

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.12737/article\_5940f01a8d60b0.87715921

Еременко В.Т., д-р техн. наук, проф.,  
Лякишев А.А., аспирант

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГА АСУЗ НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ УМНЫЙ ДОМ

vpksearch@yandex.ru

*В статье рассматривается алгоритм оптимизации процессов информационного обмена в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, базирующийся на использовании замкнутой экспоненциальной модели сети массового обслуживания и отличающаяся возможностью оперирования нечеткими множествами.*

**Ключевые слова:** оптимизация; сети массового обслуживания; нечеткие множества.

**Введение.** Технология умный дом (smart house, также building automation и intelligent building, рус. АСУЗ) – система домашних устройств, способных выполнять действия и решать определенные задачи без участия человека. Наиболее распространенные примеры таких действий – автоматическое включение и выключение света, автоматическая коррекция работы отопительной системы или кондиционера и автоматическое уведомление о вторжении, возгорании или протечке воды.

Основными целями создания АСУЗ являются повышение безопасности, улучшение комфорта и обеспечение эффективности ресурсопотребления. Это комплексная задача, часто имеющая под собой определенную бизнес концепцию. Результат достигается за счет лучшего качества работы систем жизнеобеспечения здания при сокращении расходов на обслуживающий персонал.

Одной из основных систем АСУЗ является система безопасности и мониторинга (СБМ АСУЗ). Такая система интегрируется с охранными системами, по тревоге высылающими группы реагирования, и включает в себя: датчики движения, датчики присутствия, датчики вибрации, датчики разбития стекла, датчики открытия окна или двери, видеонаблюдение, видеодомофоны и видеоглазки, электронные замки (умные замки, смартлоки), модули управления воротами, сирены. Эти устройства позволяют сконструировать подходящую систему безопасности и мониторинга, от сравнительно простой до достаточно сложной.

Функционирование устройств СБМ АСУЗ, связано со специфическими (по сравнению с

традиционными объектами управления) свойствами данных технологических процессов: неоднозначностью реакции технологического объекта на различные управляющие воздействия; многозначностью интерпретации состояний объектов; нестационарностью процессов, обусловленных изменением параметров и переменных состояния технологических объектов во времени; многокритериальностью оценки функционирования объектов СБМ АСУЗ. Указанные обстоятельства определяют чрезвычайно сжатый временной интервал реакции для лица, принимающего решение в нештатных ситуациях при обеспечении безопасности. В связи с этим задача оптимизации процессов информационного обмена в СБМ АСУЗ представляется актуальной.

Исследование основывается на результатах работ в области: теории распределённой обработки данных (М. ван Стеет, В.Г. Хорошевский, Э. Таненбаум), теории надежности процессов обмена данными (С.В. Антонов, И.В. Алексеев, Д.И. Мельников, Ю.С. Злотников); теории алгоритмов (К. Черч, К. Гедель, А. Тьюринг, С. Клини, Э. Пост, А. Колмогоров, А. Марков); теории конечных автоматов (Б.И. Плоткина, В.Б. Кудрявцева, И.Б. Куфарова, А. Гилла); процессов сбора и обработки данных в коммуникационной среде предприятий (И. С. Константинов, А.Д. Иванников, В.Т. Еременко).

Научная новизна данного исследования состоит в получении новых научных результатов:

математическая модель синтеза, базирующаяся на численных методах многовариантной интеграции, отличающаяся ограничением в виде набора алгоритмических процедур и использованием функции полезности [2, 3];

методика оптимизации процессов сбора и обработки данных в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, базирующаяся на аппарате смешанных сетей массового обслуживания с ограниченным числом классов сообщений и набором дисциплин обслуживания и отличающаяся алгоритмами: оптимизации пропускной способности, выбора потоков и их распределения по кратчайшему пути, а также статистического прогнозирования потока данных [14];

имитационная модель сбора и обработки данных в системах безопасности и мониторинга АСУЗ, основывающаяся на событийном подходе и отличающаяся описанием причинно-следственных связей между существенными событиями [1–9].

