

Научная статья

УДК 614.844; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-171-181

## **СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ МОБИЛЬНОЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ, КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЗАТРАТ И ПРЕИМУЩЕСТВ**

✉ Сьтдыков Максим Равильевич;

Шилов Александр Геннадьевич;

Крутолапов Александр Сергеевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ [sytdykov@igps.ru](mailto:sytdykov@igps.ru)

*Аннотация.* Рассматривается актуальность разработки и внедрения новой установки пожаротушения с экономической точки зрения. Обосновывается необходимость создания инновационной установки, способной эффективно и быстро ликвидировать возгорания, минимизируя при этом экономический ущерб. Представлена детализированная математическая модель для расчета затрат на разработку, производство и внедрение предлагаемой установки. Разработан алгоритм расчета, позволяющий оценить экономическую целесообразность проекта на различных этапах. В заключении приводятся выводы о потенциальной экономической выгоде от внедрения новой системы пожаротушения и перспективах ее дальнейшего развития.

*Ключевые слова:* пожаротушение, экономическая целесообразность, математическая модель, затраты, алгоритм расчета, предотвращение ущерба, универсальная установка пожаротушения

**Для цитирования:** Сьтдыков М.Р., Шилов А.Г., Крутолапов А.С. Создание инновационной мобильной универсальной установки пожаротушения: экономическая целесообразность, комплексный анализ затрат и преимуществ // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 4 (76). С. 171–181. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-171-181.

Scientific article

## **CREATION OF AN INNOVATIVE MOBILE UNIVERSAL FIRE EXTINGUISHING SYSTEM: ECONOMIC FEASIBILITY, COMPREHENSIVE COST AND BENEFIT ANALYSIS**

✉ Sytdykov Maksim R.;

Shilov Aleksander G.;

Krutolapov Aleksander S.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ [sytdykov@igps.ru](mailto:sytdykov@igps.ru)

*Abstract.* The article discusses the relevance of the development and implementation of a new fire extinguishing system from an economic point of view. The necessity of creating an innovative installation capable of efficiently and quickly eliminating fires, while minimizing economic damage, is substantiated. A detailed mathematical model is presented for calculating the costs of development, production and implementation of the proposed installation. A calculation algorithm has been developed to assess the economic feasibility of the project at various stages. In conclusion, conclusions are drawn about the potential economic benefits of implementing a new fire extinguishing system and the prospects for its further development.

*Keywords:* fire extinguishing, economic feasibility, mathematical model, costs, calculation algorithm, damage prevention, universal fire extinguishing system

**For citation:** Sytdykov M.R., Shilov A.G., Krutolapov A.S. Creation of an innovative mobile universal fire extinguishing system: economic feasibility, comprehensive cost and benefit analysis // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 4 (76). P. 171–181. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-171-181.

## Введение

Проблема пожарной безопасности является одной из важнейших в современном мире. Ежегодно пожары наносят колоссальный экономический ущерб, приводят к потере имущества, остановке производства, а в худших случаях – к человеческим жертвам [1–3]. Традиционные системы пожаротушения, несмотря на свою распространенность, обладают рядом ограничений, включая время срабатывания, эффективность в сложных условиях и потенциальный вторичный ущерб от применяемых огнетушащих веществ (ОТВ). В связи с этим разработка и внедрение инновационных мобильных универсальных установок пожаротушения (МУУПТ) [4–6], обладающих улучшенными характеристиками, представляется крайне актуальной задачей.

Однако, помимо технической эффективности, ключевым фактором при принятии решения о внедрении нового технологического решения является ее экономическая целесообразность. Инвестиции в разработку и производство новой установки должны быть оправданы потенциальными экономическими выгодами, связанными с предотвращением пожаров и минимизацией ущерба.

Настоящая статья посвящена обоснованию экономической целесообразности создания предлагаемой МУУПТ, предназначенной для тушения пожаров классов А, В, С и Е на объектах нефтеперерабатывающих заводов и нефтехранилищ путем разработки комплексной математической модели расчета затрат и оценки потенциальных преимуществ.

