

Научная статья

УДК 51-74:614.842.4; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-118-129

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

✉ **Богущий Сергей Юрьевич.**

**Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы**

**«Испытательная пожарная лаборатория» по г. Санкт-Петербургу, Санкт-Петербург, Россия.**

**Синешук Юрий Иванович.**

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

✉ ***ipl-spb@mail.ru***

*Аннотация.* Снижение воздействия опасных факторов пожара на людей и материальные ценности достигается применением систем пожарной автоматики. Особую, системообразующую роль в совокупности этих взаимодействующих систем играет система пожарной сигнализации. Современные взгляды на реализуемый этими системами функционал, предназначенный для достижения или поддержания безопасного состояния объекта по отношению к конкретному опасному событию, позволяют отнести его к функциям безопасности. Авторы всесторонне рассматривают вопросы, связанные с причинами нарушения работоспособности такого рода технических объектов, систематизируют разрозненные научные исследования в предметной области, анализируют новые подходы к решению задач оценки и обеспечения надежности этих систем. На основе информационно-логической модели системы пожарной сигнализации многоквартирного жилого дома предложена методика для проведения оценки функциональной безопасности и сравнительных оценок различных инженерных решений систем пожарной сигнализации в части обеспечения выполнения требуемых функций безопасности на различных этапах жизненного цикла.

*Ключевые слова:* система противопожарной защиты, система пожарной автоматики, система пожарной сигнализации, многоквартирный жилой дом, функция безопасности

**Для цитирования:** Богущий С.Ю., Синешук Ю.И. Методика оценки функциональной безопасности системы пожарной сигнализации на основе информационно-логической модели // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 2 (74). С. 118–129. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-118-129

Scientific article

## METHODOLOGY FOR ASSESSING THE FUNCTIONAL SAFETY OF A FIRE ALARM SYSTEM BASED ON AN INFORMATION-LOGICAL MODEL

✉Bogutsky Sergey Yu.

Forensic expert institution of the federal fire service «Testing fire laboratory»  
in Saint-Petersburg, Saint-Petersburg, Russia.

Sineshchuk Yury I.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia  
✉ipl-spb@mail.ru

*Abstract.* Reducing the impact of fire hazards on people and property is achieved by using fire automation systems. The fire alarm system plays a special, system-forming role in the totality of these interacting systems. Modern views on the functionality implemented by these systems, designed to achieve or maintain a safe state of an object in relation to a specific dangerous event, allow it to be classified as a safety function. The authors comprehensively consider issues related to the causes of malfunction of such technical facilities, systematize disparate scientific research in the subject area, analyze new approaches to solving the problems of assessing and ensuring the reliability of these systems. Based on the information and logical model of the fire alarm system of an apartment building, a methodology is proposed for assessing functional safety and comparative assessments of various engineering solutions for fire alarm systems in terms of ensuring the required safety functions at various stages of the life cycle.

*Keywords:* fire protection system, fire automation system, fire alarm system, apartment building, security function

**For citation:** Bogutsky S.Yu., Sineshchuk Yu.I. Methodology for assessing the functional safety of a fire alarm system based on an information-logical model // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 2 (74). P. 118–129. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-118-129.

### Введение

Безопасность зданий и сооружений обеспечивается применением совокупности мер, мероприятий и средств снижения риска до приемлемого уровня и поддержания этого уровня в течение периода эксплуатации или использования этих объектов. К средствам снижения риска относятся системы, связанные с безопасностью зданий и сооружений.

Процессу обеспечения безопасности зданий и сооружений предшествует анализ и учет возможных источников опасностей и присущих им факторов риска. Одной из таких опасностей является опасность пожара с соответствующими ему опасными факторами и их сопутствующими проявлениями, которые могут представлять угрозу для жизни и здоровья людей.

Снижение воздействия опасных факторов пожара на людей и материальные ценности достигается, в том числе, применением систем пожарной автоматики (СПА), которые дают возможность в автоматическом режиме активировать системы противопожарной защиты (СППЗ), обеспечить безопасность путей эвакуации и принимать оперативные меры по ликвидации пожара.

В состав СПА могут входить различные системы, в том числе: пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей, противодымной вентиляции, автоматического пожаротушения, внутреннего противопожарного водопровода и др.,

предназначенные в основном для смягчения последствий опасного события – пожара, снижая риски путем уменьшения тяжести последствий.

Как указывает ряд исследователей [1–6], работа СПА на объекте защиты значительно снижает вероятность смертельных случаев при возникновении пожара, что особенно актуально для объектов жилого сектора, многоквартирных жилых домов (МЖД). Это обстоятельство позволяет отнести реализуемый СПА функционал, предназначенный для достижения или поддержания безопасного состояния объекта по отношению к конкретному опасному событию, к функциям безопасности. Отмечаемая при этом низкая вероятность реализации своих функций безопасности СПА существенно повышает их пожарную опасность, что указывает на необходимость обеспечения надежности функционирования этих систем и постоянной их готовности к использованию, создания условий для эффективной и бесперебойной работы технических средств в условиях возникновения и развития пожара.

