

Научная статья
УДК 654.924.5
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.12.13.022

Оптимизация трудозатрат при техническом обслуживании систем противопожарной защиты

Николай Алексеевич Сафронов
Людмила Васильевна Суховерхова
Андрей Владимирович Смирнов

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Николай Алексеевич Сафронов,
nikolaysafronov98@yandex.ru

Аннотация. В условиях повышенной пожарной опасности системы противопожарной защиты играют ключевую роль в обеспечении техносферной безопасности. Эффективность их работы напрямую зависит от своевременности и качества технического обслуживания. Одним из ключевых факторов, влияющих на организацию технического обслуживания, является оптимизация трудозатрат, которая позволяет повысить надежность систем и снизить эксплуатационные расходы. Однако вопросы систематизации и категорирования технологических мероприятий по техническому обслуживанию остаются недостаточно изученными, что приводит к неэффективному планированию и распределению ресурсов.

В работе представлена методика расчета годовых трудозатрат с учетом количества элементов системы, норм времени и периодичности обслуживания, а также предложены критерии категорирования мероприятий по параметрам R1 – средние годовые трудозатраты и R2 – периодичность выполнения работ. Использование методов кластерного и вариационного анализов позволяет обеспечить гибкость в планировании работ, учитывая, как особенности объекта, так и уровень квалификации исполнителей.

Результатом исследования является формирование годового плана-графика, обеспечивающего равномерное распределение нагрузки и сокращение риска отказов систем. Таким образом, комплексный подход к техническому обслуживанию позволяет повысить как пожарную безопасность объектов, так и эффективность управления ресурсами.

Ключевые слова: техническое обслуживание, система противопожарной защиты, категорирование, управление, оптимизация трудозатрат

Для цитирования: Сафронов Н.А., Суховерхова Л.В., Смирнов А.В. Оптимизация трудозатрат при техническом обслуживании систем противопожарной защиты // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 231-241.
<https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.12.13.022>.

Original article.

Optimization of labor costs during maintenance of fire protection systems

Nikolay A. Safronov

Lyudmila V. Sukhoverkhova

Andrey V. Smirnov

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Nikolay A. Safronov, nikolaysafronov98@yandex.ru

Abstract. In conditions of increased fire danger, fire protection systems play a key role in ensuring technosphere safety. The effectiveness of their work directly depends on the timeliness and quality of maintenance. One of the key factors influencing the organization of maintenance is the optimization of labor costs, which allows to increase the reliability of systems and reduce operating costs. However, the issues of systematization and categorization of technological maintenance activities remain insufficiently studied, which leads to inefficient planning and allocation of resources.

The paper presents a methodology for calculating annual labor costs, taking into account the number of system elements, time standards and frequency of maintenance, and also suggests criteria for categorizing activities according to the parameters R1 – average annual labor costs and R2 – frequency of work. The use of cluster and variation analysis methods allows for flexibility in work planning, taking into account both the specifics of the facility and the skill level of the performers.

The result of the study is the formation of an annual schedule plan that ensures uniform load distribution and reduces the risk of system failures. Thus, an integrated approach to maintenance makes it possible to improve both the fire safety of facilities and the efficiency of resource management.

Keywords: maintenance, fire protection systems, categorization, management, optimization of labor costs

For citation: Safronov N.A., Sukhoverkhova L.V., Smirnov A.B. Optimization of labor costs during maintenance of fire protection systems // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 3 (38). С. 231-241. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.12.13.022>.

Введение

Современные системы противопожарной защиты представляют собой сложные технологические комплексы, от надежности и стабильной работы которых напрямую зависит безопасность людей, сохранность материальных ценностей и устойчивость процессов на объекте защиты. Их основная цель заключается в предотвращении и минимизации последствий пожаров. Однако даже самые надежные системы требуют регулярного внимания. Техническое обслуживание играет ключевую роль в поддержании исправности оборудования и предотвращении аварийных ситуаций.

Регулярное и качественное техническое обслуживание обеспечивает стабильную работу системы и сводит к минимуму вероятность серьезных отказов. В тоже время грамотное планирование позволяет оптимизировать использование ресурсов и повысить уровень пожарной безопасности объекта.