## Аргументы в пользу необходимости создания и внедрения инновационной МУУПТ

Актуальность разработки новых [4, 5], более эффективных и инновационных систем пожаротушения обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов, определяющих необходимость совершенствования существующих технологий [7], таких как:

1. Рост экономического ущерба от пожаров. Несмотря на усилия по профилактике, пожары продолжают наносить значительный экономический урон. Суммарный ущерб включает прямые потери от уничтоженного имущества, затраты на восстановление, упущенную выгоду от простоя предприятий, а также косвенные потери, связанные с нарушением логистических цепочек и репутационными рисками [8–11]. Эффективная система пожаротушения способна значительно сократить эти потери [6].

2. Ограничения существующих систем. Традиционные системы пожаротушения, такие как водяные или пенные, не всегда эффективны в тушении пожаров классов В, С и Е (горение жидкостей, газов и электрооборудования). Кроме того, они могут наносить вторичный ущерб имуществу, не пострадавшему от огня, из-за использования воды или пены. Инновационные системы, использующие, например, тонкораспыленную воду, аэрозоли или инертные газы, могут быть более эффективными и безопасными [12].

3. Повышенные требования к пожарной безопасности. В связи с усложнением технологических процессов и увеличением концентрации материальных ценностей на предприятиях, требования к пожарной безопасности постоянно растут. Современные объекты, такие как дата-центры, склады с взрывоопасными веществами, высотные здания, требуют применения более надежных и быстродействующих систем пожаротушения.

4. Развитие технологий и материалов. Появление новых материалов и технологий открывает возможности для создания более эффективных и экономичных установок пожаротушения. Например, использование композитных материалов, интеллектуальных датчиков и алгоритмов управления позволяет создавать системы, обладающие высокой скоростью реакции, точечным воздействием и минимальным расходом огнетушащего вещества.

Внедрение предлагаемой универсальной установки пожаротушения позволит достичь следующих преимуществ:

- снижение экономического ущерба от пожаров: за счет более быстрого и эффективного тушения пожара установка позволит минимизировать потери имущества, оборудования и материальных ценностей;

- сокращение времени простоя предприятий: быстрое устранение возгорания позволит оперативно возобновить производственный процесс, минимизируя упущенную выгоду;

- улучшение условий труда и повышение безопасности персонала: система обеспечит более безопасную рабочую среду, снизив риск травматизма и гибели людей при пожаре.

- снижение страховых выплат: наличие современной и эффективной системы пожаротушения может привести к снижению страховых премий за счет уменьшения риска возникновения пожара и размера потенциального ущерба;

- повышение конкурентоспособности: внедрение инноваций в области пожарной безопасности может стать конкурентным преимуществом для предприятий, демонстрируя их заботу о безопасности и соответствии требованиям международных стандартов.

### Математическая модель расчета затрат на создание установки пожаротушения

Для корректного определения экономической эффективности разработки и внедрения МУУПТ необходимо провести комплексный анализ всех затрат, связанных с производственным процессом. Данный анализ предполагает детальную классификацию и оценку всех компонентов себестоимости установки.

Предлагается следующая математическая модель, позволяющая рассчитать затраты на ее создание и внедрение. Затраты можно разделить на несколько основных категорий:

1. Затраты на разработку ( $Z_{разр}$ ). Включают расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), проектирование, создание прототипов, проведение испытаний и сертификацию. Данная категория затрат является разовой и может быть оценена экспертным путем на основе объема и сложности работ.

$$Z_{разр} = Z_{НИОКР} + Z_{проект} + Z_{прототип} + Z_{испыт} + Z_{сертиф.}$$

2. Затраты на производство ( $Z_{произ}$ ). Включают расходы на материалы, комплектующие, оплату труда производственного персонала, амортизацию оборудования и накладные расходы, связанные с производством установок. Данная категория затрат является переменной и зависит от количества произведенных установок ( $N_{уст}$ ).

$$Z_{произ} = N_{уст} \cdot (C_{мат} + C_{компл} + C_{труд} + C_{аморт} + C_{накл}).$$

где  $C_{мат}$  – стоимость материалов на одну установку;  $C_{компл}$  – стоимость комплектующих на одну установку;  $C_{труд}$  – затраты на оплату труда производственного персонала на одну установку;  $C_{аморт}$  – амортизационные отчисления на оборудование, приходящиеся на одну установку;  $C_{накл}$  – накладные расходы, приходящиеся на одну установку.

