text{НКЗ}}); \\ \hat{O}_1 &= \tilde{V}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}) \cup \tilde{U}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}) \cup \tilde{W}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}); \end{aligned}$$

<sup>2</sup> Значение  $\lambda$ -индикатора равно доле экспертов, не вычеркнувших или добавивших рассматриваемый показатель в свой опросный лист. Подробно вычисление и использование  $\lambda$ -индикатора рассмотрены в [1].

$$\hat{O}_0 = \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}) \cup \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}});$$

$$\hat{O}_z = \tilde{Z}(\lambda_{\text{НКЗ}});$$

$$V_1 \supseteq \tilde{V}_1 \supseteq \tilde{V}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}): \lambda(\tilde{v}_{li}) \geq \lambda_{\text{ВКЗ}};$$

$$U_1 \supseteq \tilde{U}_1 \supseteq \tilde{U}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}): \lambda(\tilde{u}_{li}) \geq \lambda_{\text{ВКЗ}};$$

$$W_1 \supseteq \tilde{W}_1 \supseteq \tilde{W}_1(\lambda_{\text{ВКЗ}}): \lambda(\tilde{w}_{li}) \geq \lambda_{\text{ВКЗ}};$$

$$V_0 \supseteq \tilde{V}_0 \supseteq \tilde{V}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{v}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}};$$

$$U_0 \supseteq \tilde{U}_0 \supseteq \tilde{U}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{u}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}};$$

$$W_0 \supseteq \tilde{W}_0 \supseteq \tilde{W}_0(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{w}_{0i}) \geq \lambda_{\text{НКЗ}};$$

$$\tilde{Z} \supseteq \tilde{Z}(\lambda_{\text{НКЗ}}): \lambda(\tilde{z}_i) \geq \lambda_{\text{НКЗ}};$$

$$\lambda(y_j) = n(y_j)/n; 1 \geq \lambda_{\text{ВКЗ}} \geq 1/2 \geq \lambda_{\text{НКЗ}} \geq 0.$$

**Метод корректировки коэффициентов компетенции экспертов.** Рассматриваемый метод относится к заключительной стадии (стадия 4, этап 8) общего подхода к построению модели ОЭ, изложенного в [1], (рис. 2), и реализует оценку компетентности экспертов, результаты опроса которых были использованы РГ для построения РАМОЭ.

Метод состоит из трех основных шагов, его укрупненный алгоритм приведен на рис. 1.



Рис. 1. Основные шаги метода корректировки коэффициентов компетенции экспертов

Fig. 1. The main steps of the expert competence coefficients adjustment method

**Шаг 1. Структурирование элементов РАМОЭ.**

Для упрощения дальнейших действий введем в рассмотрение следующие подмножества показателей построенной РАМОЭ:

– множество показателей  $\hat{V} = \{\hat{v}_1, \hat{v}_2, \dots, \hat{v}_{k_R}\} = \hat{V}_1 \cup \hat{V}_0$ , где  $\hat{V}_1 = \{\hat{v}_1, \dots, \hat{v}_{k_{R_1}}\} \subseteq \hat{O}_1$  – попавшие в РАМОЭ *открытые* показатели, которые РГ классифицировала на начальной стадии как *обязательные*;  $\hat{V}_0 = \{\hat{v}_{01}, \dots, \hat{v}_{0k_{R_0}}\} \subseteq \hat{O}_0$  – попавшие в РАМОЭ *скрытые* показатели, которые РГ классифицировала на начальной стадии как *обязательные*; выполняется равенство  $k_{R_0} + k_{R_1} = k_R$ ;

– множество показателей  $\hat{U} = \{\hat{u}_1, \hat{u}_2, \dots, \hat{u}_{m_R}\} = \hat{U}_1 \cup \hat{U}_0$ , где  $\hat{U}_1 = \{\hat{u}_1, \dots, \hat{u}_{m_{R_1}}\} \subseteq \hat{O}_1$  – попавшие в РАМОЭ *открытые* показатели, которые РГ классифицировала на начальной стадии как *возможные*;  $\hat{U}_0 = \{\hat{u}_{01}, \dots, \hat{u}_{0m_{R_0}}\} \subseteq \hat{O}_0$  – попавшие в РАМОЭ *скрытые* показатели, которые РГ классифицировала на начальной стадии как *возможные*; выполняется равенство  $m_{R_0} + m_{R_1} = m_R$ ;

– множество показателей  $\hat{W} = \{\hat{w}_1, \hat{w}_2, \dots, \hat{w}_{l_R}\} = \hat{W}_1 \cup \hat{W}_0$ , где  $\hat{W}_1 = \{\hat{w}_1, \dots, \hat{w}_{l_{R_1}}\} \subseteq \hat{O}_1$  – попавшие в РАМОЭ *открытые* показатели, которые РГ классифицировала на начальной стадии как *неприменимые*;  $\hat{W}_0 = \{\hat{w}_{01}, \dots, \hat{w}_{0l_{R_0}}\} \subseteq \hat{W}_0$  – попавшие в РАМОЭ *скрытые* показатели, которые РГ классифицировала на начальной стадии как *неприменимые*; выполняется равенство  $l_{R_0} + l_{R_1} = l_R$ ;

– множество показателей  $\hat{Z} = \{\hat{z}_1, \hat{z}_2, \dots, \hat{z}_{q_R}\}$  – абсолютно *новые* показатели, предложенные экспертами при опросе и попавшие в РАМОЭ.