**Основная часть.** Математическая модель.

В разработанной модели рассматриваются задачи интеграции при разработке и реализации проекта системы безопасности АСУЗ, которые выражаются пятью уровнями:

1. Выбора альтернативных вариантов каналов передачи данных.
2. Выбора оборудования сбора данных.
3. Выбора оборудования для обработки данных;
4. Подбора функционального наполнения оборудования среды СБМ АСУЗ;
5. Формирования набора конечных устройств среды СБМ АСУЗ.

Каждому уровню в результате интеграции элементов этого уровня соответствует свое множество вариантов [1–9]:

1) множество альтернативных вариантов каналов передачи данных безопасности и мониторинга

$$\alpha = \{A_1, \dots, A_l, \dots, A_L\} = \{A_l, l = \overline{1, L}\} \quad (1)$$

где  $l = \overline{1, L}$  – номер варианта каналов передачи данных безопасности и мониторинга  $l$ -го способа создания сети;

$A_l$  – вариант создания коммуникационной среды СБМ АСУЗ;

2) множество вариантов оборудования сбора данных безопасности и мониторинга

$$\beta = \{B_1, \dots, B_j, \dots, B_J\} = \{B_j, j = \overline{1, J}\} \quad (2)$$

где  $j = \overline{1, J}$  – номер варианта при интеграции компонентов оборудования сбора данных безопасности и мониторинга;

$B_j$  – вариант интеграции оборудования сбора данных безопасности и мониторинга;

3) множество вариантов оборудования обработки данных безопасности и мониторинга

$$\gamma = \{C_1, \dots, C_t, \dots, C_T\} = \{C_t, t = \overline{1, T}\} \quad (3)$$

где  $t = \overline{1, T}$  – индекс комбинации оборудования,  $C_t$  – комплект компонентов применяемого оборудования обработки данных безопасности и мониторинга;

4) множество вариантов функционального наполнения оборудования для  $p$ -варианта организации коммуникационной среды СБМ АСУЗ

$$\delta = \{D_1, \dots, D_p, \dots, D_P\} = \{D_p, p = \overline{1, P}\} \quad (4)$$

где  $p = \overline{1, P}$  – индекс применяемого ПО,  $D_p$  – комплект компонентов применяемого ПО;

5) множество наборов конечных устройств

$$\varepsilon = \{E_1, \dots, E_q, \dots, E_Q\} = \{E_q, q = \overline{1, Q}\} \quad (5)$$

где  $q = \overline{1, Q}$  – номер комплекта конечных устройств коммуникационной среды СБМ АСУЗ  $E_q$  – комплект используемого конечного оборудования коммуникационной среды СБМ АСУЗ

Особенностью решения оптимизационных задач является то, что для численных методов многовариантной интеграции решение всех переменных типов задач происходит в рамках единого алгоритма. При его реализации применяется набор алгоритмических процедур, представленный далее: получение приемлемого решения задачи; доведение до необходимого результата законов распределения альтернативных переменных; получение расчетных оценок оптимального выбора; поиск составляющих векторов безусловных вероятностей, а также получение оценки вариантов по энтропии многовариантной интеграции; ведение учета ограничений общего вида и многокритериальности.

В работе для учета многокритериальности используется одна из разновидностей функции полезности, приводящая к аддитивному критерию оптимизации [1–9]:

$$\Phi(\chi_{mn}, \lambda_{i1}) = \sum_{i_2}^{I_2} \lambda_{i1} (\Psi_{i1}(\chi_{mn}) \rightarrow \max) \quad (6)$$

где  $\lambda_{i1}$  – коэффициенты относительной значимости критериев,  $\Psi_{i1}(\chi_{mn})$  – нормированное значение критерия [1–6].