### Постановка задачи

Причины, по которым СПА не могут выполнить свои функции, формируются и (или) проявляются на различных этапах их жизненного цикла, могут быть следующими: ошибки проектирования и монтажа, технологические ошибки производства и низкая надежность элементной базы технических средств, деструктивное воздействие случайных факторов окружающей среды, неполнота организационных мер по обеспечению требуемого уровня технического обслуживания. Вместе с тем в указанный перечень следует также добавить и отсутствие мер по актуализации вариантов возможного возникновения и развития пожара в процессе эксплуатации объекта защиты и адаптации к ним существующей СПА [7].

Особую, системообразующую роль в совокупности взаимодействующих систем автоматической противопожарной защиты, играет система пожарной сигнализации (СПС).

Так, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и нормативных правовых актов Российской Федерации по пожарной безопасности, МЖД должны быть оснащены СПС с целью своевременного обнаружения пожара, управления СППЗ и иными инженерными системами объекта.

В большинстве случаев, помимо функции обнаружения пожара, СПС в МЖД должна обеспечивать выдачу инициирующих сигналов управления в следующие системы (при их наличии): система оповещения и управления эвакуацией при пожаре (СОУЭ); система противодымной вентиляции (ПДВ); система внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ); система передачи извещений (СПИ); система контроля и управления доступом (СКУД); система общеобменной вентиляции; система (устройство) управления лифтами.

Логика формирования сигналов на управление в автоматическом режиме СППЗ и инженерными системами объекта, количество и размещение пожарных извещателей (ПИ) находят свое отражение в типовых структурных схемах СПС, соответствующих разному периоду их ввода в эксплуатацию, что обусловлено требованиями нормативных документов по пожарной безопасности определенного периода, например: СНиП 2.04.09–84, НПБ 88–01, СП 5.13130.2009, СП 484.1311500.2020. При этом соответствующие схемы построения СПС, используемые ими алгоритмы формирования управляющих сигналов, несмотря на уже отмененный статус ряда нормативных документов, применявшихся при их создании, до сих пор могут встречаться в практике оценки функциональных характеристик действующих СПС МЖД.

В настоящее время при оснащении жилых зданий СПС в помещениях квартир, местах общего пользования (этажные коридоры, холлы) должны быть установлены автоматические ПИ, сигналы от которых регистрируются приемно-контрольным оборудованием объекта (п. 6.2.15 СП 484.1311500.2020). При высоте здания более 28 м СПС должны быть адресного типа (п. 3. табл. А.1 СП 484.1311500.2020). Принятие решения о возникновении пожара

в заданной зоне контроля пожарной сигнализации (ЗКПС) осуществляться выполнением одного из предусмотренных нормативными требованиями алгоритмов (п. 6.4.1 СП 484.1311500.2020) в зависимости от необходимости управления различными системами.

Требования нормативных документов, касающиеся архитектуры систем и алгоритма перехода в режим «Пожар», связаны с обеспечением защиты от ложных срабатываний и повышением общей надежности системы. При этом для повышения надежности технических систем, таких как СПС, широко применяется метод резервирования [8, 9].

Надежность этих систем с учетом потребностей в техническом обслуживании напрямую влияет на их способность снижать риски, то есть, вероятность отказа системы по требованию связана со снижением риска, которое она обеспечивает [10].

Отмеченные обстоятельства, характеризующие предназначение, организацию разработки и условия функционирования СПС, позволяют признать одной из важнейших характеристик указанных систем их функциональную безопасность, которая зависит от их правильного функционирования при выполнении функции безопасности, и определяется как составная часть (элемент) системной безопасности.

Учитывая все вышеизложенное, остро встает проблема обеспечения надежности функционирования СПС и необходимости проведения объективной оценки ее функциональных характеристик на различных этапах жизненного цикла.

### **Методика оценки функциональной безопасности СПС**

При оборудовании объекта защиты техническими средствами СПС, прежде всего, необходимо обеспечить выполнение требуемых функций безопасности при возникновении и развитии пожара. В данном случае объективный анализ возможности выполнить СПС свои функции можно производить с позиции функциональной безопасности на основе серии межгосударственных стандартов ГОСТ 34332 «Безопасность функциональная систем, связанных с безопасностью зданий и сооружений». Концепция их применения заключается в проведении анализа опасностей объекта и определении суммарного снижения риска, необходимого для достижения соответствия критериям риска, и используется для определения необходимого количества систем безопасности и конкретных функций безопасности. Указанные стандарты распространяется на системы безопасности зданий и сооружений, включая СПС, устанавливаемые или установленные во вновь возводимых или реконструируемых зданиях и сооружениях, в том числе включая жилые здания.