Аспектом планирования мероприятий по техническому обслуживанию является процесс нормирования трудозатрат, основанный на использовании конкретных норм времени, необходимых на выполнение работ, выполняемых квалифицированным персоналом. Важным элементом в повышении эффективности технического обслуживания выступает классификация работ на основе их периодичности и рентабельности, что, в свою очередь, способствует составлению годового плана графика технического обслуживания систем.

Таким образом, данное исследование направлено на решение актуальных вопросов организации технического обслуживания систем противопожарной защиты за счет

категорирования работ по их трудозатратам, что позволяет не только повысить эффективность самих мероприятий по обслуживанию, но и обеспечить долговечность систем [1-4].

Анализ способов категорирования мероприятий по техническому обслуживанию системы противопожарной защиты

Категорирование мероприятий по техническому обслуживанию системы противопожарной защиты является важным инструментом для обеспечения надежной и бесперебойной работы оборудования. Данный процесс позволяет систематизировать технические операции, оптимизировать использование ресурсов и упрощать организацию обслуживания.

Основная задача категорирования заключается в структурировании мероприятий в зависимости от их объема, регулярности и специфики выполняемых операций. Это позволяет уточнить потребности в трудовых ресурсах, определить оптимальные интервалы между проводимыми работами и повысить общую эффективность обслуживания. Кроме того, категорирование мероприятий позволяет учитывать условия эксплуатации конкретного объекта, что способствует повышению уровня пожарной безопасности.

Ключевыми элементами при составлении годового плана-графика оптимального выполнения мероприятий по техническому обслуживанию системы противопожарной защиты являются трудозатраты, включающие в себя квалификацию специалистов; временные нормы выполнения обслуживания того или иного элемента системы; необходимые номерные комплекты инструментов и оборудования (Рис.1). Данные параметры обеспечивают распределение ресурсов и соблюдение технических регламентов, а также на их основе осуществляется категорирование трудозатрат по двум критериям: R_1 – средние годовые трудозатраты и R_2 – периодичность выполнения работ.

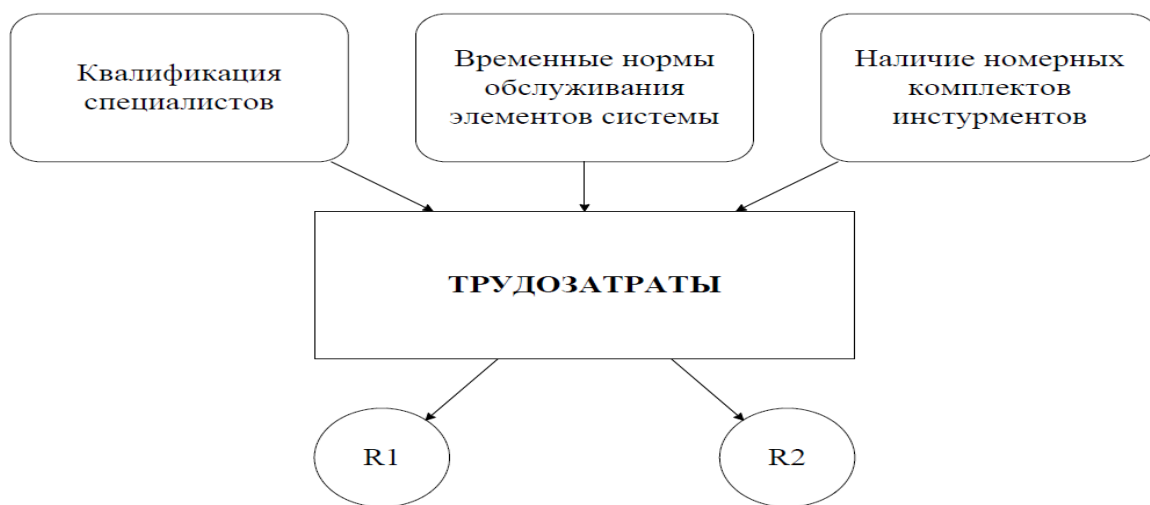


Рис.1. Схема категорирования технологических мероприятий по техническому обслуживанию систем противопожарной защиты

С точки зрения объемов трудозатрат на выполнение мероприятий, основное внимание уделяется двум аспектам: средним годовым трудозатратам (R_1) и периодичности проведения мероприятий по техническому обслуживанию (R_2). Таким образом, годовые трудозатраты позволяют оценить общую нагрузку на персонал, а периодичность определяет интервалы между выполнением работ, что особенно важно для поддержания систем в работоспособном состоянии [1; 2].