На этапе расчета затрат на производство может быть применена и другая модель, по которой необходимо разделить затраты на прямые и косвенные. Так, к прямым затратам по производству МУУПТ будут отнесены затраты на материалы, применяемые при осуществлении ее сборки. К косвенным можно отнести постоянные затраты, не связанные с материалами, используемыми в конструкции МУУПТ [6].

### Структура затрат на производство МУУПТ

<i>Прямые затраты</i>	<i>Косвенные затраты</i>
<p>Данный сегмент включает все производственные издержки, непосредственно связанные с созданием установки. К данной категории относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– материальные затраты на приобретение комплектующих и расходных материалов;</li> <li>– затраты на оплату труда производственного персонала;</li> <li>– расходы на электроэнергию, используемую в процессе производства;</li> <li>– затраты на технологическую оснастку и инструмент;</li> <li>– расходы на контроль качества и испытания</li> </ul>	<p>Данная категория включает издержки, не имеющие прямой связи с конкретным экземпляром продукции:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– общепроизводственные расходы;</li> <li>– административные затраты;</li> <li>– расходы на логистику и хранение;</li> <li>– затраты на обслуживание производственного оборудования;</li> <li>– расходы на охрану труда и технику безопасности</li> </ul>

### Методика калькуляции себестоимости

<i>Расчет прямых затрат</i>	<i>Расчет косвенных затрат</i>
<p>Для определения прямых затрат применяется следующая формула:</p> $Z_{пр} = M + Z_{т} + Э + T + K,$ <p>где <math>Z_{пр}</math> – прямые затраты; <math>M</math> – материальные затраты; <math>Z_{т}</math> – затраты на оплату труда; <math>Э</math> – энергетические затраты; <math>T</math> – затраты на технологическое оснащение; <math>K</math> – затраты на контроль качества</p>	<p>Определение косвенных затрат осуществляется по формуле:</p> $Z_{кос} = P_{п} + P_{а} + P_{л} + P_{об} + P_{от},$ <p>где <math>Z_{кос}</math> – косвенные затраты; <math>P_{п}</math> – общепроизводственные расходы; <math>P_{а}</math> – административные расходы; <math>P_{л}</math> – логистические расходы; <math>P_{об}</math> – расходы на обслуживание оборудования; <math>P_{от}</math> – расходы на охрану труда</p>

### Интегральный расчет себестоимости

Тогда, общая себестоимость затрат на производство (С) МУУПТ определяется как сумма прямых и косвенных затрат:

$$C = Z_{пр} + Z_{кос}.$$

3. Затраты на внедрение ( $Z_{внедр}$ ). Включают расходы на доставку, монтаж, пуско-наладочные работы, обучение персонала и интеграцию установки в существующую инфраструктуру объекта. Данная категория затрат также зависит от количества внедряемых установок ( $N_{уст}$ ) и специфики объектов.

$$Z_{внедр} = N_{уст} \cdot (C_{дост} + C_{монт} + C_{ПНР} + C_{обуч} + C_{интегр}),$$

где  $C_{дост}$  – стоимость доставки одной установки;  $C_{монт}$  – стоимость монтажа одной установки;  $C_{ПНР}$  – стоимость пуско-наладочных работ на одну установку;  $C_{обуч}$  – стоимость обучения персонала для работы с одной установкой;  $C_{интегр}$  – затраты на интеграцию одной установки в существующую инфраструктуру.

4. Затраты на эксплуатацию ( $Z_{\text{экспл}}$ ). Включают расходы на техническое обслуживание, плановые ремонты, замену расходных материалов и потребление энергии. Данная категория затрат является периодической и может быть оценена на годовой основе ( $Z_{\text{экспл. год}}$ ).

$$Z_{\text{экспл. год}} = N_{\text{уст}} \cdot (C_{\text{ТО}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{расх}} + C_{\text{энерг}}),$$

где  $C_{\text{ТО}}$  – стоимость технического обслуживания одной установки в год;  $C_{\text{рем}}$  – затраты на ремонт одной установки в год (среднегодовые);  $C_{\text{расх}}$  – стоимость расходных материалов на одну установку в год;  $C_{\text{энерг}}$  – затраты на электроэнергию для одной установки в год.

Общие затраты ( $Z_{\text{общ}}$ ) на создание и эксплуатацию установки пожаротушения за период  $T$  лет:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{разр}} + Z_{\text{произ}} + Z_{\text{внедр}} + \sum_{t=1}^T Z_{\text{экспл. год}},$$

где  $T$  – расчетный период эксплуатации установки в годах.