*Шаг 2.1. Оценка компетентности по множеству попавших в модель открытых показателей.* Множество  $\hat{O}_1 = \hat{V}_1 \cup \hat{U}_1 \cup \hat{W}_1$  содержит все открытые показатели, которые по итогам обработки и анализа опросных листов экспертов были включены в РАМОЭ. Если сопоставить множества  $V_1(\mathcal{E}_i)$ ,  $U_1(\mathcal{E}_i)$  и  $W_1(\mathcal{E}_i)$  с соответствующими им подмножествами  $\hat{O}_1$ , можно оценить компетентность  $i$ -го эксперта по степени совпадения его индивидуального мнения о составе модели ОЭ с полученной РАМОЭ. При этом для каждого открытого показателя из множества  $X_1 = V_1 \cup U_1 \cup W_1 = \{x_{11}, \dots, x_{1(k_1+l_1+m_1)}\}$  есть четыре взаимоисключающие возможности:

1) показатель не был вычеркнут экспертом из опросного листа и по итогам выполнения третьей стадии метода попал в РАМОЭ;

2) показатель был вычеркнут экспертом из опросного листа, но попал в РАМОЭ;

3) показатель не был вычеркнут экспертом из опросного листа, но не попал в РАМОЭ;

4) показатель был вычеркнут экспертом из опросного листа и не попал в РАМОЭ.

Принимая РАМОЭ за эталон, можно предположить, что 1-й и 4-й варианты свидетельствуют о компетентности эксперта, а 2-й и 3-й – об обратном. Также, поскольку РАМОЭ была определена на базе коллективных принципов принятия решений [6], [7], в качестве меры компетентности можно использовать  $\lambda$ -индикатор, количественно отражающий предпочтения группы экспертов. Тогда оценку компетентности  $i$ -го эксперта в отношении открытых показателей можно получить следующим образом:

$$\begin{aligned} \beta_i(V_1) &= \sum_{x_j \in V_1(\mathcal{E}_i) \cap \hat{V}_1} \lambda(x_j) - \sum_{x_j \in \hat{V}_1 \setminus V_1(\mathcal{E}_i)} \lambda(x_j) - \\ &\quad - \sum_{x_j \in V_1(\mathcal{E}_i) \cap (\hat{V} \setminus \hat{V}_1)} (1 - \lambda(x_j)) + \\ &\quad + \sum_{x_j \in ((V_1 \setminus V_1(\mathcal{E}_i)) \cap (\hat{V} \setminus \hat{V}_0))} (1 - \lambda(x_j)); \\ \beta_i(U_1) &= \sum_{x_j \in U_1(\mathcal{E}_i) \cap \hat{U}_1} \lambda(x_j) - \sum_{x_j \in \hat{U}_1 \setminus U_1(\mathcal{E}_i)} \lambda(x_j) - \\ &\quad - \sum_{x_j \in U_1(\mathcal{E}_i) \cap (\hat{U} \setminus \hat{U}_1)} (1 - \lambda(x_j)) + \\ &\quad + \sum_{x_j \in ((U_1 \setminus U_1(\mathcal{E}_i)) \cap (\hat{U} \setminus \hat{U}_0))} (1 - \lambda(x_j)); \\ \beta_i(W_1) &= \sum_{x_j \in W_1(\mathcal{E}_i) \cap \hat{W}_1} \lambda(x_j) - \sum_{x_j \in \hat{W}_1 \setminus W_1(\mathcal{E}_i)} \lambda(x_j) - \\ &\quad - \sum_{x_j \in W_1(\mathcal{E}_i) \cap (\hat{W} \setminus \hat{W}_1)} (1 - \lambda(x_j)) + \\ &\quad + \sum_{x_j \in ((W_1 \setminus W_1(\mathcal{E}_i)) \cap (\hat{W} \setminus \hat{W}_0))} (1 - \lambda(x_j)); \\ \beta_i(X_1) &= h_1 \beta_i(V_1) + h_2 \beta_i(U_1) + h_3 \beta_i(W_1); \\ &\quad h_1, h_2, h_3 > 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Коэффициенты  $h_i$  в (1) и далее задаются РГ на основании того, какие действия эксперта с различными множествами показателей группа считает более или менее значимыми с точки зрения отражения компетентности эксперта. Напри-

мер, могут быть использованы значения  $h_1 = 1; h_2 = 0.5; h_3 = 1.5; h_4 = 2; h_5 = 1; h_6 = 3; h_7 = 4; h_8 = 2; h_9 = 1$ .

