

15. Sharma S, Byrne H, O'Kennedy RJ. Antibodies and antibody-derived analytical biosensors. *Essays Biochem.* 2016;60(1):9–18. doi:10.1042/EBC20150002
16. Rocchitta G, Spanu A, Babudieri S, et al. Enzyme Biosensors for Biomedical Applications: Strategies for Safeguarding Analytical Performances in Biological Fluids. *Sensors (Basel).* 2016;16(6):780. Published 2016 May 30. doi:10.3390/s16060780
17. Liang Su, Wenzhao Jia, Changjun Hou, Yu Lei, *Microbial biosensors: A review*, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 26, Issue 5, 2011, Pages 1788-1799, ISSN 0956-5663, <https://doi.org/10.1016/j.bios.2010.09.005>.
18. Mehrotra P. Biosensors and their applications - A review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2016;6(2):153–159. doi:10.1016/j.jobcr.2015.12.002
19. Kavita V (2017) DNA Biosensors-A Review. *J Bioengineer & Biomedical Sci* 7: 222. doi:10.4172/2155-9538.1000222
20. Tamerler C., Sarikaya M. Molecular biomimetics: nanotechnology and bionanotechnology using genetically engineered peptides / *Phil. Trans. R. Soc. A.* 2009. V. 367. P. 1705–1726.
21. Adley, C.C., Ryan, M.P., 2014. Conductometric biosensors for high throughput screening of pathogens. In: Bhunia, A.K., Kim, M.S., Taitt, C.R. (Eds.), *High throughput screening for food safety assessment: biosensor technologies, hyperspectral imaging and practical applications*. Woodhead Publishing Ltd, Oxford, pp. 315–326 (Chapter14).
22. Elif Burcu Bahadır & Mustafa Kemal Sezgintürk (2016) A review on impedimetric biosensors, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 44:1, 248-262, DOI: 10.3109/21691401.2014.942456
23. Ertürk G, Mattiasson B. Capacitive Biosensors and Molecularly Imprinted Electrodes. *Sensors (Basel).* 2017 Feb 17;17(2):390. doi: 10.3390/s17020390. PMID: 28218689; PMCID: PMC5336051.
24. Damborský, Pavel & Švitel, Juraj & Katrlík, Jaroslav. (2016). Optical biosensors. *Essays In Biochemistry.* 60. 91-100. 10.1042/EBC20150010.
25. Iah, K & Jha, Shyam & Bhardwaj, Rishi & Sharma, Rajiv & Kumar, Ramesh. (2012). Optical biosensors for food quality and safety assurance-A review. *Journal of food science and technology.* 49. 383-406. 10.1007/s13197-011-0437-6.
26. Arlett, Jessica & Myers, E.B. & Roukes, Michael. (2011). Comparative Advantages of Mechanical Biosensors. *Nature nanotechnology.* 6. 203-15. 10.1038/nnano.2011.44.
27. Tamayo, Javier & Kosaka, Priscila & Ruz, José & Paulo, Alvaro & Calleja, Montserrat. (2012). Biosensors based on nanomechanical systems. *Chemical Society reviews.* 42. 10.1039/c2cs35293a.
28. K. Ramanathan, B. Danielsson, Principles and applications of thermal biosensors, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 16, Issue 6, 2001, pp. 417-423, doi.org/10.1016/S0956-5663(01)00124-5.
29. Ramanathan, Kumaran and Bengt Danielsson. Principles and applications of thermal biosensors. *Biosensors & bioelectronics* 16 6 (2001): 417-23.
30. I. Petrova, V. Zaripova, Y. Lezhnina, I. Mitchenko and V. Sokolskiy, "Conceptual design of biosensors," 2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), Corfu, 2015, pp. 1-6. doi: 10.1109/IISA.2015.7388016
31. Zaripova V.M., Petrova I.Y. (2017) System of Automated Design of Biosensors. In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science*, vol 754. Springer, Cham

© В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова, Ю. А. Лежнина

**Ссылка для цитирования:**

В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова, Ю. А. Лежнина. Системы обеспечения качества жизни в умном городе // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 127–135.