Стоит отметить, что на точность калькуляции могут повлиять определенные факторы, которые нужно учитывать, например, при расчете себестоимости необходимо учитывать: масштаб производства, уровень автоматизации производственных процессов, квалификацию персонала, географическое расположение производства, состояние производственных мощностей, уровень стандартизации компонентов.

Для минимизации себестоимости реализации МУУПТ [4, 5] предлагается использование готовых производственных мощностей на базах предприятий, занимающихся выпуском схожего оборудования на контрактной основе, или заключать договора с производителями компонентов о предварительной сборке взаимосвязанных последовательных компонентов непосредственно на предприятии. Также снизить себестоимость можно за счет внедрения автоматизированных систем производства (роботов-сварщиков и др.), оптимизации логистических цепочек, стандартизации компонентов, внедрения систем управления качеством, рационализации производственных процессов.

Таким образом, предложенная методика расчета себестоимости МУУПТ позволяет учесть все значимые факторы, влияющие на формирование конечной стоимости изделия, и обеспечивает возможность оптимизации производственных процессов для достижения максимальной экономической эффективности.

### Алгоритм расчета экономической целесообразности

Для оценки экономической целесообразности создания МУУПТ необходимо сравнить общие затраты на ее создание и эксплуатацию с потенциальными экономическими выгодами от предотвращения пожаров. Алгоритм расчета может включать следующие шаги:

1. Оценка вероятности возникновения пожара ( $P_{\text{пож}}$ ) на объекте в год: на основе статистических данных, анализа пожарной опасности объекта и экспертных оценок [13].

2. Оценка потенциального ущерба от пожара ( $Y_{\text{пож}}$ ) в случае неэффективности стационарных систем пожаротушения: включает прямой ущерб от уничтожения имущества, упущенную выгоду, затраты на восстановление и другие виды потерь. Оценивается экспертным путем для рассматриваемого типа объекта [14].

3. Расчет ожидаемого годового ущерба от пожаров ( $Y_{\text{ожид}}$ ) без новой системы:

$$Y_{\text{ожид}} = P_{\text{пож}} \cdot Y_{\text{пож}}$$

4. Оценка снижения вероятности ущерба от пожара ( $\Delta Y_{\text{пож}}$ ) при внедрении новой установки основывается на технических характеристиках предлагаемой установки и экспертных оценках.

5. Расчет снижения ожидаемого годового ущерба ( $\Delta Y_{\text{ожид}}$ ) благодаря новой системе:

$$\Delta U_{\text{ожид}} = U_{\text{ожид}} - (U_{\text{пож}} - \Delta U_{\text{пож}}).$$

6. Расчет общих затрат ( $Z_{\text{общ}}$ ) на создание и эксплуатацию установки пожаротушения за расчетный период  $T$  лет по разработанной математической модели.

7. Сравнение снижения ожидаемого ущерба ( $\Delta U_{\text{ожид}} \cdot T$ ) с общими затратами ( $Z_{\text{общ}}$ ) за расчетный период.

8. Расчет чистого приведенного дохода ( $NPV$ ) проекта (при необходимости учета фактора времени и дисконтирования денежных потоков) [15].

9. Формирование выводов об экономической целесообразности создания и внедрения установки пожаротушения:

Если  $\Delta U_{\text{ожид}} \cdot T > Z_{\text{общ}}$  (или  $NPV > 0$ ), то внедрение установки экономически целесообразно.

Чем больше разница между выгодами и затратами (или чем выше  $NPV$ ), тем более экономически привлекательным является проект.

В исследовании [6] представлены данные по стоимости отдельных узлов и агрегатов, итоговой стоимости компоновки МУУПТ в трех вариантах исполнения и стоимости пожарных автомобилей, произведены расчеты и построена диаграмма стоимости современных образцов пожарной техники (рис. 1).

