

УДК 658.386.012.2:621.643

## МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПО ПОЖАРНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Хафизов Ильдар Фанилевич<sup>1</sup>, Озден Инна Владимировна<sup>1</sup>, Кандалов Алексей Сергеевич<sup>2</sup>, Шевченко Дмитрий Иванович<sup>3</sup>, Мелюсева Ирина Анатольевна<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup> Газпром ОНУТЦ, г. Калининград, Российская Федерация

<sup>3</sup> НПП «Автоматизация технологических процессов», г. Уфа, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье предлагается комплексная методика повышения интенсивности и эффективности подготовки специалистов трубопроводного транспорта. В основе методики лежит объективная экономическая оценка использования учебного времени и обучающих технических устройств, среди которых тренажеры. В основе исследования лежит разработанная интервальная модель, позволяющая определять величину удельного предотвращенного ущерба и удельную стоимость обучения. Данная модель дает возможность точно определять оптимальную продолжительность курсов, согласовывая ее с заданными ресурсными ограничениями.

Для формирования итогового учебного плана предлагается инновационный алгоритм «селектора максимума». Этот алгоритм поэтапно отбирает учебные мероприятия на основе критерия максимизации соотношения предотвращенного риска к затратам на обучение. Практическая апробация методики продемонстрирована на примере распределения восьмидесяти учебных часов. Расчеты наглядно показывают, как из плана исключаются экономически неэффективные виды занятий, а освободившийся ресурс перераспределяется в пользу тренингов с наибольшим удельным эффектом. На основе методики даны практические рекомендации по аудиту существующих тренажеров и обоснованию инвестиций в их модернизацию или разработку новых средств обучения. Результаты исследования представляют практическую ценность для компаний трубопроводного транспорта, заинтересованных в оптимизации бюджетов на обучение и максимизации экономического эффекта от подготовки своего оперативного персонала.

**Ключевые слова:** методика обучения, тренажеры, трубопроводный транспорт, интенсивность подготовки, оценка эффективности, оптимизация учебного времени, предотвращенный ущерб

**Для цитирования:** Методика повышения эффективности обучения по пожарной и промышленной безопасности для специалистов трубопроводного транспорта / И. Ф. Хафизов [и др.] // Техносферная безопасность. 2026. № 2 (51). С. 88–96.

# METHODOLOGY FOR INCREASING THE EFFECTIVENESS OF FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY TRAINING FOR PIPELINE TRANSPORT SPECIALISTS

Ildar F. Khafizov<sup>1</sup>, Inna V. Ozden<sup>1</sup>, Aleksei S. Kandalov<sup>2</sup>, Dmitrii I. Shevchenko<sup>3</sup>, Irina. A. Melyuseva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup> GAZPROM's Training Simulator Computer Center, Kaliningrad, Russian Federation

<sup>3</sup> NPP "Automation of Technological Processes", Ufa, Russian Federation

**Abstract.** This article proposes a comprehensive methodology for increasing the intensity and effectiveness of pipeline specialist training. The methodology is based on an objective economic assessment of the use of training time and technical training aids, such as simulators. The core of the research is a developed interval model that allows for evaluating the specific prevented damage and the specific cost of training. This model enables the precise determination of the optimal course duration, aligning it with given resource constraints.

An innovative "maximum selector" algorithm is proposed for forming the final curriculum. This algorithm sequentially selects training activities by maximizing the ratio of prevented risk to training costs. The practical application of the methodology is demonstrated using the example of allocating eighty training hours. The calculations clearly demonstrate how cost-ineffective activities are excluded from the plan, the freed-up resources are redistributed in favor of trainings with the greatest specific impact.

The methodology provides practical recommendations for auditing existing simulators and justifying investments in their modernization or the development of new training tools. The study's results are of practical value to pipeline transportation companies interested in optimizing training budgets and maximizing the economic impact of training their operational personnel.

**Keywords:** training methodology, simulators, pipeline transport, training intensity, efficiency assessment, optimization of instructional time, prevented damage

**For citation:** Methodology for Increasing the Effectiveness of Fire and Industrial Safety Training for Pipeline Transport Specialists / I. F. Khafizov et al. // Technosphere safety. 2026. No. 2 (51). P. 88–96.