УДК 004.652.4, 004.043

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА**

**Е. М. Евсина<sup>1</sup>, Т. В. Хоменко<sup>1</sup>, Н. В. Золотарева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия*

<sup>2</sup>*Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия*

Предлагается математическая модель для сравнения сконструированных устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов, позволяющая выполнить оценку и выбор технического решения, при различных теоретических платформах моделей движения аэродинамических потоков в системах подачи воздуха в замкнутом и открытом пространствах. Техническое решение рассматривается как модель принципа действия конструируемого устройства, согласно соответствующей математической модели. Совокупность конструируемых устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов определяет множество технических решений. Техническое задание на выбор определяется системой факторов, научно-технической результативности. Каждое техническое решение оценивается в заданной системой факторов. Проверка факторов в отношении технических решений включает в себя: выявление самого близкого аналога; определение признаков, отличающих заявленное техническое решение от самого близкого аналога; установление решений, которые имеют признаки, совпадающие со всеми отличительными признаками технических решений; разность дат публикаций между патентами и их ссылками. Проводимый анализ научно-технического эффекта решений состоит в сопоставлении их преимуществ и недостатков с «базовыми решениями» на основе оценок «лучше – хуже», «выше – ниже», «больше – меньше» и так далее.

**Ключевые слова:** математическая модель, оценка и выбор технического решения, системы очистки воздуха.

**MATHEMATICAL MODELING OF EVALUATION AND THE CHOICE OF TECHNICAL SOLUTIONS IN AIR PURIFICATION SYSTEMS**

**E. M. Evsina<sup>1</sup>, T. V. Khomenko<sup>1</sup>, N. V. Zolotareva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Astrakhan state University of architecture and civil engineering, Astrakhan, Russia*

<sup>2</sup>*Astrakhan state University, Astrakhan, Russia*

A mathematical model is proposed for comparing the designed devices for purifying atmospheric air from toxicants, which makes it possible to evaluate and select a technical solution for various theoretical platforms of models for the movement of aerodynamic flows in air supply systems in closed and open spaces. The technical solution is considered as a model of the principle of action of the designed device, according to the corresponding mathematical model. The set of designed devices for purifying atmospheric air from toxicants determines many technical solutions. The technical task of choice is determined by a system of factors, scientific and technical effectiveness. Each technical solution is evaluated in a given system of factors. Verification of factors in relation to technical solutions includes: identification of the closest analogue; determination of the features that distinguish the claimed technical solution from the closest analogue; establishment of solutions that have features that coincide with all the distinctive features of technical solutions; the difference in publication dates between patents and their references. The analysis of the scientific and technical effect of the solutions consists in comparing their advantages and disadvantages with the "basic solutions" based on the ratings "better - worse", "higher - lower", "more - less" and so on.

**Keywords:** mathematical model, evaluation and selection of technical solutions, air purification systems.

## Введение

Состояние вопросов, связанных с реализацией на практике различных моделей аэродинамических потоков при очистке атмосферного воздуха промышленных предприятий и жилых массивов, неоднозначно. Имеются отдельные математические модели, описывающие потоки пылегазовых смесей в шахтах, угольных карьерах, в различных замкнутых пространствах, например, в подводных лодках или космических аппаратах.

В большинстве случаев, в качестве математической модели процессов циркуляции воздуха рассматриваются модели потоков: 1) газ проходит через слой жидкости (сорбция диоксида серы суспензией гидроксида кальция), 2) потоки углекислого газа проходят через гранулы специально приготовленных сорбентов (гранулы размерами от 5 до 15 мм в диаметре, покрытые пироксидами натрия или бария).

В других случаях предлагаются математические модели: 1) работы абсорберов, поглощающие небольшое число токсикантов, 2) процессов регенерации воздуха.

