

УДК 614.849

ЭКОНОМИКА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: АНАЛИЗ ЗАТРАТ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ СЕРВЕРНЫХ ИНФРАСТРУКТУР

Аксенов С.Г.

д-р э.н., профессор,

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
РФ, г. Уфа*

Сагадиев К.А.

студент,

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
РФ, г. Уфа*

Аннотация.

В статье представлен комплексный экономический анализ затрат и эффективности систем пожарной безопасности, применяемых для защиты серверных помещений и центров обработки данных. Рассматриваются ключевые экономические риски, связанные с пожарами на объектах цифровой инфраструктуры, включая прямые потери оборудования, упущенную выгоду от простоя и репутационный ущерб. Проводится сравнительный анализ основных типов систем автоматического пожаротушения с точки зрения их первоначальных капитальных вложений, совокупной стоимости владения и потенциального экономического ущерба при срабатывании. Особое внимание уделено экономическому обоснованию выбора между различными огнетушащими веществами, а также роли систем сверххранного обнаружения как инструмента минимизации совокупных потерь.

Ключевые слова: экономика пожарной безопасности, серверная инфраструктура, ЦОД, анализ затрат, совокупная стоимость владения, эффективность систем пожаротушения, газовое пожаротушение, ущерб от простоя.

**FIRE SAFETY ECONOMICS: COST AND EFFICIENCY ANALYSIS OF
SERVER INFRASTRUCTURE PROTECTION SYSTEMS**

Aksyonov S.G.

*Doctor of Economics, Professor,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russian Federation*

Sagadiev K.A.

*Student,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russian Federation*

Annotation.

The article presents a comprehensive economic analysis of the costs and effectiveness of fire safety systems used to protect server rooms and data centers. The key economic risks associated with fires at digital infrastructure facilities are considered, including direct equipment losses, lost profits from downtime and reputational damage. A comparative analysis of the main types of automatic fire extinguishing systems is carried out in terms of their initial capital investments, total cost of ownership and potential economic damage upon activation. Particular attention is paid to the economic justification for the choice between various extinguishing agents, as well as the role of ultra-early detection systems as a tool for minimizing total losses.

Keywords: fire safety economics, server infrastructure, data center, cost analysis, total cost of ownership, fire extinguishing system efficiency, gas fire extinguishing, downtime damage.

Современная экономика все в большей степени зависит от бесперебойного функционирования цифровой инфраструктуры. Серверные помещения и центры обработки данных превратились в критически важные активы, чей простой ведет не только к прямым финансовым потерям, но и к нарушению бизнес-процессов, утрате данных и подрыву деловой репутации. В данных условиях обеспечение пожарной безопасности перестает быть исключительно технической или нормативной задачей, трансформируясь в сложную экономико-управленческую проблему. Инвестиции в противопожарные системы требуют значительных капиталовложений,

однако стоимость полного отказа, вызванного пожаром, может на порядки превышать затраты на любую, даже самую совершенную защиту. Таким образом, ключевой задачей для собственников и управляющих инфраструктурой становится не просто соблюдение нормативных требований, а проведение тщательного экономического анализа, направленного на поиск оптимального баланса между затратами на системы безопасности и потенциальными рисками. Данный обзор посвящен систематизации подходов к экономической оценке эффективности систем пожарной защиты серверных инфраструктур. В фокусе анализа находятся как прямые капитальные и операционные расходы, так и стоимостная оценка предотвращаемых рисков, что позволяет сформировать целостное представление об экономике пожарной безопасности в цифровую эпоху.

Пожарная опасность в серверных помещениях и ЦОДах обусловлена высокой концентрацией энергонасыщенного электронного оборудования, обширными кабельными системами и постоянным риском перегрева. При этом статистика демонстрирует парадоксальную картину: с одной стороны, благодаря строгим стандартам, крупные пожары в ЦОДах являются относительно редкими событиями; с другой стороны, каждый подобный инцидент приводит к катастрофическим последствиям. Экономический ущерб от пожара носит комплексный и многоуровневый характер. На первом уровне находятся прямые материальные потери: уничтожение или повреждение серверного и сетевого оборудования, систем хранения данных, инженерной инфраструктуры. Стоимость только физических активов современного дата-центра может составлять десятки и сотни миллионов долларов [1].