При анализе надежности систем, связанных с безопасностью, вместо вероятности отказа используется понятие «вероятность отказа при наличии запроса», то есть вероятность отказа при наличии необходимости быть в состоянии готовности [11]. Отказ системы сам по себе не является причиной возникновения непосредственной опасности. Поэтому, например, если рассматривается СПС МЖД, то, прежде всего, нужно учитывать вероятность ее отказа во время возникновения пожара, а не в то время, когда он не произошел. Отсюда следует вывод, что с точки зрения выполнения функции по управлению системами противопожарной защиты нужно рассматривать вероятность отказа элементов СПС на интервале времени возникновения и развития пожара. Вероятность же ложного срабатывания СПС будет относиться к так называемым «безопасным отказам» и не влияет на выполнение заданной функции.

Кроме того, следует отметить, что СПС относится к классу восстанавливаемых, работоспособность которых может быть восстановлена, в том числе и путем проведения ремонта. Поддержание требуемого уровня ее надежности в процессе эксплуатации осуществляется путем проведения комплекса организационно-технических мероприятий. Сюда входят периодические технические обслуживания, профилактические и восстановительные ремонты.

Таким образом, вероятность выполнения требуемой функции косвенно зависит от качества, периодичности, времени проведения ее обслуживания и ремонта, глубины контроля отдельных элементов, охватом диагностики. Поэтому указанные параметры при оценке функциональной безопасности СПС должны быть также учтены. Например, встроенная система диагностики снижает вероятность того, что неисправности, возникающие между регулярными интервалами технического обслуживания, останутся незамеченными. Своевременное обнаружение неисправности, а не в условиях пожара, может иметь решающее значение для возможности функционирования СППЗ объекта.

Для примера анализа функциональной безопасности СПС, установленной в МЖД, на рис. 1 представлена упрощенная структурная схема СПС, которая достаточно часто была использована для построения систем пожарной автоматики в МЖД в последнее десятилетие.

В качестве технических средств обнаружения пожара представлены тепловые ПИ, устанавливаемые в прихожих квартир; дымовые и ручные ПИ, устанавливаемые в этажных коридорах. В состав системы также входят технические средства, предназначенные для контроля (приема, обработки сигналов) ПИ (ППКП), для управления исполнительными устройствами СППЗ (ППУ), источник бесперебойного электропитания. Управление в автоматическом режиме СОУЭ, ПДВ, ВПВ, СПИ осуществляется при срабатывании не менее двух ПИ, включенных по логической схеме «И». Для возможности формирования команды управления (автоматический режим) в защищаемом помещении (зоне) установлено не менее трех ПИ.

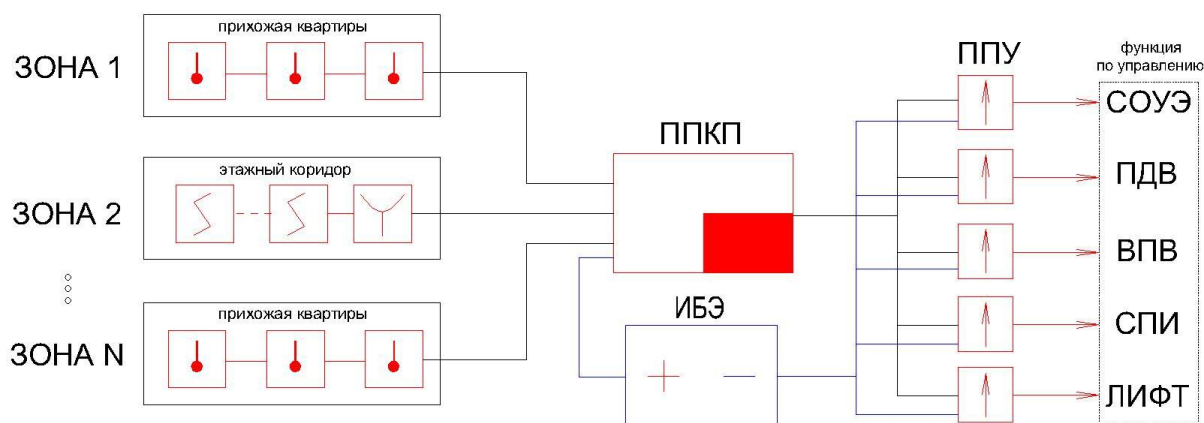


Рис. 1. Структурная схема СПС, установленной в МЖД

Так как вероятность возникновения пожара, и соответственно, частота запросов к СПС для реализации ее функций безопасности, составляет менее чем один раз в год, то полагаем, что представленная система, используется в режиме с низкой интенсивностью запросов для выполнения функций по управлению СППЗ. Требуется, чтобы была дана оценка средней вероятности опасных отказов по запросу (то есть «средней неготовности»). Для этой цели можно воспользоваться упрощенным подходом, описанным в ГОСТ Р 59773–2021 «Безопасность функциональная систем, связанных с безопасностью зданий и сооружений. Порядок применения комплекса стандартов ГОСТ 34332. Примеры расчетов». Среднюю вероятность отказа по запросу для функции безопасности системы определяют посредством определения и суммирования средних вероятностей отказов по запросу для всех подсистем, которые реализуют конкретную функцию безопасности.