Все рассмотренные математические модели описывают этапы прохождения воздушных потоков через очистители, при этом, изменение скорости и направления потоков, импульсная подача очищаемых потоков не учитывают, смешивание подаваемого воздуха и токсичных газов не предусматривают.

В работе [1, с. 13–16] предложена математическая модель движения аэродинамических потоков в системах подачи воздуха в замкнутом и открытом пространствах, которая устраняет указанные недостатки, с одной стороны, и позволяет определить выходные параметры воздуха: температуру и расход воздуха, с другой стороны.

## Основная часть

### Постановка задачи

Не смотря на различные подходы к моделированию процесса адсорбции, диффузии и хемосорбции, каждая из представленных математических моделей является теоретической основой разработки устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов, поскольку позволяют определить те или иные параметры для конструирования воздухоочистительных систем.

Для сравнения сконструированных устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов,

необходима математическая модель, позволяющая выполнить оценку и выбор технического решения, при различных теоретических платформах моделей движения аэродинамических потоков в системах подачи воздуха в замкнутом и открытом пространствах.

Пусть техническое решение (ТР) рассматривается как модель принципа действия ( $M_{np.d.}$ ) конструируемого устройства, согласно соответствующей математической модели:  

$$ТР := \langle M_{np.d.}^{Tez\beta} \rangle, \text{ причём } Tez\beta' \neq Tez\beta''.$$

Совокупность  $M_{np.d.}$  конструируемых устройств очистки атмосферного воздуха от токсикантов определяет множество технических решений:  

$$A = \{A_q\}, q = \overline{1, q'}.$$

Техническое задание на выбор  $TЗ_B$  определяется системой факторов  $\Phi = \{\phi_r\}, r = \overline{1, r'}$ , научно-технической результативности:  $TT := \langle \Phi \rangle,$

Каждое техническое решение из  $A$  оценивается в заданной системой факторов  $\Phi = \{\phi_r\}.$

Необходимо, на множестве технических решений  $A$ , согласно системе факторов  $\Phi = \{\phi_r\}$  научно-технической результативности (НТР):

1) сформировать множество технических решений  $A_{C \rightarrow \phi} = \{A_{cq}\},$  эффективных с позиции НТР,

2) выбрать техническое решение  $A_{cq},$  наиболее удовлетворяющее требованиям ЛПР и техническому уровню.

### Методы и результаты исследования

Для оценки устройств очистки аэродинамических потоков над промышленными ваннами используется математический аппарат расчёта достижений научного, технического или научно-технического эффекта, который, является результатом научно-исследовательской работы [1–8]. Итоговая оценка результата зависит от вида исследования и цели, когда в качестве критерия эффективности назначается один из перечисленных эффектов, прочие, прилагаются в качестве дополнительных параметров. Для оценки результатов выбора технического решения используется научно-технический эффект.

Научно-технический эффект как критерий эффективности характеризует возможность ис-

пользования полученных результатов в других работах, обеспечивая информацией для создания нового объекта и позволяет производить количественную оценку полученных результатов сопоставлением отобранных решений уровню техники и анализа их научно-технической результативности.

Уровень техники – совокупность всех сведений, полученных из различных источников информации, ставших общедоступными до даты приоритета изобретения. Опубликованные сведения являются общедоступными, когда они посредством печати, телевидения, радиовещания и др. источников информации доведены до общественности на определенную дату.

Проверка факторов в отношении технических решений включает в себя:

- а. выявление самого близкого аналога;
- б. определение признаков, отличающих заявленное техническое решение от самого близкого аналога;
- с. установление решений, которые имеют признаки, совпадающие со всеми отличительными признаками технических решений;
- д. разность дат публикаций между патентами и их ссылками.

Проводимый анализ научно-технического эффекта решений состоит в сопоставлении их преимуществ и недостатков с «базовыми решениями» на основе оценок «лучше – хуже», «выше – ниже», «больше – меньше» и так далее.