## Введение

Управление объектами ТЭК в условиях повышенного износа оборудования увеличивает нагрузку на операторов и диспетчеров [1–4]. Подготовка кадров затруднена ограниченностью ресурсов: малой плотностью населения на больших территориях, дефицитом финансовых и временных ресурсов.

Единственным решением является интенсификация процесса обучения с постоянной верификацией уровня подготовки и объективной оценкой эффективности обучающих методик [5, 6]. Тем не менее в настоящий момент имеется определенный дефицит объективных методик построения наиболее эффективных курсов обучения и объективной оценки самого процесса обучения [7, 8].

### Результаты и их обсуждение

В настоящий момент при обучении специалистов трубопроводного транспорта используются эффективные технические средства обучения, в частности, тренажеры. При использовании таких тренажеров можно не только проводить эффективные тренинги, но и объективно оценивать уровень подготовки и самого процесса обучения по количеству ошибок, совершаемых обучаемым в процессе выполнения тестовых заданий. В основе предлагаемого подхода лежит применение высокоэффективных тренажеров. Введем формальную модель эффективности трена-

жерной подготовки. Систематическое исключение инцидентов  $Y_i$  в ходе контрольных испытаний после прохождения обучающего модуля (тренинга)  $X_i$  значительно снижает вероятность аналогичных событий на реальных объектах в период между подготовками. Основная цель обучения — предупредить возникновение инцидентов определенного типа путем системной подготовки операторов, которым предстоит работать на объектах трубопроводного транспорта. Обучение проводится для группы из  $M$  операторов, распределяемых по  $N$  объектам. Тогда величина предотвращенного ущерба  $R_i$  для инцидента типа  $Y_i$  определяется как:

$$R_i = D_i \cdot N, \quad (1)$$

где  $D_i$  — усредненный ущерб от одного инцидента  $Y_i$ .

Тогда полную стоимость часа обучения  $S_i$  можно вычислить как:

$$S_i = C_1 + C_2 + C_3, \quad (2)$$

где:

$C_1$  — стоимость часовой ставки обучаемого оператора;

$C_2$  — усредненная стоимость тренинга (без учета оборудования);

$C_3$  — амортизационная стоимость использования учебного оборудования за час.

Для нормированной оценки введем удельные величины предотвращенного ущерба и стоимости тренинга. Соотношение  $R_{уд_i}$  и  $S_{уд_i}$  позволяет количественно оценить рентабельность тренинга  $X_i$  (рис. 1).

Эффективность образовательного процесса в целом может быть оценена путем вычитания удельных затрат на него из удельного объема предотвращенного вреда. Следует учитывать, что группа обучающихся неоднородна, что отражается на результативности учебного процесса. Длительность тренинга является недетерминированной величиной, что обуславливает применение интервального подхода к оценке параметров обучения. Метод опи-

сывает зависимость, где при увеличении длительности тренинга общий ущерб систематически снижается — от начального уровня (при минимальной продолжительности) до полного исчезновения (при максимальной продолжительности). Когда даже наименее успешные слушатели перестают делать ошибки, устанавливается значение, равное нулю (рис. 2). Последующее обучение в такой ситуации экономически неоправданно, так как не ведет к улучшению результатов, а приводит лишь к избыточным издержкам. Оптимальная длительность тренинга достигается из условия равенства удельных величин  $R_{уд_i}$  и  $S_{уд_i}$ .

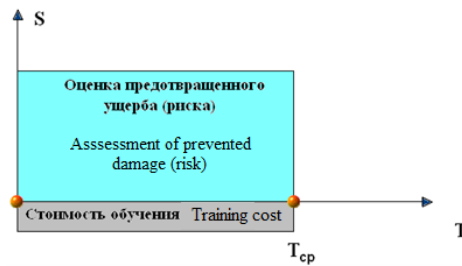


Рис. 1. Зависимость стоимости тренинга от его продолжительности  
 Fig. 1. The dependence of the cost of training on its duration

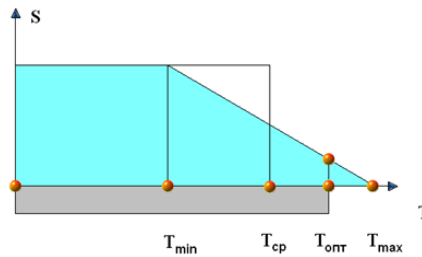


Рис. 2. Интервальная зависимость стоимости тренинга от его продолжительности  
 Fig. 2. The interval dependence of the cost of training on its duration

Предлагается методология рационального ранжирования образовательных ресурсов (времени и средств), ориентированная на максимизацию критерия эффективности, состоящая из нескольких этапов.