Организация выполнения мероприятий, в свою очередь, рассматривается в позиции групп факторов: количества исполнителей, уровня их квалификации, норм времени проведения технического обслуживания элемента системы и наличия необходимого комплекта инструментов. При этом каждый фактор влияет на выполнение мероприятий. Например,

количество исполнителей определяет возможность выполнения работ в установленные сроки, а квалификация влияет на качество и скорость выполнения мероприятий. Дополнительно могут быть учтены и другие признаки категорирования, такие как техническая сложность работ, специфика используемого оборудования, а также необходимость координации с другими подразделениями.

Для решения задач категорирования применяются различные аналитические методы, среди которых особенно выделяются кластерный и вариационный анализы. Кластерный анализ является методом, который позволяет группировать объекты на основе сходных характеристик. Он помогает выявлять связи и закономерности в больших массивах данных, что способствует упрощению планирования. Одной из важных функций кластерного анализа является выполнение аномалий, которые могут указывать на необходимость пересмотра процедур или внедрения дополнительных мер контроля.

Вариационный анализ, в свою очередь, фокусируется на изучении распределения данных и их изменения в динамике. Построение вариационных рядов позволяет систематизировать данные по периодичности или объемам трудозатрат, выделяя наиболее частые и значимые варианты. На основе данного анализа можно строить прогнозы, корректировать интервалы обслуживания и оптимизировать использование трудовых ресурсов. Кроме того, вариационный анализ является основой для создания графических моделей, таких как гистограммы, что способствует более наглядной интерпретации данных [5].

Таким образом, сочетание данных методов обеспечивает комплексный подход к планированию мероприятий по техническому обслуживанию. В свою очередь, это позволяет учитывать, как глобальные характеристики системы, так и локальные особенности, оптимизируя процессы эксплуатации системы противопожарной защиты и минимизируя затраты при сохранении высокого уровня надежности оборудования. Однако, при решении задач категорирования важно учитывать, как количество классификационных признаков, так и особенности оргструктуры организации, реализующей трудовые процессы.

Для организаций с простой структурой и ограниченным числом классификационных признаков (не более двух параметров) вариационный анализ оказывается более предпочтительным. Его простота и наглядность позволяют быстро классифицировать данные и применять результаты для планирования и оптимизации работ. Однако при увеличении числа признаков и усложнении организационной структуры, что характерно для развивающихся организаций с более сложными трудовыми процессами, возможности вариационного анализа начинают уступать кластерному подходу.

Методика расчета категорий по объему трудозатрат

Оптимизация трудозатрат при техническом обслуживании систем противопожарной защиты требует разработки методики, которая учитывает не только трудоемкость отдельных операций, но и их периодичность, а также специфику эксплуатации различных элементов системы. В основе предлагаемой методики лежит расчет общих годовых трудозатрат, который включает в себя затраты на обслуживание всех ключевых компонентов системы, таких как спринклерные и дренчерные узлы управления, оросители, насосные установки, шкафы управления, внутренний противопожарный водопровод и др.

Общие годовые трудозатраты на техническое обслуживание системы противопожарной защиты рассчитываются по формуле, которая учитывает три основных параметра: количество элементов системы, средние нормы трудозатрат на выполнение технологических операций и периодичность их выполнения. Формула позволяет агрегировать данные по всем элементам системы и получить общую оценку трудозатрат за год [6; 7].

Для каждого элемента системы разработаны отдельные формулы, которые учитывают его специфику. Например, трудозатраты на обслуживание спринклерных узлов управления рассчитываются с учетом количества узлов, средней нормы трудозатрат на выполнение операций

и периодичности их выполнения. Аналогичные формулы применяются для расчета трудозатрат на обслуживание дренчерных узлов, оросителей, насосных установок и других компонентов системы.