Оценка научно-технической результативности выбранного решения производится с помощью коэффициентов  $K_{НТР}$ ,  $KЗ$ ,  $KД$ , отражающих, соответственно, научно-техническую результативность, значимость фактора  $k$ , достигнутый уровень фактора  $k$ , число факторов научно-технической результативности (НТР):

$$K_{НТР} = \sum_{k=1}^{k'} KЗ_k \cdot KД_k \cdot$$

Для каждого фактора числовые значения  $KЗ$  и  $KД$  определяются экспертным путём. Суммарное значение  $KД$  по всем  $k$  факторам должно быть равным единице. Наибольшее значение  $K_{НТР}$  должно быть равным единице. Чем дальше значение  $K_{НТР}$  от единицы, тем хуже результат НТР.

Конкретные значения коэффициент значимости  $KЗ$  и коэффициент достигнутого уровня  $KД$  устанавливаются на основе опыта и знаний экспертов.

Роль ЛПР состоит в формулировании  $k$  факторов  $\phi_k$ , оценке технического решения  $A_q$  ( $q = \overline{1, q'}$ ) с позиции научно-технической результативности в системе факторов  $\Phi = \{\phi_k\}$  ( $k = \overline{1, k'}$ ) как множество передаваемой инфор-

мации о выполнении  $j$ -ой локальной цели научно-технической результативности, при которых  $A_q \in A$  имеет баллы, что суммарная оценка  $F_{A_q}$  определяет степень её достижения. Тем самым формируется множество технических решений  $A_{с-эф.} = \{A_{сq}\}$ , эффективных с позиции НТР.

Для «ухода» от субъективизма при сравнении экспертами технических решений, процесс выбора сопровождается оценкой сценария через коэффициенты эмерджентности Хартли и эмерджентности Харкевича [9-14].

Для формирования множества технических решений:  $A = \{A_q\}$  ( $q = \overline{1, q'}$ ) рассмотрим  $ТР := A_1 \in A$  – практическая реализация математической модели очистки атмосферного воздуха от токсикантов с использованием кипящего слоя сорбента, которая представлена в виде устройства для очистки аэродинамических потоков над промышленными ваннами (рис. 1).

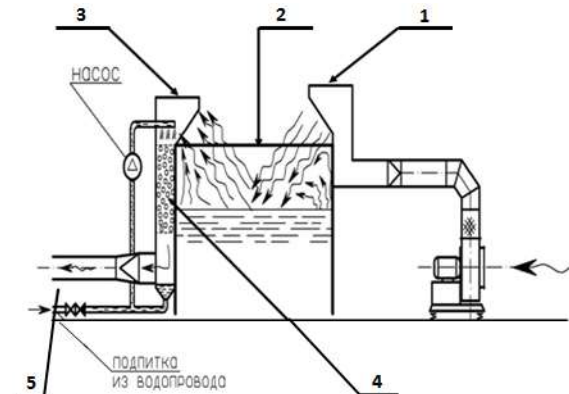


Рис. 1. Схема устройства очистки аэродинамических потоков над промышленными ваннами

На вход (1) в первый элемент подается поток воздуха, который характеризуется набором признаков  $[X_0]_1 = \begin{bmatrix} t_1 \\ G_1 \end{bmatrix}$ , индекс «0» внутри квадратных скобок указывает на входные параметры, индекс «1» за квадратными скобками относится к номеру ступени.

Процесс (2) теплообмена, массообмена или их совместное протекание описывается матрицей  $\mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$ , где

$$b_{11} = \frac{a_1}{a_2} + \exp(-(a_1 + a_2)x) \quad b_{12} = 1 - \exp(-(a_1 + a_2)x)$$

$$b_{21} = \frac{a_2}{a_1} (1 - \exp(-(a_1 + a_2)x)) \quad b_{22} = (1 + \frac{a_2}{a_1} \exp(-(a_1 + a_2)x))$$

$a_1 = \frac{Lk}{c_1 G_1}$  и  $a_2 = \frac{Lk}{c_2 G_2}$  – коэффициенты пропорциональности,  $k$  – коэффициент теплопередачи,  $c$  – удельная теплоемкость,  $G$  – расход,  $t$  – температура теплоносителя,  $L$  – характерная ширина



теплообмена,  $x$  – координата, определяющая поверхность теплообмена.