*Шаг 2.2. Оценка компетентности по множеству попавших в модель скрытых показателей.*

Множество  $\hat{O}_0 = \hat{V}_0 \cup \hat{U}_0 \cup \hat{W}_0$  содержит все скрытые показатели, которые хоть и не были включены РГ в опросный перечень показателей, тем не менее по итогам обработки и анализа опросных листов экспертов были включены в РАМОЭ. Если сопоставить множества  $V_0(\mathcal{E}_i)$ ,  $U_0(\mathcal{E}_i)$  и  $W_0(\mathcal{E}_i)$  с соответствующими подмножествами  $\hat{O}_0$ , можно дополнительно оценить компетентность  $i$ -го эксперта по степени совпадения его индивидуального мнения о вхождении в состав модели ОЭ скрытых показателей с полученной РАМОЭ. Для каждого скрытого показателя из множества  $X_0 = V_0 \cup U_0 \cup W_0 = \{x_{01}, \dots, x_{0(k_0+l_0+m_0)}\}$  есть четыре взаимоисключающие возможности:

1) показатель был добавлен экспертом в опросный лист и попал в РАМОЭ, так как достаточное число экспертов тоже его добавили;

2) показатель не был добавлен экспертом в опросный лист, но попал в РАМОЭ, так как его добавило достаточное число других экспертов;

3) показатель был добавлен экспертом в опросный лист, но не попал в РАМОЭ, так как недостаточно экспертов добавили этот показатель;

4) показатель не был добавлен экспертом в опросный лист и не попал в РАМОЭ, так как этот показатель не добавил ни один из экспертов, либо их было слишком мало.

Вновь принимая РАМОЭ за эталон, можно предположить, что 1-й вариант свидетельствует о компетентности эксперта, 2-й вариант – скорее об обратном, а вот 3-й вариант может быть обусловлен как ошибкой эксперта, так и тем, что прочие эксперты в большинстве не справились со своей работой и не поддержали коллегу. В этом случае можно использовать классификацию показателей, выполненную РГ. Если спорный показатель – обязательный, то с большим основанием можно заподозрить халатность прочих экспертов и не штрафовать (в смысле уменьшения оценки компетентности) данного эксперта за принятое решение. Если спорный показатель – неприменимый, то есть определенные основания штрафовать эксперта. Наконец, если спорный показатель – возможный, то это не дает дополнительной

информации о необходимости штрафовать эксперта за принятое решение. Последний 4-й вариант тоже не дает оснований поощрить или оштрафовать эксперта, но если не попавший в РАМОЭ показатель относится к множеству обязательных, это может косвенно свидетельствовать о неудовлетворительной работе экспертов, особенно если такая картина наблюдается с большей частью скрытых обязательных показателей.

Аналогично (1) оценку компетентности  $i$ -го эксперта в отношении скрытых показателей можно получить следующим образом:

$$\begin{aligned} \beta_i(V_0) &= \sum_{x_j \in V_0(\mathcal{E}_i) \cap \hat{V}_0} \lambda(x_j) - \sum_{x_j \in \hat{V}_0 \setminus V_0(\mathcal{E}_i)} \lambda(x_j); \\ \beta_i(U_0) &= \sum_{x_j \in U_0(\mathcal{E}_i) \cap \hat{U}_0} \lambda(x_j) - \sum_{x_j \in \hat{U}_0 \setminus U_0(\mathcal{E}_i)} \lambda(x_j); \\ \beta_i(W_0) &= \sum_{x_j \in W_0(\mathcal{E}_i) \cap \hat{W}_0} \lambda(x_j) - \sum_{x_j \in \hat{W}_0 \setminus W_0(\mathcal{E}_i)} \lambda(x_j) - \\ &\quad - \sum_{x_j \in W_0(\mathcal{E}_i) \cap (\hat{W} \setminus \hat{W}_0)} (1 - \lambda(x_j)); \\ \beta_i(X_0) &= h_4 \beta_i(V_0) + h_5 \beta_i(U_0) + h_6 \beta_i(W_0), \\ &\quad h_4, h_5, h_6 > 0. \end{aligned} \tag{2}$$

*Шаг 2.3. Оценка компетентности по множеству попавших в модель абсолютно новых показателей.* Множество  $\hat{Z}$  содержит абсолютно новые показатели, попавшие в РАМОЭ, которые РГ даже не рассматривала на этапе подготовки ОПП, поскольку эти показатели отсутствовали в АМПО. Выявление новых показателей, применимых для адекватной оценки ОЭ, можно считать большой удачей. Сопоставив множества  $Z(\mathcal{E}_i)$  и  $\hat{Z}$ , можно оценить компетентность эксперта по его вкладу в расширение модели ОЭ и предметной области. В данном случае существует только три возможных варианта:

1) показатель был добавлен экспертом в опросный лист и попал в РАМОЭ, так как часть экспертов тоже его добавили;

2) показатель не был добавлен экспертом в опросный лист, но попал в РАМОЭ, так как его добавили другие эксперты;

3) показатель был добавлен экспертом в опросный лист, но не попал в РАМОЭ, так как другие эксперты этого не сделали (или их оказалось слишком мало).

Логично будет предположить, что 1-й вариант свидетельствует о компетентности эксперта, 2-й вариант – скорее об обратном, а вот 3-й вариант может быть обусловлен как ошибкой эксперта, так и тем, что прочие эксперты в большинстве не справились со своей работой и не поддержали

коллегу. Не стоит забывать, что когда речь идет об абсолютно новом показателе, то наиболее вероятно, что число предложивших его экспертов будет крайне невелико или даже предложивший его эксперт будет только один. Поэтому в отношении таких показателей РГ может взять на себя ответственность по принятию решения о включении их в РАМОЭ. Если РГ после анализа и дополнительного обсуждения (возможно, с привлечением к нему экспертов) абсолютно нового показателя уверена, что он может быть отнесен к множеству обязательных, то его включают в РАМОЭ.