Важным аспектом методики является учет удельных норм трудозатрат, которые определяются как отношение средней нормы трудозатрат к общему количеству элементов системы. Удельные нормы позволяют более точно распределить трудозатраты между различными операциями и элементами системы. Например, если в системе установлено 20 спринклерных узлов управления, а средняя норма трудозатрат на обслуживание одного узла составляет 30 минут, то удельная норма трудозатрат будет равна 1,5 минуты на один узел.

Учет удельных норм особенно важен при работе на крупных объектах защиты с масштабными размерами системы противопожарной защиты, где количество элементов может достигать нескольких сотен. В таких случаях использование удельных норм позволяет значительно упростить расчеты и повысить их точность. Кроме того, удельные нормы могут быть скорректированы с учетом специфики объекта, что делает методику более гибкой и адаптивной.

Также методика предусматривает возможность учета геометрических характеристик объекта, таких как площадь защищаемого помещения, высота потолков и конфигурация трубопроводов. Это особенно важно для систем, установленных на объектах сложной архитектуры, где трудозатраты на обслуживание могут значительно варьировать в зависимости от расположения элементов системы [5-10].

Для учета геометрических характеристик в методику введены дополнительные коэффициенты, которые позволяют скорректировать трудозатраты в зависимости от сложности доступа к элементам системы. Например, если оросители установлены на большой высоте или в труднодоступных местах, то трудозатраты на их обслуживание могут быть увеличены на 20-30%.

Пример категорирования технологических мероприятий по техническому обслуживанию систем противопожарной защиты

Для иллюстрации практического применения предложенной методики рассмотрим пример категорирования технологических мероприятий при техническом обслуживании системы противопожарной защиты. В качестве исходных данных используются средние нормы трудозатрат и периодичность выполнения работ, которые были определены на основе анализа эксплуатационной документации, статистических данных и опыта эксплуатации аналогичных систем [5].

В качестве примера рассмотрим систему противопожарной защиты, установленную на объекте площадью 5000 м². В состав системы входят следующие элементы:

- 20 спринклерных узлов управления;
- 120 оросителей (распылителей);
- 1 центральная панель управления;
- 2 насоса в насосной установке;
- 1 шкаф управления;
- 6 шкафов внутреннего противопожарного водопровода.

Для каждого элемента системы определены средние нормы трудозатрат на выполнение технологических операций и их периодичность. Например, для спринклерных узлов управления средняя норма трудозатрат на выполнение одной операции составляет 30 минут, а периодичность выполнения – 12 раз в год.

На первом этапе категорирования определяется число разрядов, которое зависит от количества технологических операций N и их трудоемкости T . Для этого используется формула Гейнхольд-Геде, которая позволяет определить оптимальное количество категорий на основе количества операций. В нашем примере количество технологических операций

составляет 34 (количество разработанных нами технологических карт), что соответствует 7 категориям.

После определения числа разрядов рассчитываются границы категорий на основе средних норм трудозатрат и периодичности выполнения работ. Для этого используется гистограмма, которая позволяет визуализировать распределение трудозатрат и определить границы каждой категории.

Расчет категорий по критерию R_1 (средние годовые трудозатраты) производится следующим образом:

1. Определяем число разрядов L , используя формулу Гейнхольд-Геде:

$$L = INT(\sqrt{N}) \quad (1)$$

2. Определяем шаг гистограммы:

$$\Delta T = \frac{(T_{max} - T_{min})}{L - 2}, \text{ чел./мин.} \quad (2)$$

где, INT – это функция, отбрасывающая все дробные доли значений, связанные с числом;

T_{max} и T_{min} – наибольшая и наименьшая по трудозатратам технологическая операция в общей выборке.

3. Определяем левую границу гистограммы. Так как средняя норма технологических мероприятий имеет положительные значения, то $T_L = 0$ и в этом случае $R_1 = 0$.