Произведение матрицы  $\mathbf{B}$  на вектор входных параметров позволяет определить выходные параметры ступени  $[\mathbf{X}]_1 = \mathbf{B}_1[\mathbf{X}_0]_1$ .

Для указания (3) направления движения потока после ступени сформируем матрицу коммутации  $\mathbf{K}_{11}$ , элементы которой показывают доли потока из первой ступени в  $i$ -ую ступень. Матричное произведение  $\mathbf{K}_{11}\mathbf{B}_1[\mathbf{X}_0]_1$  определяет параметры потока, подаваемого первым элементом в  $i$ -ый элемент.

В кипящем слое (4) скорость реакции определяется через  $R^*$  и  $D$ . Объединенная математическая модель процессов: адсорбции, диффузии и хемосорбции имеет вид:

$$K_3 = 4 \cdot \pi \cdot R^* \cdot D \cdot N_A$$

Таким образом, выходные параметры (5) ступени (температура и расход воздуха) опи-

сываются формулой:

$$[\mathbf{X}]_1 = \mathbf{B}_1[\mathbf{X}_0]_1,$$

$$[\mathbf{X}]_{\text{вых}} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t_1 \\ G_1 \end{pmatrix}.$$

Совокупность практических реализаций соответствующих математических моделей очистки атмосферного воздуха от токсикантов образуют множество технических решений:

$$A = \{A_q\}, q = \overline{1, q'}.$$

Для формирования множества технических решений  $A_{C-эф.} = \{A_{cq}\}$ , эффективных с позиции НТР выполним оценку  $TP := A_1 \in A$ , схема которого представлена на рисунке 1:

1. определим значение коэффициента достигнутого уровня  $KД$  и значимости  $KЗ$  по каждому фактору согласно данным таблицы 1;

Таблица 1

Данные для определения коэффициентов

Фактор НТР	Значимость фактора $KЗ$	Значение $k$ -го фактора	Характеристики факторов	Достигнутый уровень $KД$
фактор $\phi 1 = \langle \text{новизны ТР} \rangle$	0,4	высокий	ТР еще не известно из существующего уровня техники (совершенно новый результат, создание новых теорий, открытия новых закономерностей)	1,0
		средний	совокупность существенных признаков ТР, влияющие на достигаемый результат, неизвестные из уровня техники (отдельная общая закономерность, общий метод или способ, которые позволяют основать совершенно новый продукт)	0,7
		относительный	на базе обобщения анализа результатов факторов получены положительные решения	0,3
фактор $\phi 2 = \langle \text{глубины научных проработок} \rangle$	0,6	высокий	из уровня техники данное ТР не следует	1,0
		средний	обнаружены решения, которые имеют признаки, совмещающиеся с отличительными признаками других ТР	0,7
		относительный	выполнение расчетов на небольшом объеме экспериментальных данных	0,3
ф3 = $\langle \text{промышленная применимость} \rangle$	0,5	первостепенный	ТР может быть использовано в различных отраслях деятельности и научных направлениях, способно обеспечить достижение технического результата	1,0
		важный	ТР является осуществимым, отражены конкретные средства, достаточные для его воплощения в жизнь	0,7
		полезный	использование результатов при разработке новых ТР	0,3
ф4 = $\langle \text{масштаб реализации результатов} \rangle$	0,3	большой	реализация ТР влияет на (внутренний/ внешний) рынок: финансовых, продуктов и услуг, труда и т.д.	1,0
		средний	реализация ТР влияет на развитие отрасли	0,7
		относительный	реализация ТР влияет на развитие предприятия, фирмы и т.д.	0,3

2. рассчитаем минимальное и максимальное значение коэффициента достигнутого

уровня  $KД$  и коэффициента значимости  $KЗ$  по каждому фактору;

3. вычислим суммарную оценку нтр о техническом решении;

4. обработанные экспертные данные об оценочных состояниях научно-технического эффекта по каждому техническому решению  $TP := A_q \in A$  ( $q = \overline{1, q'}$ ) сгруппируем в блочную

матрицу оценок  $k$  ( $k = \overline{k'', \hat{k}}$ ), которая характеризует выполнение условий  $\phi$  достижения  $j$ -ой локальной цели.