Второй, часто более значимый слой ущерба, — это потери от простой бизнес-операций. Простой ЦОД, даже на несколько часов, может привести к срыву финансовых транзакций, остановке работы онлайн-сервисов, нарушению логистических цепочек. Примеры крупных пожаров, таких как инцидент в Страсбурге в 2021 году, парализовавший миллионы веб-ресурсов, включая государственные сайты, или пожар в Калгари, приостановивший работу экстренных служб и больниц, наглядно демонстрируют масштаб возможных последствий. Упущеная выгода и штрафные санкции за неисполнение SLA (соглашений об уровне обслуживания) могут быстро превысить стоимость утраченного «железа». Третий компонент — репутационный ущерб и потеря доверия клиентов. Для компаний, чей бизнес

построен на предоставлении облачных или хостинговых услуг, пожар является тяжелейшим ударом по репутации, после восстановления которой могут потребоваться годы. Таким образом, экономика пожарной безопасности начинается с адекватной оценки полной стоимости риска, которая является суммой вероятностной оценки всех перечисленных компонентов потенциального ущерба.

Выбор конкретной системы пожаротушения представляет собой классическую экономическую задачу оптимизации, где необходимо соотнести первоначальные инвестиции (CAPEX), операционные расходы (OPEX) и потенциальные затраты на ликвидацию последствий как пожара, так и ложного срабатывания системы. Для серверных инфраструктур нормативными документами, в качестве основных рекомендованы системы газового пожаротушения, пожаротушения тонкораспыленной водой или системы, создающие гипоксическую атмосферу. С экономической точки зрения каждый тип системы обладает уникальным профилем затрат [2,5].

Газовые системы пожаротушения, длительное время считавшиеся отраслевым стандартом, характеризуются высокими капитальными затратами. В стоимость входит не только дорогостоящее огнетушащее вещество (особенно синтезированные газы-ингибиторы), но и сложная инфраструктура: баллоны высокого давления, трубопроводы, пневмоавтоматика, система хранения и заправки . Операционные расходы также значительны и включают в себя регулярное техническое обслуживание, проверку давления, перезарядку модулей. Особую актуальность в современных условиях приобретают макроэкономические и регуляторные риски. Синтезированные хладоны, такие как ФК-5-1-12, в основном импортируются, а их производство и потребление в РФ сокращается в соответствии с Кигалийской поправкой к Монреальскому протоколу. Это создает долгосрочные риски роста цен и доступности веществ для перезарядки, что напрямую влияет на совокупную стоимость владения (Total Cost of Ownership, TCO) [3].

Водяные системы (в виде спринклеров или систем тонкораспыленной воды) имеют сравнительно более низкие капитальные затраты на оборудование и огнетушащее вещество . Однако их применение сопряжено с другим видом экономического риска — риском катастрофических сопутствующих повреждений при ложном или даже штатном срабатывании. Попадание воды на работающее электронное оборудование гарантированно

выводит его из строя, что может привести к ущербу, сопоставимому с пожаром. Поэтому экономический расчет для водяных систем должен включать не только стоимость установки, но и потенциальные затраты на полную замену активов в зоне поражения. Порошковые и аэрозольные системы, хотя и могут быть дешевле в установке, несут высокие косвенные издержки, связанные с необходимостью сложной и дорогостоящей очистки помещений и оборудования после срабатывания, а также с простоем на время данных работ .

С точки зрения экономики безопасности, предотвращение ущерба всегда эффективнее, чем его компенсация после инцидента. В контексте пожарной защиты серверных инфраструктур это делает системы сверхраннего обнаружения не просто техническим дополнением, а стратегическим экономическим активом. Традиционные дымовые или тепловые извещатели срабатывают на относительно поздних стадиях развития пожара, когда для тушения уже требуется активация газовой или иной системы, несущей высокие прямые или косвенные затраты .