Таким образом, оценку компетентности  $i$ -го эксперта в отношении абсолютно новых показателей можно получить следующим образом:

$$\beta_i(Z(\mathcal{E}_i)) = \sum_{x_j \in Z(\mathcal{E}_i) \cap \hat{Z}} h_7 - \sum_{x_j \in Z(\mathcal{E}_i) \setminus \hat{Z}} h_8 - \sum_{x_j \in \hat{Z} \setminus Z(\mathcal{E}_i)} h_9; \quad h_7, h_8, h_9 > 0. \quad (3)$$

*Шаг 2.4. Комплексная оценка компетентности.* Суммирование (1)–(3) дает выражение для расчета комплексной оценки компетентности экспертов:

$$\hat{\beta}_i = \beta_i(X_1) + \beta_i(X_0) + \beta_i(Z(\mathcal{E}_i)).$$

*Шаг 3. Корректировка коэффициентов компетентности экспертов.* Выделим подгруппу эффективных экспертов, у которых имеет положительное значение:  $\mathcal{E}^+ = \{\mathcal{E}_1^+, \dots, \mathcal{E}_{n^+}^+ \mid \hat{\beta}_i > 0\}$ , т. е. эти эксперты хорошо проявили себя при формировании РАМОЭ и сделали значимый вклад в ее построение.

Введем референсные значения априорной ( $\bar{\alpha}$ ) и апостериорной ( $\bar{\beta}$ ) компетентности и вычислим с их помощью для каждого эксперта относительные отклонения от этих референсных значений:

$$\begin{aligned} \bar{\alpha} &= \max \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i, \frac{1}{n^+} \sum_{i=1}^{n^+} \alpha_i \right\}; \\ \bar{\beta} &= \max \left\{ \frac{1}{n^+} \sum_{i=1}^{n^+} \hat{\beta}_i, 1 \right\}; \\ \sigma(\alpha_i) &= \frac{\alpha_i - \bar{\alpha}}{\max_i \{\alpha_i - \bar{\alpha}\}}; \\ \sigma(\hat{\beta}_i) &= \frac{\hat{\beta}_i - \bar{\beta}}{\max_i \{|\hat{\beta}_i - \bar{\beta}|\}}. \end{aligned} \quad (4)$$

В зависимости от значений отклонений (4) можно выделить несколько различных категорий экспертов, коэффициенту компетентности которых требуется корректировка (прочие эксперты в ней не нуждаются):

– эксперты с высокими (выше среднего рассматриваемой подгруппы эффективных экспертов) априорной и апостериорной оценками компетентности ( $\sigma(\hat{\beta}_i) > \sigma(\alpha_i) \geq 0$ ), у которых отклонение вправо от референсного значения в случае апостериорной оценки выражено сильнее, поэтому коэффициенты компетентности этих экспертов следует увеличить пропорционально превалированию отклонения апостериорной оценки над отклонением априорной:

$$\begin{aligned} \forall \mathcal{E}_i, \sigma(\hat{\beta}_i) > \sigma(\alpha_i) \geq 0: \\ \alpha'_i = \min \left\{ \alpha_i + \min \left\{ \Delta(\alpha_i), \Delta^+ \right\}, \alpha_{\max} \right\}; \quad (5) \\ \Delta(\alpha_i) = \left( \sigma(\hat{\beta}_i) - \sigma(\alpha_i) \right) \bar{\alpha}; \end{aligned}$$

– эксперты с высокой априорной и низкой апостериорной оценками компетентности ( $\sigma(\alpha_i) \geq 0, \sigma(\hat{\beta}_i) \leq 0$ ), т. е. эксперты, у которых наблюдается выраженное противоречие между указанными оценками, поэтому коэффициенты компетентности этих экспертов следует уменьшить пропорционально усредненному отклонению обеих компонент:

$$\begin{aligned} \forall \mathcal{E}_i, \sigma(\alpha_i) \geq 0, \sigma(\hat{\beta}_i) \leq 0: \\ \alpha'_i = \max \left\{ \alpha_i - \min \left\{ \Delta(\alpha_i), \Delta^- \right\}, \alpha_{\min} \right\}; \quad (6) \\ \Delta(\alpha_i) = \left( \sigma(\alpha_i) - \sigma(\hat{\beta}_i) \right) \bar{\alpha} / 2; \end{aligned}$$

– эксперты с низкой априорной и высокой апостериорной оценками компетентности ( $\sigma(\alpha_i) < 0, \sigma(\hat{\beta}_i) \geq 0$ ), т. е. эксперты, у которых наблюдается выраженное противоречие между указанными оценками, поэтому коэффициенты компетентности этих экспертов следует увеличить пропорционально усредненному отклонению обеих компонент:

$$\begin{aligned} \forall \mathcal{E}_i, \sigma(\alpha_i) < 0, \sigma(\hat{\beta}_i) \geq 0: \\ \alpha'_i = \min \left\{ \alpha_i + \min \left\{ \Delta(\alpha_i), \Delta^+ \right\}, \alpha_{\max} \right\}; \quad (7) \\ \Delta(\alpha_i) = \left( \sigma(\hat{\beta}_i) - \sigma(\alpha_i) \right) \bar{\alpha} / 2; \end{aligned}$$