Тем самым множество  $A$  переводится во множество решений  $A_{C-\text{эф}}$ :

$$\Phi : A \rightarrow A_{C-\text{эф}} \text{ с оценкой } u_r \in U.$$

Для выбора технического решения  $A_{Cq} \in A_{C-\text{эф}}$  ( $q = \overline{1, q''}$ ), наиболее удовлетворяющего требованиям ЛПР и техническому уровню:

1) по каждому ТР определим минимальное и максимальное количество информации  ${}^i I_k = \log_2 u_k c_q$ ,  ${}^i I_k = \log_2 u_k c_q$  по коэффициентам значимости  $KЗ$  и достигнутого  $KД$  уровня  $k$ -го фактора;

2) по каждому ТР вычислим суммарное количество текущей  ${}^j W$ , минимальной  $\underline{W} := I_{\min}$ , максимальной  $\overline{W} := I_{\max}$  информации по итерациям по каждому ТР:

$$\underline{W} := I_{\min \text{ НТР}} = \sum_{i=1}^w I_{\min KЗ}^i \cdot I_{\min KД}^i;$$

$$\overline{W} := I_{\max \text{ НТР}} = \sum_{i=1}^w I_{\max KЗ}^i \cdot I_{\max KД}^i;$$

3) по каждому ТР находим суммарное количество информации по проведённым итерациям как оценочка научно-технической

$$\text{результативности: } I_{ij} = \sum_{l=1}^r I_{ij}^l;$$

Выбирается техническое решение с наибольшей оценкой научно-технической ре-

зультативности. Тем самым на множестве решений  $A_{C-\text{эф}}$  фиксируется техническое решение с наибольшей оценкой научно-технической результативности  $u_r \in U$ :

$$\Phi : A_{C-\text{эф}} \rightarrow A_{Cq}^0.$$

Для анализа полученного результата:

1. Вычислим  $\varphi$  - коэффициент эмерджентности Хартли, как уровень системной организации при анализе технического решения:

$$\varphi = \log_2 \sum_{m=1}^w W_m / \log_2 \underline{W};$$

$$(\varphi \rightarrow (\log_2 \overline{W} / \log_2 \underline{W}) = 0,04,$$

$$\text{то есть } \varphi \rightarrow (\log_2 \overline{W} / \log_2 \underline{W}));$$

2. Вычислим  $\psi$  - коэффициент эмерджентности Харкевича, как степень недетерминированности объекта при анализе технического решения с уровнем системной организации  $\varphi$  восприятия информации, о чем в модели накоплено  $N$  фактов:

$$\psi = \log_2 \underline{W}^\varphi / \log_2 N;$$

$$(\psi = \log_2 \overline{W}^\varphi / \log_2 N = 0,05, \text{ то есть } \psi \rightarrow 0)$$

3. Делаем вывод: поскольку:  $\langle \varphi \rightarrow (\log_2 \overline{W} / \log_2 \underline{W}); \psi \rightarrow 0 \rangle$ , то рассуждения считаются верными [9-14].

Условием повторного анализа технического решения в заданной системе факторов является существование коэффициентов:  $\varphi \rightarrow 0$ ,  $\psi \rightarrow 1$  при  ${}^j W \rightarrow \underline{W}$ , тогда выполняется переход на  $\Delta_j$  локальную цель. Если оценки на последующих шагах не меняют своих значений  $\varphi^n = \varphi^{n+1}$ ,  $\psi^n = \psi^{n+1}$ ,  $n \in N$ , то вектор оценок сценария фиксируется.

Алгоритм метода оценки и выбора ТР с позиции НТР представляется в виде сетевой схемы (рис. 2).