Возможность вероятностной интерпретации коэффициентов  $\lambda_{i1}$  в рамках

схемы ограничения разнообразия множеств обусловлена ориентация на глобальный критерий [1–9].

Рандомизация множества критериев с помощью введения дискретной случайной величины  $z$ , номера  $L$  критериев  $\Psi_i$ , которой являются ее реализациями, лежит в основе процедуры адаптивного многокритериального поиска. Оптимизация по  $i$ -ому критерию и получение значений оставшихся критериев происходит на каждом  $k$ -ом шаге. Случайный механизм перебора позволяет управлять движением с помощью характеристик случайной величины  $z$ . Вероятность  $p_i$  может быть использована в качестве одной из таких характеристик [1–6]. Она характеризует возможность на  $k$ -ой итерации процесса осуществлять оптимизацию по критерию  $i$ . При анализе сформированного вектора  $\Psi_i = (\Psi_1, \dots, \Psi_L)$  можно сделать вывод как об окончании процесса и получении Парето-оптимального решения, так и об его продолжении.

Применение математического моделирования позволяет получить СБМ АСУЗ с минимальными временными и материальными затратами, наилучшими техническими и пользовательскими характеристиками.

#### *Методика оптимизации*

Предлагаемый алгоритм состоит из следующих основных этапов.

Первый этап представлен в виде алгоритма оптимизация пропускной способности в коммуникационной среде СБМ АСУЗ.

Второй этап представляет собой алгоритм выбора оптимального потока в СБМ АСУЗ.

Третий этап представляет собой алгоритм оптимизации процесса маршрутизации в СБМ АСУЗ.

Четвертый этап представлен в виде алгоритма статистического прогнозирования потока данных безопасности и мониторинга в модульных структурах их сбора и обработки [14].

Прогноз изменений нагрузки на сеть по времени происходит с применением модели распространения эпидемии. При анализе колебаний трафика в определенный сезон, и изменения трафика в интервале суток существует возможность применения регрессионных моделей и математического аппарата, который предназначен для анализа временных рядов.

Выбор оптимальных потоков и определение оптимальных маршрутов в коммуникационной среде СБМ АСУЗ реализован на основании критерия средней задержки.

Оптимизация подбора оборудования состоит в следующем: максимальная производитель-

ность сети может быть достигнута при выполнении ограничений на стоимость, либо минимальная стоимость сети может быть достигнута при выполнении ограничений на производительность [14].

#### *Имитационная модель*

В разработанной имитационной модели запрос рассматривается, как множество, состоящее из трех элементов: важность запроса; обработчик; тип запроса. В моделируемой СБМ АСУЗ при формировании запроса определяется степень его важности. При выборе обработчика, значения переменной лежат в диапазоне от автоматического выбора; замешательства администратора; ситуационного анализа экспертной системы; поддержки обновлений до выработки управляющих воздействий системы устранения неполадок. Переменная тип запроса имеет значения: автоматический выбор; вопрос; обновление программного обеспечения; неполадки программного обеспечения; неполадки оборудования.

Запросы с помощью позиции администратора передаются переходу поиск, который моделирует поиск и подготовку ответа для СБМ АСУЗ.

Остальные типы обработчиков функционируют одинаково. В случае поступления запроса в буфер системы устранения неполадок, обработчик с помощью интеллектуальной базы ищет соответствие текущего состояния системы эталонному. При обнаружении соответствия текущего состояния описанному инциденту в базе запрос может быть передан на обработку и исполнение. В случае отсутствия описания в интеллектуальной базе данных запрос передается администратору. После этого экспертная система обеспечивает с помощью интерфейса оповещение должностного лица о состоянии запроса, при этом обучение экспертной системы обеспечивает расширение базы инцидентов, накопление соответствующей экспертной информации в базе данных.

Временная модель СБМ АСУЗ отличается от первичной модели добавленными в нее временными характеристиками переходов. Все представленные переходы, а именно: регистрация запросов на входе либо передача запросов между подсистемами имеют длительность по времени меньше или равную секунде. Наиболее интересны переходы, моделирующие поиск решения инцидента каким-либо обработчиком в системе.