Этап 1 — категоризация и параметризация занятий. Рассмотрим все типы занятий  $i$ , которые включают в себя теорию, практику и тренинги. Для каждого из занятия сформируем оценки эффективности как на рис. 1. Далее рассчитаем два показателя: первый — потенциальный предотвращенный ущерб, второй — удельную стоимость тренинга. Расчет выполним на основании ранее представленной методики.

Этап 2 — дискретизация временных ресурсов. Декомпозируем каждый вид занятия на часовые сегменты, где получим в итоге набор числовых показателей, отражающих во временных интервалах эффективность.

Этап 3 — алгоритм селекции оптимальных пар. Для отбора комбинации наиболее рентабельных параметров введем вычислительную процедуру, которая представляет собой итерационный алгоритм. На каждой итерации алгоритм, ориентируясь на соот-

ношение величин, выбирает максимальные значения  $R_{уд_i}$  и  $S_{уд_i}$ , которые должны быть неотрицательными, и добавляет в оптимальное множество  $j$ , после чего удаляет пару из множества интервальных оценок. Далее повторяет процедуру для следующего шага.

Для всех тренингов формируется оптимальный набор занятий (рис. 3). Затем проводим ограничение множества, используя для этого предельно допустимую продолжительность тренингов или максимально допустимую стоимость на обучение. В итоге мы можем сформировать детализированную программу с указанным в ней количеством часов для каждого вида тренинга. При разработке прикладных учебных программ, когда количество часов по какому либо виду занятий меньше минимально допустимого времени  $T_{min}$ , возможно либо полностью исключить эти часы из плана, либо перераспределить нагрузку, сократив часы по другому виду тренинга в пределах допустимого. Такие подробные графики показывают, насколько продуктивно задействуются технические средства и тренажеры. Кроме того, появляется база для решения вопросов

модернизации существующего оборудования или создания новых обучающих инструментов. Ключевым индикатором здесь выступает совокупный объем часов использования средств в рамках оптимальных планов. Если этот показатель оказывается низким, это сигнализирует о неэффективно-

сти применяемого оборудования. На основании полученных данных допустимо сделать предварительную оценку целесообразности модернизации или разработки инновационных технических средств обучения. Такой анализ дает общее представление о необходимости подобных мероприятий.

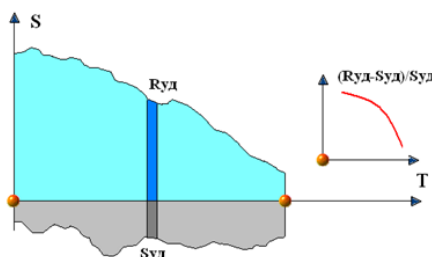


Рис. 3. Оптимальное множество для оценки эффективности занятий  
 Fig. 3. Optimal set for assessing the effectiveness of classes

Пусть перед нами стоит задача проектирования тренинга. Объектом обучения являются операторы нефтеперекачивающих станций и диспетчеры. Распределим для этого восемьдесят часов на программу, состоящую из девяти тренировочных модулей, где каждый модуль нацелен на отработку стандартных операционных процедур и профилактику инцидентов и аварий. Вычислим среднее время тренинга как

разность максимального и минимального затраченного времени, деленная на два. Величина удельного ущерба коррелирует с затраченным учебным временем, цена которого варьируется в зависимости от технической сложности используемого оборудования и ресурсоемкости самого тренинга. Начальные значения представлены в табл. 1.

Результаты применения указанной методики отражены в табл. 2.