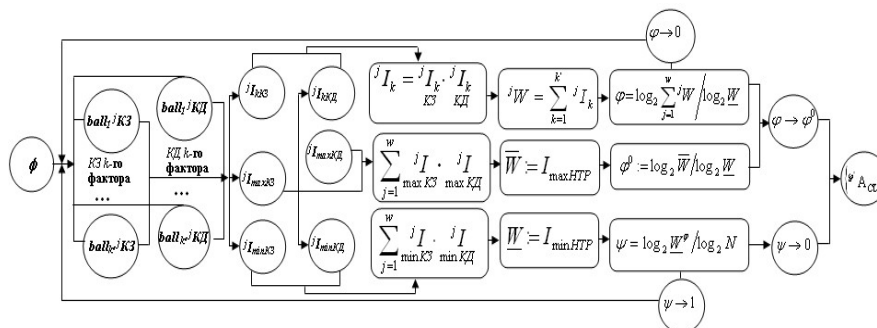


Рис. 2. Сетевая схема оценки и выбора ТР

Фрагмент иллюстрации инженерной методики расчета оценки и выбора технического

решения, эффективного с позиции НТР представлен на рисунке 3.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	факторы НТР	Δ1			Δ2			Δ3			Δ4			Δ5			Δ6			
2		$r_{кз}^1$	$r_{кд}^1$	$r_{кз}^1 r_{кд}^1$	$r_{кз}^2$	$r_{кд}^2$	$r_{кз}^2 r_{кд}^2$	$r_{кз}^3$	$r_{кд}^3$	$r_{кз}^3 r_{кд}^3$	$r_{кз}^4$	$r_{кд}^4$	$r_{кз}^4 r_{кд}^4$	$r_{кз}^5$	$r_{кд}^5$	$r_{кз}^5 r_{кд}^5$	$r_{кз}^6$	$r_{кд}^6$	$r_{кз}^6 r_{кд}^6$	
3	ф1	глубина научной проработки новизна полученных результатов	0,3169	0,1643	0,0521	0,2639	0,1093	0,0288	0,2594	0,1364	0,0354	0,3001	0,1353	0,0406	0,2499	0,1332	0,0333	0,2932	0,1631	0,0478
4	ф2	завершенность исследовательской проработки перспективность использования результатов	0,2139	0,0976	0,0209	0,1982	0,0762	0,0151	0,1264	0,0786	0,0099	0,2882	0,1145	0,0330	0,2128	0,1126	0,0240	0,1201	0,0952	0,0114
5	ф3	степень вероятности реализации результата масштабность возможности реализации результата	0,3250	0,1598	0,0519	0,2587	0,0998	0,0258	0,3105	0,1702	0,0528	0,2731	0,1161	0,0317	0,2711	0,1308	0,0355	0,2495	0,1116	0,0278
6	ф4		0,3168	0,0708	0,0224	0,2964	0,0881	0,0261	0,1638	0,0558	0,0091	0,2944	0,1221	0,0359	0,2846	0,1318	0,0375	0,2583	0,1266	0,0327
7	ф5		0,2654	0,0532	0,0141	0,2054	0,0784	0,0161	0,1241	0,0511	0,0063	0,2055	0,1007	0,0207	0,2845	0,1292	0,0368	0,0654	0,0227	0,0015
8	ф6		0,1113	0,0577	0,0064	0,0813	0,0788	0,0064	0,0352	0,0232	0,0008	0,1315	0,0913	0,0120	0,0841	0,0801	0,0067	0,0731	0,0583	0,0043
9			Σ=		0,1678			0,1184			0,1145			0,1740		0,1737			0,1255	
10																				
11			Σ=	0,8739		φ=0,03		ψ=0,05												

Рис. 3. Иллюстрация инженерной методики расчета

**Заключение**

При анализе технических решений с оценкой позиции НТР  $A_{C_q} \in A_{C-\text{эф}}$ :