– эксперты с низкими (ниже среднего) априорной и апостериорной оценками компетентности ( $\sigma(\hat{\beta}_i) < \sigma(\alpha_i) \leq 0$ ), у которых отклонение

влево от референсного значения в случае апостериорной оценки выражено сильнее, поэтому коэффициенты компетентности этих экспертов следует уменьшить пропорционально превалированию отклонения апостериорной компоненты над отклонением априорной:

$$\forall \alpha_i, \sigma(\hat{\beta}_i) < \sigma(\alpha_i) \leq 0: \\ \alpha'_i = \max \left\{ \alpha_i - \min \left\{ \Delta(\alpha_i), \Delta^- \right\}, \alpha_{\min} \right\}; \quad (8) \\ \Delta(\alpha_i) = \left( \sigma(\alpha_i) - \sigma(\hat{\beta}_i) \right) \bar{\alpha}.$$

Использование выражений (6)–(9) дает возможность скорректировать коэффициенты компетентности всех экспертов, которые в этом нуждаются. Значения  $\Delta^+$  и  $\Delta^-$  в (5)–(8) задаются РГ таким образом, чтобы одно успешное или неуспешное участие в экспертизе не меняло чрезмерно коэффициент компетентности отдельного эксперта, т. е.  $\Delta^+$  – максимальное допустимое разовое увеличение коэффициента компетентности эксперта, а  $\Delta^-$  – максимальное по модулю допустимое разовое уменьшение этого коэффициента. Значения  $\alpha_{\max}$  и  $\alpha_{\min}$  однозначно определяются правой и левой границами шкалы, используемой для оценки коэффициентов компетентности экспертов (в случае часто используемой шкалы  $[0; 1]$  выполняются равенства  $\alpha_{\max} = 1$  и  $\alpha_{\min} = 0$ ).

**Метод оценки деятельности рабочей группы.** Рассматриваемый метод относится к заключительной стадии (стадия 4, этап 9) общего подхода к построению модели ОЭ, изложенного в [1], и реализует оценку деятельности РГ при подготовке первичной АМОЭ. Метод состоит из пяти основных шагов, укрупненный алгоритм которых приведен на рис. 2.

Оценка деятельности РГ построена на анализе правильности отнесения различных показателей к соответствующим группам, т. е. на оценке совпадения и различия первичной АМОЭ и РАМОЭ, где последняя принимается за эталон, а принципы получения этой оценки соответствуют принципам оценивания компетентности экспертов (п. 1–3, рис. 2).

*Шаг 1. Оценка деятельности РГ по обязательным показателям.* Определим положительные и штрафные баллы для оценки деятельности РГ в части обязательных показателей приведенным далее образом.

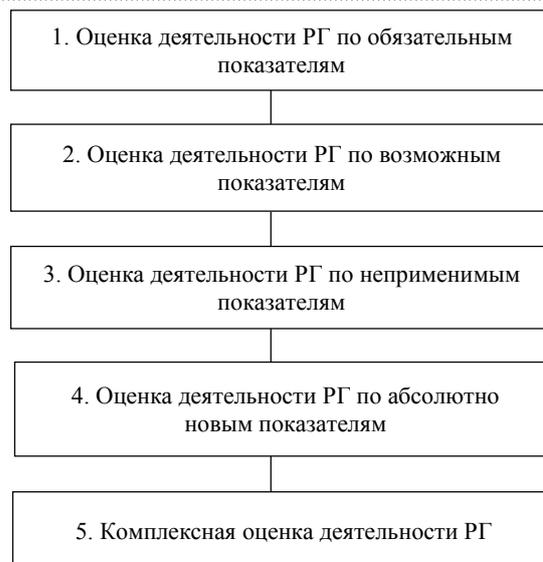


Рис. 2. Основные шаги метода комплексной оценки деятельности рабочей группы

Fig. 2. The main steps of the integrated activity assessment method of the working group

Если обязательный показатель из множества  $V_1$ , т. е. предъявленный экспертам в опросном листе:

- был включен в РАМОЭ (попал в множество  $\hat{V}_1$ ), то РГ начисляется 1 (или в общем виде  $b_1$ ) балл;
- не был включен в РАМОЭ, то РГ штрафуются на 1 ( $q_1$ ) балл.

Если обязательный показатель из множества  $V_0$ , т. е. не включенный РГ в опросный лист:

- был включен в РАМОЭ (попал в множество  $\hat{V}_0$ ), то РГ начисляется 3 ( $b_2$ ) балла;
- не был включен в РАМОЭ, то РГ штрафуются на 1 ( $q_2$ ) балл.