4. Определяем границы первого, второго и последующего разрядов гистограммы по формуле:

$$R_1=1 \text{ при } T_L; T_L + \Delta T; R_1=2 \text{ при } T_L + \Delta T; T_L + 2\Delta T; R_1=3 \text{ при } T_L + 2\Delta T; T_L + 3\Delta T \quad (3)$$

Например, для категорирования по критерию R_1 (средние годовые трудозатраты) определяются следующие границы:

- Категория 1: трудозатраты от 0 до 50 минут;
- Категория 2: трудозатраты от 50 до 100 минут;
- Категория 3: трудозатраты от 100 до 200 минут;
- Категория 4: трудозатраты свыше 200 минут.

Для категорирования по критерию R_2 (периодичность выполнения работ) используются следующие границы:

- Категория 0: работы, выполняемые 0 раз в год;
- Категория 1: работы, выполняемые 1 раз в год (ежегодно);
- Категория 2: работы, выполняемые 2 раза в год (1 раз в 6 месяцев);
- Категория 3: работы, выполняемые 4 раза в год (ежеквартально);
- Категория 4: работы, выполняемые 12 раз в год (ежемесячно);
- Категория 5: работы, выполняемые 52 раза в год (еженедельно);
- Категория 6: работы, выполняемые 104 раза в год (2 раза в неделю).

На основе границ категорий формируется матрица (Табл.1), которая позволяет классифицировать работы по их трудоемкости и периодичности. Например, работы с высокой трудоемкостью (категория 4 по R_1) и высокой периодичностью (категория 4 по R_2) относятся к высшей категории, что требует более тщательного планирования и выделения дополнительных ресурсов.

Табл.1. Матрица категорий по трудозатратам и периодичности проведения технического обслуживания

	R_2						
	0	1	2	3	4	5	6
R_1	1	1	2	3	4	5	6
	2	2	4	6	8	10	12

	3	3	6	9	12	15	18
	4	4	8	12	16	20	24

Рассмотрим пример категорирования конкретных технологических операций (в соответствии с разработанными технологическими картами):

1. ТК 3.2 Осмотр и очистка от пыли и грязи, защита от попадания на оросители штукатурки и краски при ремонтных работах:

- Средняя норма трудозатрат – 37 минут, соответственно $R_1 = 1$;
- Периодичность проведения технического обслуживания элемента – 1 раз в месяц (ежемесячно), значит $R_2 = 4$;
- Следовательно, общая категория – 4.

2. ТК 1.8 Очистка фильтра:

- Средняя норма трудозатрат – 55 минут, соответственно $R_1 = 2$;
- Периодичность проведения технического обслуживания элемента – 1 раз в год (ежегодно), значит $R_2 = 1$;
- Следовательно, общая категория – 2.

3. ТК 5.1 Очистка от грязи и мусора электродвигателей: внешних поверхностей, вентиляционных решёток и полостей:

- Средняя норма трудозатрат – 125 минут, соответственно $R_1 = 3$;
- Периодичность проведения технического обслуживания элемента – 4 раз в год (ежеквартально), значит $R_2 = 3$;
- Следовательно, общая категория – 9.

4. ТК 1.6 Проверка корректности показаний работы манометров:

- Средняя норма трудозатрат – 161 минута, соответственно $R_1 = 3$;
- Периодичность проведения технического обслуживания элемента – 52 раза в год (еженедельно), значит $R_2 = 5$;
- Следовательно, общая категория – 15.

Таким образом, проанализировав все мероприятия по техническому обслуживанию систем противопожарной защиты, можно сделать вывод, что большая часть работ относится к категориям с низкой и средней трудоемкостью (R_1), но с высокой периодичностью выполнения (R_2). В связи с этим необходимо осуществлять равномерное распределение нагрузки в течение года, с целью избежания перегрузки персонала. Например, работы с общей категорией 12 и выше должны быть равномерно распределены по месяцам в течение года, чтобы избежать пиковые нагрузки. В то время, как работы с общей категорией 4 и ниже могут быть выполнены в другие, менее загруженные, периоды.