Входные данные модели функционирования СПС в части вероятности отказов при выполнении функции безопасности включают в себя следующие параметры: общая интенсивность отказов (опасных отказов) для канала (элемента или группы элементов, которые независимо реализуют элемент функции безопасности) подсистемы; архитектура подсистемы; интервал контрольных проверок (тестов) и их охват; среднее время ремонта и восстановления;

охват диагностикой; доля необнаруженных (обнаруженных диагностическими тестами) отказов по общей причине; интервал времени между запросами функции безопасности.

Проведем анализ возможности выполнения СПС своей функции по управлению (активации) СОУЭ. На рис. 2 представлена совокупность основных подсистем, которые обеспечивают указанную функцию безопасности:

- подсистема обнаружения пожара, представленная ПИ, установленных в защищаемой зоне;
- логическая подсистема, представленная прибором приемно-контрольным пожарным (ППКП), осуществляющего анализ сигналов, полученных от ПИ, принятие решения, формирование запроса к подсистеме исполнительных элементов;
- подсистема исполнительных элементов. Рассматривая отдельно СПС в совокупности взаимодействующих СПА, отдельные ее функции по управлению СППЗ и инженерным оборудованием объекта защиты, подсистема исполнительных элементов может быть представлена прибором управления пожарным (ППУ), устройствами пуска и др., непосредственно осуществляющими активацию исполнительных устройств.

В результате отказа источника бесперебойного электропитания (ИБЭ), являющегося составной частью СПС, питание технических средств может прекратиться, что влияет на среднюю вероятность отказа по запросу функции безопасности, и поэтому указанный источник питания также должен быть учтен.

Отдельно стоит отметить, что линии связи между отдельными элементами также входят в состав соответствующих подсистем.

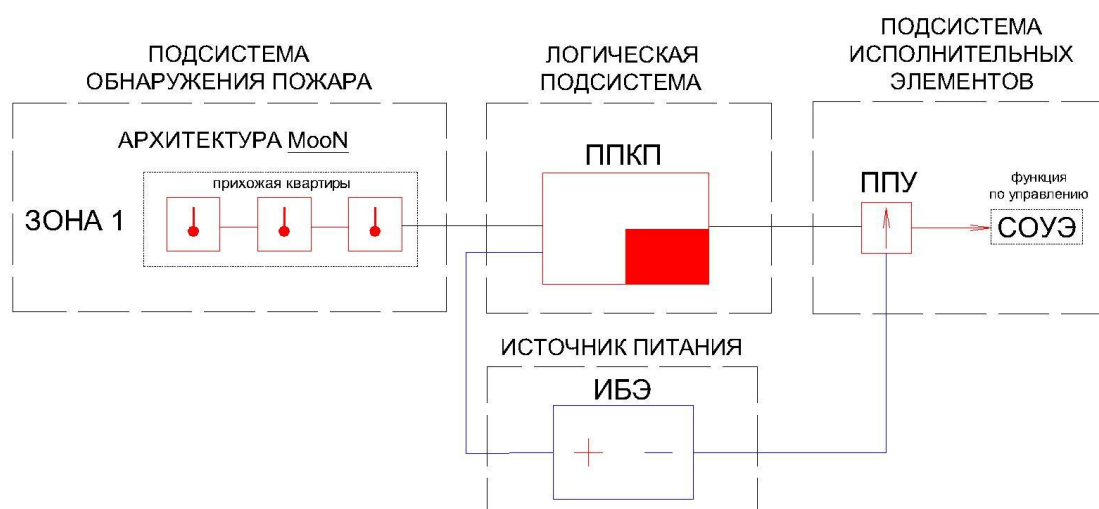


Рис. 2. Структурная схема подсистем, обеспечивающих функцию по управлению СОУЭ

Таким образом, средняя вероятность отказа по запросу для функции СПС по управлению (активации) СОУЭ ( $PFD_{SYS}$ ), с учетом влияния источника питания, может быть определена следующим выражением:

$$PFD_{SYS} = PFD_S + PFD_L + PFD_{FE} + PFD_{EL},$$

где  $PFD_S$  – средняя вероятность отказа по запросу для подсистемы обнаружения пожара;  $PFD_L$  – средняя вероятность отказа по запросу для логической подсистемы;  $PFD_{FE}$  – средняя вероятность отказа по запросу для подсистемы исполнительных элементов, которые реализуют запрос на управление (выполнение определенной функции);  $PFD_{EL}$  – средняя вероятность отказа по запросу для источника питания.

Подсистема обнаружения пожара включает в себя три ПИ с избыточностью и архитектурой 2oo3, так как для обеспечения функции безопасности необходимо срабатывание не менее двух ПИ.

Логическая подсистема представляет собой систему с архитектурой 1oo1, которая управляет ППУ в подсистеме исполнительных элементов.