Для удобства вычислений введем функцию  $G(\Omega)$ , равную числу элементов любого конечного множества  $\Omega$ , которые, не умаляя общности рассуждений, будем считать равноценными. Тогда суммарное число полученных РГ баллов, как апостериорная оценка правильности формирования ПАМОЭ в части обязательных показателей, может быть вычислено по формуле

$$B(V) = \left[ 1G(V_1 \cap \hat{V}_1) - 1G(V_1 \setminus \hat{V}_1) \right] + \\ + \left[ 3G(V_0 \cap \hat{V}_0) - 1G(V_0 \setminus \hat{V}_0) \right]$$

или в общем виде:

$$B(V) = \left[ b_1G(V_1 \cap \hat{V}_1) - q_1G(V_1 \setminus \hat{V}_1) \right] + \\ + \left[ b_2G(V_0 \cap \hat{V}_0) - q_2G(V_0 \setminus \hat{V}_0) \right].$$

*Шаг 2. Оценка деятельности РГ по возможным показателям.* Определим положительные и штрафные баллы для оценки деятельности РГ в части возможных показателей приведенным далее образом.

Если возможный показатель из множества  $U_1$ , т. е. предъявленный экспертам в опросном листе:

– был включен в РАМОЭ (попал в множество  $\hat{U}_1$ ), то РГ начисляется 2 ( $b_3$ ) балла;

– не был включен в РАМОЭ, то РГ штрафуются на 1 ( $q_3$ ) балл.

Если возможный показатель из множества  $U_0$ , т. е. не включенный РГ в опросный лист:

– был включен в РАМОЭ (попал в множество  $\hat{U}_0$ ), то РГ начисляется 3 ( $b_4$ ) балла;

– не был включен в РАМОЭ, то РГ штрафуются на 1 ( $q_4$ ) балл.

Таким образом, суммарное число полученных РГ баллов, как апостериорная оценка правильности формирования ПАМОЭ в части возможных показателей, может быть вычислено по формуле

$$B(U) = [2G(U_1 \cap \hat{U}_1) - 1G(U_1 \setminus \hat{U}_1)] + [3G(U_0 \cap \hat{U}_0) - 1G(U_0 \setminus \hat{U}_0)]$$

или в общем виде:

$$B(U) = [b_3G(U_1 \cap \hat{U}_1) - q_3G(U_1 \setminus \hat{U}_1)] + [b_4G(U_0 \cap \hat{U}_0) - q_4G(U_0 \setminus \hat{U}_0)].$$

*Шаг 3. Оценка деятельности РГ по неприменимым показателям.* Определим положительные и штрафные баллы для оценки деятельности РГ в части *неприменимых* показателей приведенным далее образом.

Если неприменимый показатель из множества  $W_1$ , т. е. предъявленный экспертам в опросном листе:

– не был включен в РАМОЭ (не попал в множество  $\hat{W}_1$ ), то РГ начисляется 3 ( $b_5$ ) балла;

– был включен в РАМОЭ (попал в множество  $\hat{W}_1$ ), то РГ штрафуются на 3 ( $q_5$ ) балла.

Если неприменимый показатель из множества  $W_0$ , т. е. не включенный РГ в опросный лист:

– был включен в РАМОЭ (попал в множество  $\hat{W}_0$ ), то РГ штрафуются на 3 ( $q_6$ ) балла.

Таким образом, суммарное число полученных РГ баллов, как апостериорная оценка правильности формирования ПАМОЭ в части неприменимых показателей, может быть вычислено по формуле

$$B(W) = [3G(W_1 \setminus \hat{W}_1) - 3G(W_1 \cap \hat{W}_1)] - 3G(W_0 \cap \hat{W}_0)$$

или в общем виде:

$$B(W) = [b_5G(W_1 \setminus \hat{W}_1) - q_5G(W_1 \cap \hat{W}_1)] - q_6G(W_0 \cap \hat{W}_0).$$

*Шаг 4. Оценка деятельности РГ по абсолютно новым показателям.* За каждый включенный в РАМОЭ абсолютно новый показатель (попавший в множество  $\hat{Z}$ ) РГ штрафуются на 5 ( $q_6$ ) баллов, т. е.

$$B(Z) = -5G(\hat{Z})$$

или в общем виде:

$$B(Z) = -q_6G(\hat{Z}).$$

*Шаг 5. Комплексная оценка деятельности РГ.* Комплексная оценка деятельности РГ на этапе подготовки ПАМОЭ и ОПП может быть получена в следующем виде:

$$B(O) = B(V) + B(U) + B(W) + B(Z).$$

Данная оценка позволяет реализовать петлю обратной связи, тем самым давая РГ инструмент для анализа эффективности своей работы и возможность управляемого развития отдельных навыков подготовки экспертиз, связанных с построением атрибутивных моделей ОЭ.

**Заключение.** Разработанные и проанализированные в данной статье методы позволяют:

– скорректировать коэффициенты компетентности, задействованные для построения атрибутивной модели экспертов на основе анализа эффективности их работы;

– оценить деятельность РГ на этапе подготовки экспертизы в части подготовки первичной атрибутивной модели и опросных листов для экспертов.

К достоинствам предлагаемых методов относятся:

– высокий уровень формализации, позволяющий автоматизировать большую часть расчетов;

– возможность отслеживать динамику коэффициентов компетентности экспертов и подбирать для проведения экспертизы наиболее подходящих из них по уровню текущей компетентности;

– реализация механизма обратной связи, что позволяет анализировать эффективность деятельности рабочей и экспертной групп по построению атрибутивной модели.

Возможным направлением дальнейшего развития подхода, представленного в [1] и в настоя-

щей статье, может стать разработка перехода от атрибутивной модели к более содержательной семантической модели, имеющей иерархическую структуру и отражающей взаимосвязи между отдельными своими элементами.