Применение методики для составления годового плана-графика

Одним из ключевых преимуществ предложенной методики является возможность ее использования для составления годового плана-графика технического обслуживания систем противопожарной защиты. Его использование позволит не только рационально распределять выполняемые работы по месяцам в течение года, но и существенно сократить трудозатраты.

Таким образом, при составлении годового план-графика в первую очередь необходимо брать во внимание два основных фактора: периодичность осуществления работ и среднегодовые трудозатраты на их выполнение. На их основе были сформированы следующие принципы распределения работ по техническому обслуживанию систем противопожарной защиты:

1. Равномерное распределение работ согласно матрице категорий по трудозатратам и периодичности проведения технического обслуживания, что позволит сформировать равную нагрузку на каждый месяц;

2. Выполнение работ с низким показателем согласно матрице категорий по трудозатратам и периодичности проведения технического обслуживания в менее загруженные месяцы;

3. Принимать во внимание сезонные факторы, так как для выполнения ряда мероприятий по техническому обслуживанию требуются определенные условия.

Пример годового плана-графика (Табл.2 и Рис.2), составленного на основе предложенной методики, показывает, что общие трудозатраты на техническое обслуживание системы противопожарной защиты могут быть значительно снижены за счет оптимизации распределения работ.

Табл.2. Пример годового плана-графика проведения работ по техническому обслуживанию систем противопожарной защиты

ТК	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1.2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1.3				4								
1.4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1.5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1.6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1.7	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1.8										2		
1.9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3.1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3.2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4.1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4.2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
5.1	9			9			9			9		
5.2		9			9			9			9	
5.3			9			9			9			9
5.4	9			9			9			9		
5.5												
5.6		9			9			9			9	
5.7	по необходимости											
5.8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5.9	6						6					
6.1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6.2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6.3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
6.4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
6.5	по необходимости											
6.6			9			9			9			9
6.7			2						2			
7.1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7.2			2						2			
7.3					3							
7.4						3						
7.5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	204	198	202	202	201	201	204	198	202	200	198	198