Подсистема исполнительных элементов построена в соответствии с архитектурой 1oo1, и для обеспечения функции безопасности задействовано одно реле ППУ (контрольно-пускового блока) к которому подключена цепь с оповещателями СОУЭ.

Посредством ИБЭ обеспечивается питание ППКП и ППКП, и при его отказе функция безопасности не может быть выполнена.

Оценка допустимости развития событий в системе, вызванных отказами, может быть осуществлена с использованием информационно-логической модели взаимодействия значимых элементов системы [12].

Для проведения анализа рассматриваемой системы, изучения элементов системы и их взаимосвязи, а также логических связей отказов отдельных элементов с общим отказом системы предлагается воспользоваться информационно-логическими моделями функционирования в части выполнения и отказа выполнения функции безопасности по запросу, представленными на рис. 3, 4.

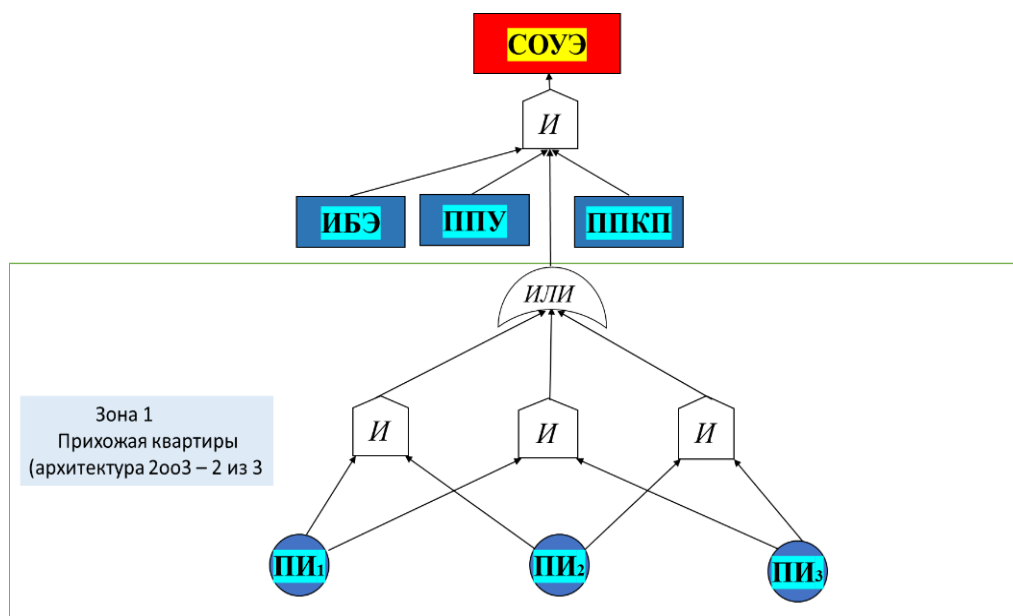
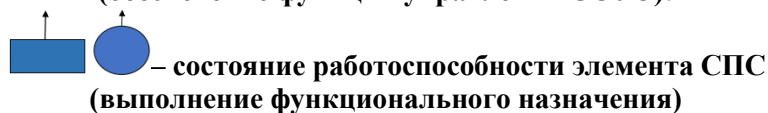


Рис. 3. Информационно-логическая модель выполнения СПС функции безопасности по запросу (обеспечение функции управления СОУЭ):



Для архитектуры 1oo1, среднюю вероятность отказа по запросу ( $PFD_{1oo1}$ ) определяют по формуле:

$$PFD_{1oo1} = \lambda_{DU} \left( \frac{T_1}{2} + MRT \right) + \lambda_{DD} MTTR, \quad (1)$$

где  $\lambda_{DU}$  – интенсивность необнаруженных опасных отказов для канала подсистемы, отказ/ч;  $\lambda_{DD}$  – интенсивность обнаруженных опасных отказов для канала подсистемы, отказ/ч;  $T_1$  – интервал времени между контрольными проверками, ч;  $MRT$  – среднее время ремонта, ч;  $MTTR$  – среднее время восстановления, ч.