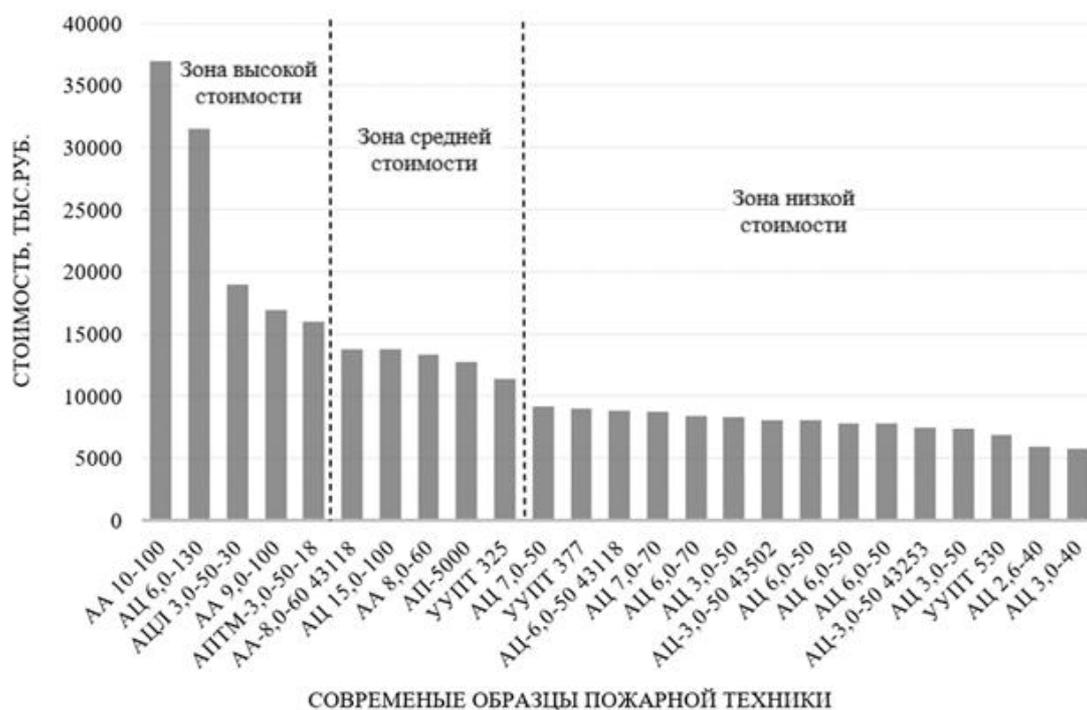


Рис. 1. Диаграмма стоимости современных образцов пожарной техники

Представленная на рис. 1 диаграмма стоимости современных образцов пожарной техники показывает, что оптимальным по стоимости являются варианты автоцистерн АЦ 2,6-40 и АЦ 3,0-40. Однако недостатки пожарных надстроек (установок пожаротушения) этих ПА были определены и представлены в работе [6], а следующую позицию в диаграмме занимает инновационная МУУПТ, внешний вид и основные тактико-технические характеристики которой представлены на рис. 2 и в табл. 1 соответственно.