#### Список литературы

1. Бурков Е. А., Падерно П. И. Подход к построению модели объекта экспертизы с возможностью корректировки компетентности экспертов и оценки деятельности рабочей группы. Часть 1. Метод построения атрибутивной модели // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2025. Т. 18, № 5. С. 33–44.
2. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. 263 с.
3. Литвак Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений. М.: Патент, 1996. 371 с.
4. Райхман Э. П., Азгальдов Г. Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. М.: Экономика, 1974. 151 с.
5. Бурков Е. А., Падерно П. И., Пахарьков Г. Н. Экспертиза: системные проблемы и пути их решения при выборе медицинской аппаратуры // Биотехносфера. 2010. № 2 (8). С. 6–14.
6. Коробов В. Б. Теория и практика экспертных методов / под ред. Б. И. Кочурова. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2021. 281 с.
7. Гузий А. Г., Лушкин А. М., Майорова Ю. А. Теория и практика экспертного анализа состояний сложных динамических систем. М.: ИД Академии Жуковского, 2015. 128 с.
8. Зацаринный А. А., Ионенков Ю. С. О применении экспертных методов при оценке эффективности и качества информационных систем // Системы и средства информатики. 2022. Т. 32. № 2. С. 47–57. doi: 10.14357/08696527220205.
9. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / пер. с англ. А. В. Андрейчикова. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.
10. Сидельников Ю. В. Четырехэтапная мозговая атака // Проблемы управления. 2014. № 1. С. 36–44.
11. Сидельников Ю. В. Разработка и реализация подхода к корректному описанию экспертного креативного метода. Ч. 1. Разработка подхода // Управление большими системами: сб. тр. 2020. № 83. С. 29–52.
12. Сидельников Ю. В. Разработка и реализация подхода к корректному описанию экспертного креативного метода. Ч. 2. Реализация подхода на примере мозговой атаки // Управление большими системами: сб. тр. 2020. № 84. С. 130–151.
13. Найдис О. А., Найдис И. О. Коллективные методы решения нестандартных задач: сравнительный анализ // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 206–209.
14. Бурков Е. А., Карпачевский А. В., Падерно П. И. Оценка компетентности экспертов на основе результативности их участия в экспертизах // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 10. С. 38–44.
15. Бурков Е. А., Падерно П. И. Подход к формированию экспертной группы как к задаче дискретной оптимизации // Биомед. радиоэлектроника. 2010. № 5. С. 48–51.
16. Бурков Е. А., Падерно П. И. Подход к выявлению предвзятых экспертов на основе анализа погрешностей оценивания // Тр. II Общерос. молод. науч.-техн. конф. «Молодежь. Техника. Космос». СПб.: Изд-во БГТУ, 2010. С. 204–206.
17. Бурков Е. А. Определение субъективности и надежности экспертных оценок на основе анализа статистических данных // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 9. С. 33–38.
18. Петриченко Г. С., Петриченко В. Г. Методика оценки компетентности экспертов // Политематический сетевой электрон. науч. журн. КубГАУ. 2015. № 109 (05). С. 6–8.
19. Петриченко Г. С., Петриченко В. Г. Экспертное оценивание при выборе эффективного мероприятия. // Науч. ведом. Белгородского гос. ун-та. Сер.: Экономика, Информатика. 2015. № 13 (210). С. 122–127.
20. Марычева П. Г. Методика оценки компетентности экспертов // Вестн. Самарского ГТУ. Сер.: Техн. науки. 2018. Т. 60, № 4. С. 29–40. doi: 10.14498/tech.2018.4.%25u.
21. Ситков Р. А., Щельников В. Н., Петрушин И. Е. Методика проведения экспертного опроса по оцениванию свойств и факторов, влияющих на качество и компетентность экспертов // Фундаментальные исследования. 2016. № 11 (ч. 5). С. 944–948.

#### Информация об авторах

**Бурков Евгений Александрович** – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

E-mail: eaburkov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

**Падерно Павел Иосифович** – д-р техн. наук, профессор кафедры информационных систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Заслуженный деятель науки РФ.