Построенная имитационная модель позволяет провести сравнительный анализ обработчиков по критерию среднее время обработки запроса (рис. 1).

Показано, коэффициент качества обработки запросов всей системой и среднее время обработки запроса увеличивается с увеличением базы знаний экспертной подсистемы, подсистемы

устранения неполадок, подсистемы поддержки обновлений.

При оценке качества работы системы определено количество повторно обрабатываемых запросов.

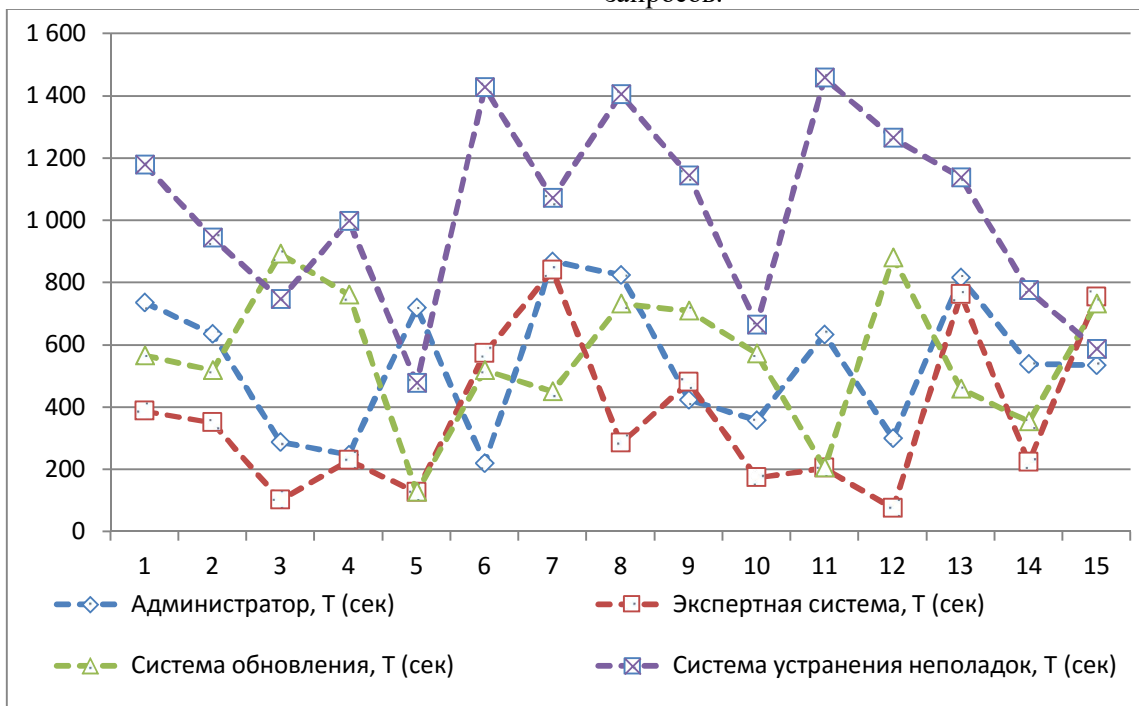


Рис. 1. Среднее время обработки запроса каждым обработчиком

СБМ АСУЗ рассматривается, как множество масштабируемых систем массового обслуживания [10–13]. Над данной системой проведена оценка эффективности ее функционирования с возрастанием числа таких же каналов обработки.

Сбор данных модульной системы с исполнительных устройств моделируется в виде одноканальной экспоненциальной СМО [10–13]. В этом случае запросы окажутся соизмеримы обращениям к агрегату системы для завершения

операции ввода/вывода; интенсивность таких обращений, описывается средним временем выполнения требуемой операции. Предложенная имитационная модель позволила получить функциональные зависимости (рис. 2): количества запросов в очереди и времени ожидания в очереди от общего количества запросов, поступивших за сутки. Кроме того представляет определенный интерес функциональная зависимость длины очереди от количества поступивших заявок за сутки.