1) вычисляя коэффициент эмерджентности Хартли  $\phi$ , получаем:

$$\phi = 0,04, \text{ то есть, } \phi \rightarrow (\log_2 \bar{W} / \log_2 W);$$

2) вычисляя коэффициент эмерджентности Харкевича  $\psi$  с уровнем системной организации  $\phi$  восприятия информации, о чем в модели накоплено N фактов, получаем:

$$\psi = \log_2 \bar{W}^\phi / \log_2 N = 0,05, \text{ то есть, } \psi \rightarrow 0;$$

Поскольку:  $\phi \rightarrow (\log_2 \bar{W} / \log_2 W)$  и  $\psi \rightarrow 0$  делаем вывод: то рассуждения считаются верными.

Предложенная математическая модель, включающая метод коэффициентов эмерджентности позволяет выполнить «уход» от субъективизма при сравнении экспертами технических решений и применять данный метод на ранних этапах проектирования технических объектов.

**Список литературы**

- Евсина Е.М., Алыков Н.М. Математические модели процессов в адсорберах воздухоочистительных сооружений // Инженерная физика. 2007. № 4. С. 13-16.
- Евсина Е.М. Расчет параметров кипящего слоя в абсорбере воздухоочистительной системы // Инженерная физика. 2007. № 4. С. 62-63.
- Евсина Е.М. Новый сорбционно – фильтрующий материал для очистки атмосферного воздуха рабочей зоны промышленных предприятий и в жилых помещениях // Экологические системы и приборы. 2007. № 10. С. 35 – 36.
- Евсина Е.М., Алыков Н.М. Объединенная математическая модель процессов диффузии, сорбции и химической кинетики для описания процессов хемосорбции // Экологические системы и приборы. 2007. № 10. С. 55 – 56.
- Евсина Е.М., Алыков Н.М. Моделирование математической и физической картины аэродинамических процессов регулируемых воздушных потоков при создании воздухоочистительных систем // Экологические системы и приборы. 2008. № 3. С. 36 – 38.
- Евсина Е.М. Обзор различных вариантов математического моделирования аэродинамики воздушных потоков // Естественные науки. №4. 2008. С. 124 – 130.
- Золотарева Н.В., Евсина Е.М. Математическая модель поиска активных центров в структуре взаимодействия белков с малыми молекулами SO2, H2S, NO2, NH3 // Современная наука: актуальные проблемы науки и практики. Серия: естественные и технические науки. №3. 2019. С.69-74.
- Золотарева Н.В., Евсина Е.М. Реализация математической модели поиска схожих признаков и установление активных центров в структуре взаимодействия белков с малыми молекулами SO2, H2S, NO2, NH3 // Современная наука: актуальные проблемы науки и практики. Серия: естественные и технические науки. №5. 2019. С. 54-60.
- Хоменко Т.В. Методика построения пространства знаний методов проектирования технических систем // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. № 6 (133). С. 114-118.
- Хоменко Т.В. Обобщенная математическая модель формирования критерия оценивания для решения задачи выбора технических решений // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2013. Т. 19. № 2. С. 271-277.
- Хоменко Т.В. Формирование критерия оценивания решений при поисковом конструировании ФПД ЧЭ // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2012. № 15 (102). С. 136-141.
- Хоменко Т.В. Универсальное представление предметных задач поискового конструирования ФПД ЧЭ // Информатизация и связь. 2012. № 5. С. 134-136.
- Хоменко Т.В., Васильева Т.В. Анализ ранжирования вариантов технических решений при деаэризации значений эксплуатационных характеристик // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2012. № 1 (17). С. 158-164.
- Хоменко Т.В. Постановка задач принятия решений в нечеткой среде для автоматизированных систем синтеза новых технических решений // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2007. № 4 (39). С. 257-259.

© Е. М. Евсина, Т. В. Хоменко, Н. В. Золотарева

**Ссылка для цитирования:**

Е. М. Евсина, Т. В. Хоменко, Н. В. Золотарева. Математическое моделирование оценки и выбора технического решения в системах очистки воздуха // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 135–140.