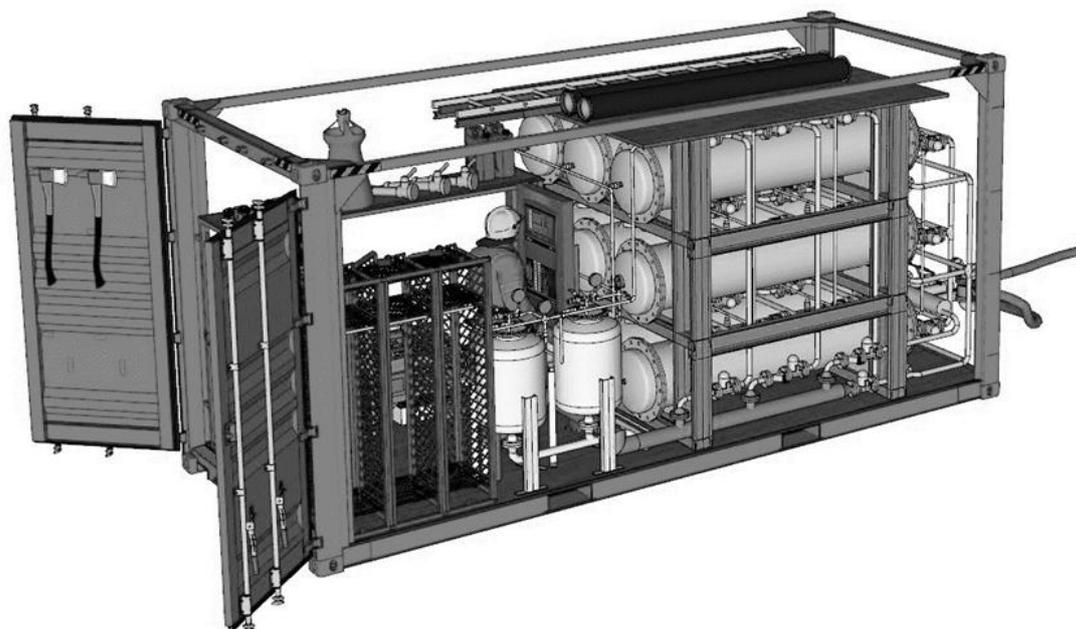


Рис. 2. Вариант размещения МУУПТ внутри контейнера типа 1СС

Таблица 1

## Основные тактико-технические характеристики МУУПТ

№ п/п	Наименование элемента	Характеристики
1	Контейнер	тип: 1СС (20 фут.) максимальная масса загрузки: 21 350 кг габаритные размеры (Д*Ш*В): 6258*2438*4091 мм
2	Силовая установка и дополнительное оборудование (Серии ЯМЗ 238Д / ЯМЗ 238ДИ / ЯМЗ-238Б (Россия))	тип: дизельный двигатель вариант исполнения: на саях мощность: 300 лс (242 кВт) фильтрация выхлопных газов: SCR система охлаждения: 100 л система электрооборудования: 24 В однопроводного или двухпроводного исполнения с зарядным генератором и аккумуляторными батареями 6СТ-190А с комплектом проводов; – система запуска и остановки, управления, контроля аварийно-предупредительной сигнализации и защиты двигателя; – приборы контроля работы насоса (манометр и мановакуумметр); – система управления – ручное управление на базе микропроцессорного контроллера; – воздушные фильтры
3	Объем топливного бака	400 л (с фильтрами грубой и тонкой очистки топлива)
4	Насос (Cornell 6НН-ЕМ18, SAE 3)	система всасывания: электрический вакуумный насос расход: 100–1 100 (900) м <sup>3</sup> /ч напор: 40–110 (100) м высота всасывания: 1–7 м производительность: 200 кВт (900 м <sup>3</sup> /ч)
5	Компрессор (Abac EngineAIR 11/270 DIESEL)	производительность: 990 л/мин давление: 1,4 МПа мощность: 8,2 кВт ресивер: 270 л тип привода: ременной

№ п/п	Наименование элемента	Характеристики
6	Запорная арматура DN 65 PN 16	давление: PN 16; 25; 40 бар (1,6; 2,5; 4,0 МПа)
7	Сосуды с огнетушащим газом	количество баллонов: 12 шт. тип баллонов: 40–150У емкость моноблока: 480 л рабочее давление: 15,0 МПа количество углекислоты в моноблоке: 288 кг масса моноблока – не более 800 кг
8	Сосуды для хранения ОТВ	3 варианта исполнения (таблица 2)
9	Общее для всех элементов	рабочая температура: -40... +50 °С
10	Система управление	программируемый пульт управления; шкаф коммутации и систем управления устройствами

Таблица 2

### Варианты исполнения сосудов для хранения ОТВ в контейнере типа 1СС

№	Характеристика	Ед. измерения	Параметры		
			Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	Номинальный наружный диаметр сосуда	мм	325	377	530
2	Номинальная толщина стенки сосуда	мм	10	10	10
3	Внутренний диаметр сосуда	мм	305	357	510
4	Высота стенки фланца (от условного прохода до края)	мм	96,25	102,70	113,50
5	Количество отверстий во фланце	шт.	16	16	20
6	Общее количество сосудов в УУПТ	ед.	25	16	9
7	Длина одного сосуда	м	3	3	3
8	Объем одного сосуда	м <sup>3</sup>	0,22	0,30	0,61
9	Общий объем всех сосудов	м <sup>3</sup>	5,47	4,80	5,51

Таким образом, МУУПТ представляет установку пожаротушения, заключенную в оболочку в виде контейнера типа 1СС, с возможностью применения различных видов ОТВ (вода, пена, порошок, углекислый газ) за счет сосудов для их хранения, а также перезарядки ОТВ после их использования. Данную установку за счет применения стандартизированного контейнера можно транспортировать любым видом транспорта, приспособленного для транспортировки контейнеров.

Расчетные данные по экономической целесообразности внедрения МУУПТ представлены в табл. 3.