**Таблица 1**  
**Начальные значения**  
 Table 1  
 Initial values

Наименование Title	Код Code	Удельный ущерб, руб. Specific damage, rub	$T_{min}'$ , мин $T_{min}'$ , min	$T_{max}'$ , мин $T_{max}'$ , max	Стоимость часа обучения, руб. Training cost per hour, rub
Занятие вида 1 Training type 1	A1	30 000,00	8	16	2 500,00
Занятие вида 2 Training type 2	A2	65 000,00	16	24	4 500,00
Занятие вида 3 Training type 3	A3	20 000,00	4	16	3 500,00
Занятие вида 4 Training type 4	A4	70 000,00	8	24	6 500,00
Занятие вида 5 Training type 5	A5	15 000,00	4	8	2 500,00

Окончание таблицы 1

Наименование Title	Код Code	Удельный ущерб, руб. Specific damage, rub	$T_{\min}$ , мин $T_{\min}$ , min	$T_{\max}$ , мин $T_{\max}$ , max	Стоимость часа обучения, руб. Training cost per hour, rub
Занятие вида 6 Training type 6	A6	35 000,00	8	16	2 500,00
Занятие вида 7 Training type 7	A7	28 000,00	4	12	2 500,00
Занятие вида 8 Training type 8	A8	10 000,00	4	8	1 500,00
Занятие вида 9 Training type 9	A9	75 000,00	12	18	4 500,00

**Таблица 2**  
**Вычисленные показатели**

Table 2  
Calculation values

Наименование Title	Код Code	Удельный ущерб, руб. Specific damage, rub	Рекомендуемый объем занятий, ч, мин Recommended amount of classes, h, min	Стоимость часа, руб. Cost per hour, rub	Затраты на обучение, руб. Training costs, rub	Оценка предотвращенного ущерба, руб. Assessment of prevented damage, rub
Занятие вида 1 Training type 1	A1	30 000	12 ч 03 мин	2 500	29 073,54	295 110,2
Занятие вида 2 Training type 2	A2	65 000	20 ч 25 мин	4 500	91 103,57	1 151 622,33
Занятие вида 3 Training type 3	A3	0	0	0	0	0
Занятие вида 4 Training type 4	A4	70 000	14 ч 37 мин	6 500	90 784,1	809 010,32
Занятие вида 5 Training type 5	A5	0	0	0	0	0
Занятие вида 6 Training type 6	A6	35 000,00	12 ч 14 мин	2 500	30 340,5	357 002,43
Занятие вида 7 Training type 7	A7	28 000,00	7 ч 17 мин	2 500	17 925,63	165 253,04
Занятие вида 8 Training type 8	A8	0	0	0	0	0
Занятие вида 9 Training type 9	A9	75 000	15 ч 58 мин	4 500	70 120,21	1 018 345,88
Суммарное количество Total quantity	—	—	81 ч 54 мин	—	329 347,55	3 796 344,2

На основании проведенного анализа выявлено, что занятия вида 3, 5 и 8 де-

монстрируют низкую эффективность — их целесообразно исключить из программы

тренинга. Представленная таблица служит практическим инструментом для разработки реальной программы обучения. Кроме того, изучение рекомендаций по рациональному использованию технического оборудования позволяет принять решения как о замене имеющихся технических средств на более современные, так и о модернизации (реконструкции) существующего оборудования.

## Выводы

Предложенная методика обеспечивает объективную основу для оптимизации учебных курсов по критерию соотношения предотвращенного ущерба к затратам. Применение методики позволяет оценивать эффективность использования технических средств обучения и принимать решения об их модернизации или разработке новых тренажеров.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соромотин А. В. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. Ликвидация последствий разливов // *International Agricultural Journal*. 2021. № 1. С. 69–74.
2. Болотов Г. Б. Примеры и некоторые статистические данные о разливах нефти и нефтепродуктов // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2021. № 4 (41). С. 123–128.
3. Захаров Д. Ю., Климова И. В., Щербатюк Я. В. Оценка влияния функционального состояния персонала на риски возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса // *Нефтегазовое дело*. 2017. № 4. С. 152–164.
4. Уроки, извлеченные из аварий // Ростехнадзор. URL: <https://clck.ru/iVbXm> (дата обращения: 22.10.2025).
5. Усовершенствование процедуры групповой экспертной оценки при анализе профессиональных рисков на предприятиях ТЭК / Е. И. Карчина [и др.] // *Записки Горного института*. 2024. Т. 270. С. 994–1003.
6. ФНИП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» : приказ Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 533 // *Гарант.ру* : информационно-правовой портал. URL: <https://base.garant.ru/400128950/> (дата обращения: 22.10.2025).
7. Automated information support system for AOR methods of hazard and risk analysis for oil and gas industry / I. A. Melyuseva et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. AGRITECH — VI. 2021. Vol. 981. No. 3. P. 103–112. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032057
8. Разработка тренажерных установок для подготовки персонала нефтеперерабатывающих предприятий / И. А. Мелюсева [и др.] // *Безопасность труда в промышленности*. 2021. № 10. С. 82–87.