E-mail: pipaderno@list.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

## References

1. Burkov E. A., Paderno P. I. Podhod k postroeniju modeli ob#ekta jekspertizy s vozmozhnost'ju korrekcionirovani kompetentnosti jekspertov i ocenki dejatel'nosti rabochej gruppy: Chast' 1. Metod postroenija atributivnoj modeli // *Izv. SPbGETU «LETI»*. 2025. T.18, № 5. S. 33–44. (In Russ.).
2. Beshelev S. D., Gurvich F. G. Matematiko-statisticheskie metody jekspertnyh ocenok. M.: Statistika, 1980. 263 s. (In Russ.).
3. Litvak B. G. Jekspertnye ocenki i prinjatие reshenij. M.: Patent, 1996. 371 s. (In Russ.).
4. Rajhman Je. P., Azgal'dov G. G. Jekspertnye metody v ocenke kachestva tovarov. M.: Jekonomika, 1974. 151 s. (In Russ.).
5. Burkov E. A., Paderno P. I., Pahar'kov G. N. Jekspertiza: sistemnye problemy i puti ih reshenija pri vybore medicinskoj apparatury // *Biotehnosfera*. 2010. № 2 (8). S. 6–14. (In Russ.).
6. Korobov V. B. Teorija i praktika jekspertnyh metodov / pod red. Kochurova B. I. M.: NIC INFRA-M, 2021. 281 s. (In Russ.).
7. Guzij A. G., Lushkin A. M., Majorova Ju. A. Teorija i praktika jekspertnogo analiza sostojanij slozhnyh dinamicheskikh sistem. M.: ID Akademii Zhukovskogo, 2015. 128 s. (In Russ.).
8. Zacarinnij A. A., Iononkov Ju. S. O primenenii jekspertnyh metodov pri ocenke jeffektivnosti i kachestva informacionnyh sistem // *Sistemy i sredstva informatiki*. 2022. T. 32. №. 2. S. 47–57. doi: 10.14357/08696527220205. (In Russ.).
9. Saati T. L. Prinjatие reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svjazjah: Analiticheskie seti / per. s angl. A. V. Andrejchikova. M.: Izd-vo LKI, 2008. 360 s. (In Russ.).
10. Sidel'nikov Ju. V. Chetyrehjetapnaja mozgovaja ataka // *Problemy upravlenija*. 2014. № 1. S. 36–44. (In Russ.).
11. Sidel'nikov Ju. V. Razrabotka i realizacija podhoda k korrektnomu opisaniju jekspertnogo kreativnogo metoda. Ch. 1. Razrabotka podhoda // *Upravlenie bol'shimi sistemami: sb. tr.* 2020. № 83. S. 29–52. (In Russ.).
12. Sidel'nikov Ju. V. Razrabotka i realizacija podhoda k korrektnomu opisaniju jekspertnogo kreativnogo metoda. Ch. 2. Realizacija podhoda na primere mozgovoj ataki // *Upravlenie bol'shimi sistemami: sb. tr.* 2020. № 84. S. 130–151. (In Russ.).
13. Najdis O. A., Najdis I. O. Kollektivnye metody reshenija nestandardnyh zadach: sravnitel'nyj analiz // *Azimut nauchnyh issledovanij: jekonomika i upravlenie*. 2018. T. 7. № 3 (24). S. 206–209. (In Russ.).
14. Burkov E. A., Karpachevskij A. V., Paderno P. I. Ocenka kompetentnosti jekspertov na osnove rezul'tativnosti ih uchastija v jekspertizah // *Izv. SPbGETU «LETI»*. 2011. № 10. S. 38–44. (In Russ.).
15. Burkov E. A., Paderno P. I. Podhod k formirovaniju jekspertnoj gruppy kak k zadache diskretnoj optimizacii // *Biomed. radiojelektronika*. 2010. № 5. S. 48–51. (In Russ.).
16. Burkov E. A., Paderno P. I. Podhod k vyjaveniju predvzjatyh jekspertov na osnove analiza pogreshnostej ocenivanija // *Tr. II Obssheross. molod. nauch.-tehn. konf. «Molodezh'. Tehnika. Kosmos»*. SPb: Izd-vo BG TU, 2010. S. 204–206. (In Russ.).
17. Burkov E. A. Opredelenie sub#ektivnosti i nadezhnosti jekspertnyh ocenok na osnove analiza statisticheskikh dannyh // *Izv. SPbGETU «LETI»*. 2010. № 9. S. 33–38. (In Russ.).
18. Petrichenko G. S., Petrichenko V. G. Metodika ocenki kompetentnosti jekspertov // *Politematicheskij setevoj jelektron. nauch. zhurn. KubGAU*. 2015. № 109 (05). S. 6–8. (In Russ.).
19. Petrichenko G. S., Petrichenko V. G. Jekspertnoe ocenivanie pri vybore jeffektivnogo meroprijatija. // *Nauch. vedom. Belgorodskogo gos. un-ta. Ser.: Jekonomika, informatika*. 2015. № 13 (210). S. 122–127. (In Russ.).
20. Marycheva P. G. Metodika ocenki kompetentnosti jekspertov // *Vestn. Samarskogo GTU. Ser.: Tehn. nauki*. 2018. T. 60, № 4. S. 29–40. doi: 10.14498/tech.2018.4.%25u. (In Russ.).
21. Sitkov R. A., Shhel'nikov V. N., Petrushin I. E. Metodika provedenija jekspertnogo oprosa po ocenivaniju svojstv i faktorov, vlijajushhih na kachestvo i kompetentnost' jekspertov // *Fundamental'nye issledovanija*. 2016. № 11 (chast' 5). S. 944–948. (In Russ.).

---

## Information about the authors

**Evgeniy A. Burkov** – Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Department of Information Systems, Saint Petersburg Electrotechnical University.

E-mail: eaburkov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

**Pavel I. Paderno** – Dr Sci. (Eng.), Professor of the Department of Information Systems, Saint Petersburg Electrotechnical University. Honored Worker of Science of the Russian Federation.

E-mail: [pipaderno@list.ru](mailto:pipaderno@list.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

Статья поступила в редакцию 11.02.2025; принята к публикации после рецензирования 21.04.2025; опубликована онлайн 30.06.2025.

Submitted 11.02.2025; accepted 21.04.2025; published online 30.06.2025.

---