Внедрение аспирационных систем обнаружения (систем принудительного отбора проб воздуха), особенно с лазерными детекторами, позволяет выявить возгорание на стадии тления, за десятки минут до появления открытого пламени . С экономической точки зрения это дает драгоценный временной резерв для принятия альтернативных, менее затратных мер. Дежурный персонал может вручную проверить зону тревоги и ликвидировать начинающийся перегрев или тление с помощью первичных средств пожаротушения, не приводя в действие дорогостоящую автоматическую систему газового тушения . Таким образом, инвестиции в аспирационную систему могут быть экономически оправданы даже при их высокой начальной стоимости, поскольку они многократно снижают вероятность дорогостоящего выброса огнетушащего газа и последующей перезарядки системы, а также минимизируют риск простоя, связанного с необходимостью эвакуации и последующего проветривания помещений [4].

Принятие решения о выборе той или иной системы пожарной безопасности должно основываться на анализе совокупной стоимости владения, а не только на цене покупки и монтажа. ТСО включает в себя:

- проектирование, оборудование, монтаж, пусконаладка;

- регулярное техническое обслуживание, плановые проверки, замена расходных материалов, обучение персонала;
- на работу систем обнаружения, поддержание давления в баллонах и т.д.;
- ущерб от несанкционированного выброса ОТВ (для газовых систем), затраты на перезарядку, простой оборудования;
- уровень инвестиций в безопасность напрямую влияет на стоимость страхования объекта. Современные страховщики все чаще требуют внедрения систем сверхраннего обнаружения в качестве условия предоставления страховки [5].

Для газовых систем ТСО будет смешена в сторону высоких операционных и потенциальных рисковых затрат. Для водяных систем — в сторону риска катастрофического сопутствующего ущерба. Экономически оптимальным решением часто становится гибридный подход, сочетающий сверхраннее обнаружение (для предотвращения развития пожара) с надежной, но «щадящей» системой тушения на крайний случай. Кроме того, актуальной тенденцией является интеграция систем пожарной безопасности в общую систему управления зданием (BMS) и использование предиктивной аналитики на основе данных с датчиков температуры оборудования, что позволяет выявлять и устранять риски еще до возникновения пожарной опасности .

Экономика пожарной безопасности серверных инфраструктур представляет собой сложную дисциплину, находящуюся на стыке риск-менеджмента, финансового анализа и инженерного проектирования. Прямолинейная стратегия, направленная на минимизацию первоначальных инвестиций, в данном контексте является порочной, так как может привести к многомиллионным потерям в случае реализации даже маловероятного риска. Ключом к построению эффективной защиты является не поиск «самой дешевой» системы, а проведение глубокого анализа совокупной стоимости владения и потенциального ущерба. Инвестиции в технологии сверхраннего обнаружения, несмотря на их высокую стоимость, оказываются экономически оправданными, так как позволяют предотвращать инциденты на стадии, когда стоимость их ликвидации минимальна. Выбор огнетушащего вещества должен учитывать не только нормативные требования, но и долгосрочные тенденции рынка, регуляторные изменения, а

также специфику возможного сопутствующего ущерба. В конечном итоге, адекватно финансируемая и экономически обоснованная система пожарной безопасности перестает быть статьей расходов и превращается в страховой полис и конкурентное преимущество, гарантирующее непрерывность бизнеса и сохранение доверия клиентов в цифровую эпоху.

Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Кривохижина О.И., Синагатуллин Ф.К. Анализ и оценка пожарной опасности в общеобразовательных учреждениях // Экономика строительства. – 2023, № 5. - С. 70-72.
2. Аксенов С.Г., Гайзетдинова А.М. Анализ и оценка обеспечения пожарной безопасности на предприятиях пищевой промышленности на примере предприятий по изготовлению сиропа // Экономика строительства. - 2023, № 6. - С. 30-33.
- Дык Хоанг Тхо, Корольченко А. Я. Сопоставление эффективности проводных и беспроводных систем оповещения и управления эвакуацией // Пожаровзрывобезопасность. 2013. №10. С. 69-74.
3. Яковлев В.А., Семенова А.Н. Экономическая целесообразность противопожарных мероприятий // Московский экономический журнал. 2019. №11. С. 748-753.
5. СП 541.1325800.2024 «Здания и сооружения центров обработки данных. Правила проектирования».