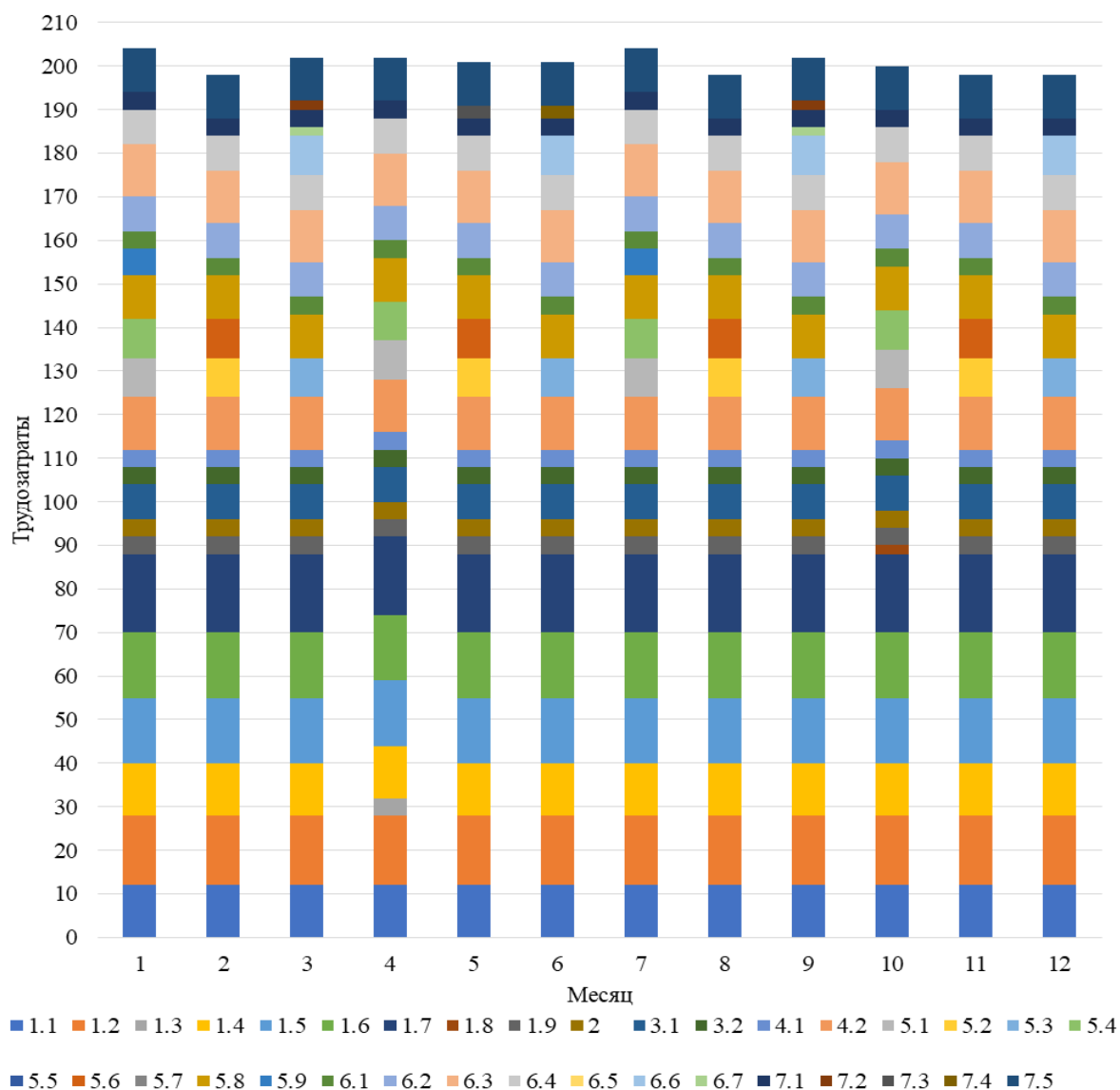


Рис.2. График распределения трудозатрат по месяцам

Выше представленный график позволяет наглядно убедиться в важности распределения трудозатрат при техническом обслуживании систем противопожарной защиты по месяцам. Данный график помогает равномерно распределить нагрузку в течение года, позволяя избежать перегрузки и оптимизировать трудозатраты в тот или иной месяц, а также обеспечить своевременность выполнения работ согласно срокам, установленным нормативной документацией. В свою очередь, долгосрочный анализ данных, позволит прогнозировать трудозатраты, учитывая также сезонные условия, что особенно важно для организаций, занимающихся техническим обслуживанием систем в множестве разноплановых объектах. Таким образом, качественное распределение трудозатрат позволит повысить не только надежность противопожарной защиты на объекте, но и снизить нагрузку на персонал, и тем самым улучшить условия их работы.

Заключение

Организация технического обслуживания систем противопожарной защиты является важнейшим элементом, обеспечивающим их надежную и стабильную работу. Представленные методы категорирования мероприятий на основании данных по трудозатратам и периодичности

обслуживания позволяют повысить эффективность планирования работ, оптимизировать использование ресурсов и минимизировать риски отказа оборудования.

Применение таких методов, как кластерный и вариационный анализы, а также алгоритмов расчета показателей, обеспечивают не только повышение точности планирования, но и сокращение издержек при сохранении высокого уровня безопасности. Учет специфики объектов и индивидуальной эксплуатации позволяет адаптировать подходы к обслуживанию и найти решения для каждой системы.

Внедрение данного подхода к организации технического обслуживания систем противопожарной защиты не только повышает уровень пожарной безопасности объекта, но и способствует экономической эффективности при их эксплуатации.

Таким образом, реализация предложенных подходов и методик открывает новые возможности в повышении эффективности управления техническим обслуживанием систем противопожарной защиты, минимизируя риски отказов оборудования и приводя его в соответствие с современными требованиями.