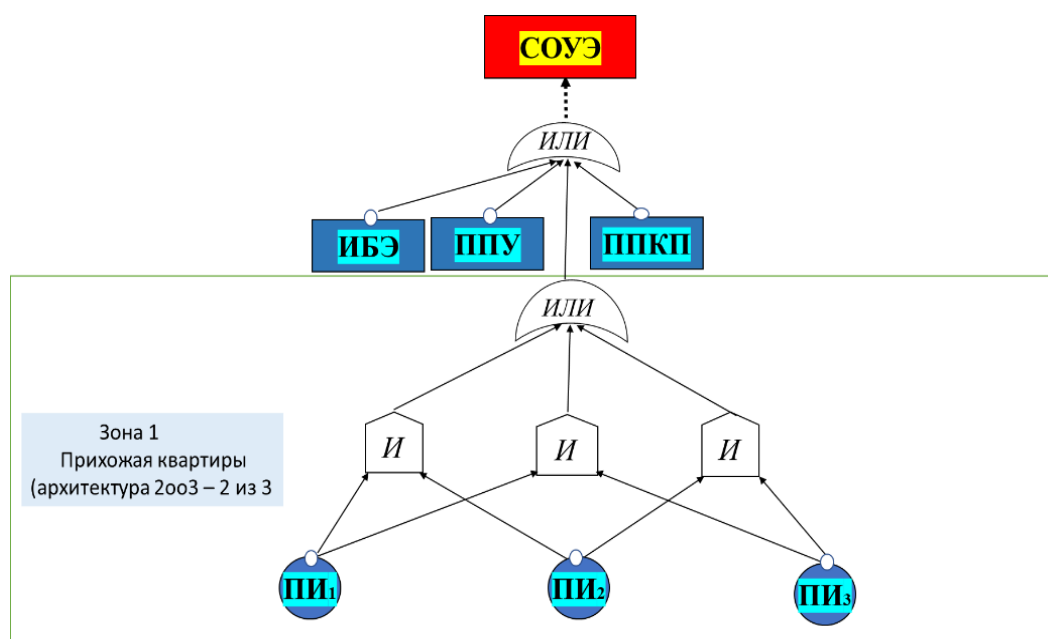
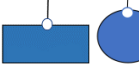


Рис. 4. Информационно-логическая модель отказа СПС в выполнении функции безопасности по запросу (отказ функции управления СОУЭ):

 – состояние отказа элемента СПС (невыполнение функционального назначения)

Среднюю вероятность отказа по запросу ( $PFD_{2003}$ ) для архитектуры 2003 вычисляют по формуле:

$$PFD_{2003} = 6((1 - \beta_D)\lambda_{DD} + (1 - \beta)\lambda_{DU})^2 t_{CE} t_{GE} + \beta_D \lambda_{DD} MTTR + \beta \lambda_{DU} \left( \frac{T_1}{2} + MRT \right),$$

где  $\beta$  – доля необнаруженных отказов по общей причине;  $\beta_D$  – доля отказов, обнаруженных диагностическими тестами и имеющих общую причину;  $t_{CE}$  – эквивалентное среднее время простоя канала, ч;  $t_{GE}$  – эквивалентное среднее время простоя голосующей группы, ч.

Эквивалентное среднее время простоя канала:

$$t_{CE} = \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D} \left( \frac{T_1}{2} + MRT \right) + \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D} MTTR.$$

Эквивалентное среднее время простоя голосующей группы:

$$t_{GE} = \frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D} \left( \frac{T_1}{3} + MRT \right) + \frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D} MTTR.$$

Например, средняя вероятность отказа по запросу для подсистем в рассматриваемом примере при интервале контрольных испытаний равному одному году; среднем времени ремонта – 8 ч.

– для подсистемы ПИ при охвате диагностикой  $DC = 60\%$ , интенсивности опасных отказов для канала подсистемы  $\lambda_D = 2,5 \cdot 10^{-6}$ , факторов отказа по общей причине  $\beta = 2\%$  и  $\beta_D = 1\%$  составляет  $PFD_S = 1,6 \cdot 10^{-4}$ ;

– для логической подсистемы при охвате диагностикой  $DC = 60\%$ , интенсивности опасных отказов  $\lambda_D = 0,5 \cdot 10^{-6}$  составляет  $PFD_L = 4,4 \cdot 10^{-4}$ ;

– для подсистемы исполнительных элементов без возможности осуществления диагностических тестов, интенсивности опасных отказов  $\lambda_D = 2,5 \cdot 10^{-7}$  составляет  $PFD_{FE} = 5,5 \cdot 10^{-4}$ .



Для учета влияния ИБЭ на среднюю вероятность отказа по запросу функции безопасности можно использовать выражение (1). При охвате диагностикой  $DC = 60\%$ , интенсивности опасных отказов  $\lambda_D = 0,5 \cdot 10^{-6}$  – средняя вероятность отказа по запросу составит  $PFD_{EL} = 4,4 \cdot 10^{-4}$ .

Таким образом, при возникновении пожара в «Зоне  $i$ » (активации ПИ) средняя вероятность отказов при выполнении СПС функции по управлению СОУЭ составит:

$$PFD_{SYS} = PFD_S + PFD_L + PFD_{FE} + PFD_{FE} = 1,6 \cdot 10^{-4} + 4,4 \cdot 10^{-4} + 5,5 \cdot 10^{-4} + 4,4 \cdot 10^{-4} = 1,59 \cdot 10^{-3}.$$

Теперь изменим структуру и логику перехода в режим «Пожар» СПС. Пусть подсистема обнаружения пожара включает в себя один ПИ и представляет собой архитектуру 1oo1, так как для обеспечения функции безопасности необходимо срабатывание одного ПИ. В таком случае при одинаковой интенсивности опасных отказов для канала и других параметров средняя вероятность отказа по запросу для подсистемы ПИ уже составит  $PFD_S = 4,4 \cdot 10^{-3}$ , а средняя вероятность отказов при выполнении СПС функции по управлению СОУЭ составит  $PFD_{SYS} = 5,83 \cdot 10^{-3}$ , то есть почти в 3,7 раз больше.