Таблица 3

### Сводные данные экономического расчета

№	Показатель	Значение
1	Общие затраты ( $Z_{\text{общ}}$ ), млн руб.	48,00
2	Снижение ущерба в год ( $\Delta U_{\text{ожид}}$ ), млн руб./год	5,25
3	Выгода за 10 лет, млн руб.	52,50
4	Чистая выгода, тыс. руб.	4,50
5	Срок окупаемости, лет	9,14
6	Рентабельность, %	9,4
7	Коэффициент эффективности	1,09

Расчетные данные, представленные в табл. 3, показывают, что внедрение МУУПТ экономически целесообразно, так как ключевой показатель – снижение ожидаемого ущерба – равен 5,25 млн руб./год.

В условиях предъявления повышенных научно-технических требований к продукции машиностроения возрастает взаимозависимость цены и качества выпускаемой продукции. Выбор наилучшего варианта соотношения цены и огнетушащей способности МУУПТ является вопросом взаимодействия конкурентоспособности и цены образца, а также конкурентоспособности и качества образца перспективной МУУПТ. Вариант МУУПТ, представленный на рис. 2 как наиболее эффективный, определяет направление дальнейшего развития в конструировании мобильных установок для достижения их конкурентоспособности.

### Выводы

Представленная статья обосновывает экономическую целесообразность создания и внедрения инновационной МУУПТ. Аргументирована необходимость разработки новых систем, способных эффективно предотвращать и ликвидировать пожары, минимизируя экономический ущерб. Предложена детализированная математическая модель для расчета затрат на создание, производство и эксплуатацию установки, а также алгоритм расчета, позволяющий оценить экономическую эффективность проекта.

Предварительные расчеты, проведенные на основе разработанной модели, демонстрируют потенциальную экономическую выгоду от внедрения предлагаемой МУУПТ. Снижение ожидаемого ущерба от пожаров за расчетный период эксплуатации системы существенно превышает затраты на ее создание и внедрение, что свидетельствует об экономической целесообразности проекта.

Дальнейшие исследования будут направлены на уточнение параметров математической модели, проведение более детального анализа затрат и выгод для различных типов объектов, а также на разработку методических рекомендаций по практическому применению предложенного алгоритма расчета экономической целесообразности при принятии решений о внедрении инновационных систем пожаротушения.

### Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: стат. сб. / под общ. ред. А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015. 124 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: стат. сб. / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. 80 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информ.-аналит. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 110 с.
4. Универсальная установка пожаротушения: пат. № 195837 U1 Рос. Федерация, МПК А62С 13/00: № 2019130908; заявл. 30.09.2019; опубл. 06.02.2020 / Кожевин Д.Ф., Поляков А.С., Сытдыков М.Р., Шилов А.Г. EDN WMYAZE.
5. Шилов А.Г. Требования к макету экспериментальной универсальной установки пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 1 (61). С. 171–180. EDN VTNTRN.
6. Шилов А.Г. Методика тушения пожаров мобильной установкой пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2024. 202 с. EDN GXWNOU.
7. Сытдыков М.Р., Шилов А.Г., Лебедев А.Ю. Оценка эффективности мобильной универсальной установки пожаротушения на основе результатов моделирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 2 (74). С. 139–152. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-139-152. EDN DEYDNF.
8. Drysdale D. An introduction to fire dynamics. John Wiley & Sons, 2011.

9. Бурланков С.П., Ильина И.Е., Родина О.Г. Репутационные риски предприятий сферы обслуживания и оказания транспортных услуг // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6. С. 202. EDN OQNJLV.

10. Васюкова Ю.С., Рожков Р.С. Анализ современного методического инструментария оценки экологического и экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // *Экономика и предпринимательство*. 2023. № 5 (154). С. 446–450. DOI: 10.34925/EIP.2023.154.5.086. EDN ZZUHXP.

11. Обзор существующих международных методик и научных подходов к определению материального ущерба от пожаров / Е.Н. Малемина [и др.] // *Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования*. 2021. № 3 (10). С. 270–274. EDN ISJUEN.

12. Grant C.C., Quintiere J.G. Principles of fire behavior. Cengage Learning, 2011.

13. NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree. National Fire Protection Association, 2019.

14. ISO 16730-1:2016 Fire safety engineering – Risk assessment – Part 1: General principles. International Organization for Standardization, 2016.