## REFERENCES

1. Soromotin A. V. Emergency spills of oil and oil products. Liquidation of spill consequences // *International Agricultural Journal*. 2021. No. 1. P. 69–74.

2. Bolotov G. B. Examples and some statistics on oil and oil products spills // *Geology and mineral resources of the Western Urals*. 2021. No. 4 (41). P. 123–128.
3. Zakharov D. Yu., Klimova I. V., Shcherbatyuk Ya. V. Assessment of the influence of personnel functional state on the risks of emergencies at oil and gas facilities // *Oil and Gas Business*. 2017. No. 4. P. 152–164.
4. Lessons learned from accidents // *Rostekhnadzor*. URL: <https://clck.su/iVbXm> (accessed 22.10.2025).
5. Improvement of the group expert assessment procedure in the analysis of professional risks at fuel and energy complex enterprises / E. I. Karchina et al. // *Journal of Mining Institute*. 2024. No. 270. P. 994–1003.
6. Federal norms and rules "General Explosion Safety Rules for Explosion and Fire Hazardous Chemical, Petrochemical and Oil Refining Industries" : order of Rostekhnadzor dated 15.12.2020 No. 533 // *Garant.ru* : information and legal portal. URL: <https://base.garant.ru/400128950/> (accessed 22.10.2025).
7. Automated information support system for AOR methods of hazard and risk analysis for oil and gas industry / I. A. Melyuseva et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. AGRITECH — VI*. 2021. Vol. 981. No. 3. P. 103–112. DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032057
8. Development of simulator systems for training personnel of oil refineries / I. A. Melyuseva et al. // *Labor Safety in Industry*. 2021. No. 10. P. 82–87.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Хафизов Ильдар Фанилевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности Уфимского государственного нефтяного технического университета (450064, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1); РИНЦ ID: 592403; ORCID: 0000-0002-2638-9937; e-mail: ildar.hafizov@mail.ru

**Озден Инна Владимировна**, канд. хим. наук, доцент кафедры пожарной и промышленной безопасности Уфимского государственного нефтяного технического университета (450064, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1); РИНЦ ID: 907017; Scopus AuthorID: 55275397100; ORCID: 0000-0001-9385-4600; e-mail: inessa\_21@bk.ru

**Кандалов Алексей Сергеевич**, директор ЧУ ДПО «Газпром ОНУТЦ» (236006, г. Калининград, ул. Генерала Галицкого, д. 20); e-mail: director@onutc.ru

**Шевченко Дмитрий Иванович**, д-р техн. наук, инженер НПП «Автоматизация технологических процессов» (450073, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Кузнецовский Затон, д. 22); e-mail: info@nppatp.com

**Мелюсева Ирина Анатольевна**, директор НПП «Автоматизация технологических процессов» (450073, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Кузнецовский Затон, д. 22); e-mail: info@nppatp.com

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ildar F. Khafizov**, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Fire and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technological University (1 Kosmonavtov St., Ufa, 450064, Russian Federation); ID RSCI: 592403; ORCID: 0000-0002-2638-9937; e-mail: ildar.hafizov@mail.ru

**Inna V. Ozden**, Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor of the Department of and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technological University (1 Kosmonavtov St., Ufa, 450064, Russian Federation); ID RSCI: 907017; Scopus AuthorID: 55275397100; ORCID: 0000-0001-9385- 4600; e-mail: inessa\_21@bk.ru

**Aleksei S. Kandalov**, Head of the JSC «Gazprom ONUTC» (20 General Galitsky St., Kaliningrad, 236006, Russian Federation); e-mail: director@onutc.ru

**Dmitrii I. Shevchenko**, Dr. Sci. (Eng.), Engineer of the NPP «ATP», (Room 301, Block 2, Building 22, Kuznetsovsky Zaton St., Ufa, 450073, Russian Federation); e-mail: info@nppatp.com

**Irina A. Melyusena**, Head of the NPP «ATP» (Room 301, Block 2, Building 22, Kuznetsovsky Zaton St., Ufa, 450073, Russian Federation); e-mail: info@nppatp.com