Следует обратить внимание, что в различных зонах подсистемы обнаружения пожара могут применяться ПИ с различными показателями интенсивности отказов, а сами подсистемы могут быть различных архитектур (в том числе с учетом схемы деградации). В этом случае средняя вероятность отказов при выполнении СПС определенной функции должна определяться для каждой защищаемой зоны (табл.).

Таблица

Подсистема обнаружения пожара		Логическая подсистема	Подсистема исполнительных элементов		Источник питания
защищаемая зона	средняя вероятность отказа по запросу	средняя вероятность отказа по запросу	функция по управлению	средняя вероятность отказа по запросу	средняя вероятность отказа по запросу
Зона 1	$PFD_{S1}$	$PFD_L$	упр. СОУЭ	$PFD_{FE \text{ СОУЭ}}$	$PFD_{EL}$
Зона 2	$PFD_{S2}$		упр. ПДВ	$PFD_{FE \text{ ПДВ}}$	
⋮	⋮		упр. ВПВ	$PFD_{FE \text{ ВПВ}}$	
Зона N	$PFD_{SN}$		упр. СПИ	$PFD_{FE \text{ СПИ}}$	

Для обобщенной оценки инженерных решений СПС в части обеспечения выполнения требуемых функций при допущении, что возникновение пожара равновероятно для каждой квартиры в жилом доме, введем понятие «Средняя вероятность отказа функции безопасности для объекта защиты», которая может быть определена следующим выражением:

$$PFD_{функц}^{об} = \frac{\sum_{i=1}^N PFD_{Зона i \text{ функц}}}{N},$$

где  $PFD_{функц}^{об}$  – значение средней вероятности отказа определенной функции безопасности для объекта защиты, например: управления СОУЭ, ПДВ, ВПВ, СПИ, инженерным оборудованием объекта;  $PFD_{Зона i \text{ функц}}$  – значения средней вероятности отказа при выполнении определенной функции безопасности для зоны  $i$ ;  $N$  – количество зон, где реализуется функция безопасности.

## Результаты исследования и их обсуждение

Как показывает приведенный пример расчета, для каждой зоны объекта защиты могут быть определены средние вероятности отказа по запросу для различных подсистем, образующих СПС, и, соответственно, средняя вероятность отказа по запросу для рассматриваемой функции безопасности СПС конкретной зоны или, если это необходимо, для всего объекта защиты (обобщенная оценка), что позволяет проводить анализ инженерных решений СПС в части обеспечения выполнения требуемых функций, который учитывает как архитектуру системы, надежность компонентов отдельных подсистем, так и параметры, определяющие процесс ее эксплуатации (интервал времени между контрольными проверками, среднее время ремонта, восстановления, охват диагностикой).

Следует отметить, что, оценку функциональной безопасности следует осуществлять на всех стадиях жизненного цикла системы, в том числе: на этапе разработки проектной (рабочей) документации на систему, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации.

Вместе с тем, при определении возможности выполнения СПС определенной функции безопасности на этапе жизненного цикла, когда она уже физически реализована на объекте, возможна оценка и ряда дополнительных факторов, оказывающих влияние на ее функционирование, например, таких как целостность функциональных линий связи, соответствие критериям выполнения функции основного назначения и т.д.

## Заключение

Предложенная методика на основе информационно-логической модели СПС МЖД позволяет проводить оценку функциональной безопасности как с учетом архитектуры составляющих ее отдельных подсистем и надежности их компонентов, так и параметров, определяющих процесс ее эксплуатации при проведении периодических технических обслуживаний, а также анализ различных инженерных решений в части обеспечения выполнения требуемых функций безопасности на различных этапах жизненного цикла.

### Список источников

1. Соколов С.В., Костюченко Д.В. Эффективность средств пожарной автоматики на пожарах в жилых домах // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 6. С. 70–75.
2. Исследование времени начала эвакуации людей в жилых многоквартирных зданиях без систем оповещения о пожаре / Д.А. Самошин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2022. Т. 31. № 4. С. 38–55.
3. Порошин А.А., Кондашов А.А., Сибирко В.И. Оценка работоспособности систем пожарной сигнализации на объектах жилого фонда за период с 2016 по 2020 гг. // Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 1 (91). С. 19–32.
4. Соколов С.В., Костюченко Д.В. Управление рисками гибели людей при пожарах в жилых домах городских поселений // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 1. С. 61–74.
5. NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations». URL: <https://www.nfpa.org/> (дата обращения: 20.01.2025).
6. Smoke Alarms in US Home Fires: Supporting Tables, 2/202 – Quincy, MA: NFPA, 2021. 27 с. URL: <https://www.nfpa.org/> (дата обращения: 20.01.2025).
7. Kubica P., Wnęk W., Boroń S. Selected principles of developing fire scenarios // CNBOP-PIB. 2016. BiTP Vol. 42. Iss. 2. 2016. P. 173–178.
8. Основы теории надежности: учеб. / А.В. Чепурин [и др.]. М.: Типография ПМГ, 2023. 232 с.
9. Морозов О.И. Технологические методы повышения надежности средств технологического оснащения в машиностроении: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2023. 171 с.