Список источников

1. Мурзин А.А., Сафронов Н.А., Смирнов А.В. Исследование процедуры принятия решений по планированию технического обслуживания системы противопожарной защиты // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2 (43). С. 43-49.
2. Самойлюк Т.А. Оптимизация трудозатрат как инструмент повышения результативности труда работников // Инновации и инвестиции. 2016. № 1. С. 99-102.
3. Власенко В.В. Прогнозирование трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств // Автомобильный транспорт. 2012. № 30. С. 45-48.
4. Смирнов А.В., Хабибулин Р.Ш., Тараканов Д.В. Применение многоагентного подхода для поддержки управления безопасностью в техносфере // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 1. С. 118-133.
5. Читайко О.А., Крепышев С.А. Обзор способов обоснования проектных решений по пожарной безопасности в рамках требований технического регламента о безопасности зданий и сооружений // Вестник государственной экспертизы. 2022. № 4 (25). С. 72-77.
6. Пицык В.В., Россинская К.Г., Ичмяян А.Б. Прогнозирование периодичности планово-предупредительного обслуживания систем противопожарной защиты по результатам параметрического контроля // Пожары и ЧС. 2022. № 1. С. 21-29.
7. Дертев Ф.Д. Особенности автоматических систем противопожарной защиты промышленных предприятий // Вестник науки. 2024. № 10 (79). С. 602-607.
8. Актаева А.У., Жаксылык Т.Д., Сарсенбаева Ж. Искусственный интеллект и пожарная безопасность // НИР/S&R. 2023. №1 (13). С. 133-136.
9. Новикова А.В., Варламкина А.Н., Катаргин А.Н., Солоненко А.М. Ключевые вопросы совершенствования технического регулирования в области пожарной безопасности // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2025. № 1 (23). С. 54-64.
10. Крестинин Д.А. Обеспечение пожарной безопасности в зданиях // Наука и образование сегодня. 2021. № 6 (65). С. 11-14Инфографика компании DRONE Industry Insight «Использование БПЛА в регионах в 2024 году» // DRONE Industry Insight: сайт. URL: <https://droneii.com/about>.

References

1. Murzin A.A., Safronov N.A., Smirnov A.V. Investigation of the decision-making procedure for planning maintenance of a fire protection system // Modern problems of civil protection. 2022. No. 2 (43). pp. 43-49.
2. Samoylyuk T.A. Optimization of labor costs as a tool to increase the productivity of workers // Innovations and investments. 2016. No. 1. pp. 99-102.
3. Vlasenko V.V. Forecasting labor costs for maintenance and repair of motor vehicles // Automobile transport. 2012. No. 30. pp. 45-48.

4. Smirnov A.V., Khabibulin R.Sh., Tarakanov D.V. Application of a multi-agent approach to support security management in the technosphere // Bulletin of Irkutsk State Technical University. 2018. Vol. 22. No. 1. pp. 118-133.
5. Chitayko O.A., Krepyshchev S.A. Review of ways to substantiate design decisions on fire safety within the framework of the requirements of the technical regulations on the safety of buildings and structures // Bulletin of State Expertise. 2022. No. 4 (25). pp. 72-77.
6. Pitsyk V.V., Rossinskaya K.G., Ichmelyan A.B. Forecasting the frequency of scheduled preventive maintenance of fire protection systems based on the results of parametric control // Fires and emergencies. 2022. No. 1. pp. 21-29.
7. Dertev F.D. Features of automatic fire protection systems for industrial enterprises // Bulletin of Science. 2024. No. 10 (79). pp. 602-607.
8. Aktayeva A. U., Zhaksylyk T. D., Sarsenbayeva Zh. Artificial intelligence and fire safety // Research and development/S&R. 2023. No. 1 (13). pp. 133-136.
9. Novikova A.V., Varlamkina A.N., Katargin A.N., Solonenko A.M. Key issues of improving technical regulation in the field of fire safety // Actual issues of fire safety. 2025. No. 1 (23). pp. 54-64.
10. Krestinin D. A. Ensuring fire safety in buildings // Science and education today. 2021. No. 6 (65). pp. 11-14.

Информация об авторах

Л.В. Суховерхова – кандидат технических наук

А.В. Смирнов – кандидат технических наук

Information about the author

L.V. Sukhoverkhova – Ph.D. of Engineering Sciences

A.V. Smirnov – Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.06.2025, одобрена после рецензирования 21.08.2025, принята к публикации 01.09.2025.

The article was submitted 15.06.2025, approved after reviewing 21.08.2025, accepted for publication 01.09.2025.