15. Ross S.A., Westerfield R.W., Jaffe J. Corporate finance. McGraw-Hill Education, 2019.

### References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: stat. sb. / pod obshch. red. A.V. Matyushina. M.: VNIPO, 2015. 124 s.

2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 godu: stat. sb. / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2020. 80 s.

3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2023 godu: inform.-analit. sb. Balashiha: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2024. 110 s.

4. Universal'naya ustanovka pozharotusheniya: pat. № 195837 U1 Ros. Federaciya, MPK A62C 13/00: № 2019130908; zayavl. 30.09.2019; opubl. 06.02.2020 / Kozhevina D.F., Polyakov A.S., Sydykov M.R., Shilov A.G. EDN WMYAZE.

5. Shilov A.G. Trebovaniya k maketu eksperimental'noj universal'noj ustanovki pozharotusheniya s vytesneniem ognetyashchego veshchestva gazoporshnevym sposobom // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2022. № 1 (61). S. 171–180. EDN BTNTRN.

6. Shilov A.G. Metodika tusheniya pozharov mobil'noj ustanovkoj pozharotusheniya s vytesneniem ognetyashchego veshchestva gazoporshnevym sposobom: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2024. 202 s. EDN GXWNOU.

7. Sydykov M.R., Shilov A.G., Lebedev A.Yu. Ocenka effektivnosti mobil'noj universal'noj ustanovki pozharotusheniya na osnove rezul'tatov modelirovaniya // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2025. № 2 (74). S. 139–152. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-139-152. EDN DEYDNF.

8. Drysdale D. An introduction to fire dynamics. John Wiley & Sons, 2011.

9. Burlankov S.P., Il'ina I.E., Rodina O.G. Reputacionnye riski predpriyatij sfery obsluzhivaniya i okazaniya transportnyh uslug // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2011. № 6. С. 202. EDN OQNJLV.

10. Vasyukova Yu.S., Rozhkov R.S. Analiz sovremennogo metodicheskogo instrumentariya ocenki ekologicheskogo i ekonomicheskogo ushcherba ot chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennoho haraktera // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2023. № 5 (154). S. 446–450. DOI: 10.34925/EIP.2023.154.5.086. EDN ZZUHXP.

11. Obzor sushchestvuyushchih mezhdunarodnyh metodik i nauchnyh podhodov k opredeleniyu material'nogo ushcherba ot pozharov / E.N. Malemina [i dr.] // *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya*. 2021. № 3 (10). S. 270–274. EDN ISJUEN.

12. Grant C.C., Quintiere J.G. Principles of fire behavior. Cengage Learning, 2011.

13. NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree. National Fire Protection Association, 2019.

14. ISO 16730-1:2016 Fire safety engineering – Risk assessment – Part 1: General principles. International Organization for Standardization, 2016.
15. Ross S.A., Westerfield R.W., Jaffe J. Corporate finance. McGraw-Hill Education, 2019.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 26.09.2025; одобрена после рецензирования: 22.10.2025; принята к публикации: 10.12.2025

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 26.09.2025; approved after review: 22.10.2025; accepted for publication: 10.12.2025

*Сведения об авторах:*

**Сытдыков Максим Равильевич**, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [sytdykov@igps.ru](mailto:sytdykov@igps.ru), <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN-код: 7548-0539

**Шилов Александр Геннадьевич**, начальник отделения информатизации учебного процесса отдела технологий открытого образования института заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: [shilov@igps.ru](mailto:shilov@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9771-8665>, SPIN-код: 9775-0258

**Крутолапов Александр Сергеевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: [krut75@mail.ru](mailto:krut75@mail.ru), SPIN-код: 7822-1555

*Information about the authors:*

**Sytdykov Maxim R.**, head of the department of fire, emergency rescue equipment and automotive industry of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [sytdykov@igps.ru](mailto:sytdykov@igps.ru), <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN: 7548-0539

**Shilov Alexander G.**, head of the department of educational process informatization of the department of open education technologies of the institute of correspondence and distance learning of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: [shilov@igps.ru](mailto:shilov@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9771-8665>, SPIN: 9775-0258

**Krutolapov Alexander S.**, professor of the department of fire and emergency rescue equipment and automotive facilities of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: [krut75@mail.ru](mailto:krut75@mail.ru), SPIN: 7822-1555