10. Fiorentini L., Cancelliere P. Fire Protection Systems functional safety requirements in performance-based design: proposed workflow and a simple case application // *Journal of Physics: Conference Series*. 2024. Vol. 2885. № 1. P. 012088.

11. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия-Телеком, 2014. 606 с.

12. Синешук Ю.И., Синешук М.Ю., Пантиховский О.В. Информационно-логическая модель анализа и обеспечения устойчивости функционирования систем управления сложными организационно-техническими объектами // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2012. № 2 (22). С. 6–12.

## References

1. Sokolov S.V., Kostyuchenko D.V. Effektivnost' sredstv pozharnej avtomatiki na pozharah v zhilyh domah // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2014. T. 23. № 6. С. 70–75.

2. Issledovanie vremeni nachala evakuacii lyudej v zhilyh mnogoetazhnyh zdaniyah bez sistem opoveshcheniya o pozhare / D.A. Samoshin [i dr.] // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2022. T. 31. № 4. С. 38–55.

3. Poroshin A.A., Kondashov A.A., Sibirko V.I. Ocenka rabotosposobnosti sistem pozharnej signalizacii na ob"ektah zhilogo fonda za period s 2016 po 2020 gg. // *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2021. Vyp. 1 (91). S. 19–32.

4. Sokolov S.V., Kostyuchenko D.V. Upravlenie riskami gibeli lyudej pri pozharah v zhilyh domah gorodskih poselenij // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2017. T. 26. № 1. С. 61–74.

5. NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations». URL: <https://www.nfpa.org/> (data obrashcheniya: 20.01.2025).

6. Smoke Alarms in US Home Fires: Supporting Tables, 2/202 – Quincy, MA: NFPA, 2021. 27 s. URL: <https://www.nfpa.org/> (data obrashcheniya: 20.01.2025).

7. Kubica P., Wnęk W., Boroń S. Selected principles of developing fire scenarios // *CNBOP-PIB*. 2016. BiTP Vol. 42. Iss. 2. 2016. P. 173–178.

8. Osnovy teorii nadezhnosti: ucheb. / A.V. Chepurin [i dr.]. M.: Tipografiya PMG, 2023. 232 s.

9. Morozov O.I. Tekhnologicheskie metody povysheniya nadezhnosti sredstv tekhnologicheskogo osnashcheniya v mashinostroenii: ucheb. posobie. Ul'yanovsk: UIGTU, 2023. 171 s.

10. Fiorentini L., Cancelliere P. Fire Protection Systems functional safety requirements in performance-based design: proposed workflow and a simple case application // *Journal of Physics: Conference Series*. 2024. Vol. 2885. № 1. P. 012088.

11. Denisenko V.V. Komp'yuternoe upravlenie tekhnologicheskim processom, eksperimentom, oborudovaniem. M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2014. 606 s.

12. Sineshchuk Yu.I., Sineshchuk M.Yu., Pantihovskij O.V. Informacionno-logicheskaya model' analiza i obespecheniya ustojchivosti funkcionirovaniya sistem upravleniya slozhnymi organizacionno-tehnicheskimi ob"ektami // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2012. № 2 (22). S. 6–12.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 15.04.2025; одобрена после рецензирования: 13.05.2025;  
принята к публикации: 23.05.2025

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 15.04.2025; approved after review: 13.05.2025;  
accepted for publication: 23.05.2025

*Информация об авторах:*

**Богущий Сергей Юрьевич**, начальник сектора судебных экспертиз федерального государственного бюджетного учреждения «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по городу Санкт-Петербургу» (197046, Санкт-Петербург, ул. Пеньковская, д. 6), e-mail: [ipl-spb@mail.ru](mailto:ipl-spb@mail.ru), SPIN-код: 3198-2840

**Синешчук Юрий Иванович**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, e-mail: [sinegal53@mail.ru](mailto:sinegal53@mail.ru), SPIN-код: 4663-4378

*Information about the authors:*

**Bogutsky Sergey Yu.**, head of the forensic expertise sector of the Forensic expert institution of the federal fire service «Test fire laboratory» in the city of Saint-Petersburg (197046, Saint-Petersburg, Penkovaya str., 6), e-mail: [ipl-spb@mail.ru](mailto:ipl-spb@mail.ru), SPIN: 3198-2840

**Sineshchuk Yuri I.**, professor of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, professor, honored worker of the higher school of the Russian Federation, e-mail: [sinegal53@mail.ru](mailto:sinegal53@mail.ru), SPIN: 4663-4378