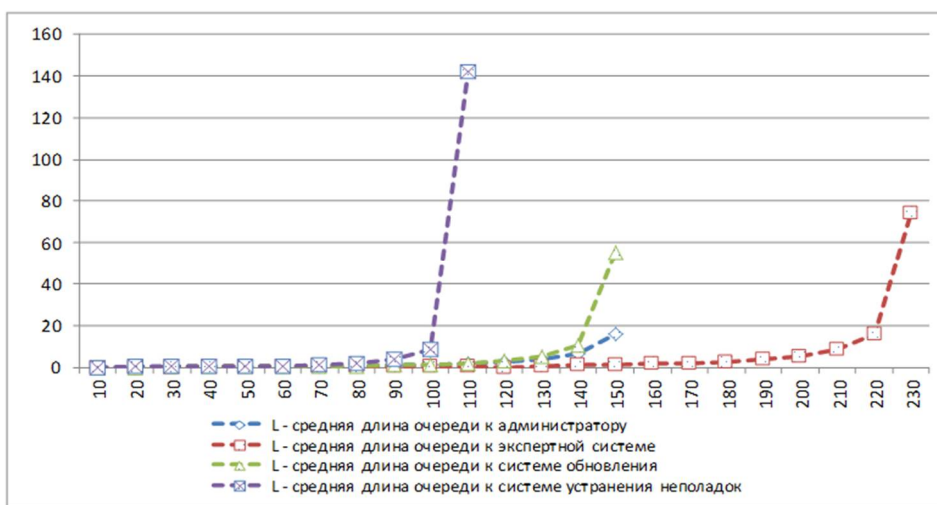


Рис. 2. Зависимость очереди запросов от суммарного количества запросов за день

**Выводы.** Анализ результатов моделирования показал, что среднее время, затраченное на обработку одного запроса разрабатываемой системы поддержки, сопоставимо с аналогичным параметром у системы с одним обработчиком. Коэффициент качества обработки, по сравнению с системами, имеющими 2 и 3 обработчика несколько ниже. Показано, что среднее время, затраченное на обработку одного запроса разрабатываемой системы поддержки, будет сокращаться с ростом базы данных СБМ АСУЗ. Определено, что коэффициент качества обработки будет увеличиваться при росте объема базы данных. В тоже время, с точки зрения эффективности по количеству успешно обработанных запросов за рабочий день, представленная модель показывает существенный выигрыш.

Разработанный алгоритм оптимизации процессов информационного обмена в СБМ АСУЗ на основе оценки наиболее важных показателей, влияющих на процесс обмена данными и выбранного критерия оптимизации маршрута доставки данных позволяет прогнозировать нагрузку на исследуемую систему безопасности и мониторинга в экстренных ситуациях при колебаниях процессов распределения данных.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афонин С.И., Еременко В.Т., Максаков С.А., Куленич А.И. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. № 9. С. 46–49.
2. Еременко В.Т., Афонин С.И., Краснов Д.А. и др. Математическая модель оценки производительности беспроводной вычислительной сети АСУ предприятия // Информационные системы и технологии, 2011. № 5. С. 11–20.
3. Афонин С.И., Еременко В.Т., Парамохина Т.М., Кузьмина Л.В., Плащенков Д.А. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ // Информационные системы и технологии. 2011. № 6. С. 35–42.
4. Афонин С.И., Еременко В.Т., Кузьмина Л.В. и др. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов // Информационные системы и технологии. 2012. № 1. С. 78–84.
5. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии. 2012. №2. С. 99–105.
6. Еременко В.Т., Кузьмина Л.В., Плащенков Д.А., Краснов Д.А. Рекурсивный алгоритм оценки минимальной величины канального ресурса в сети передачи данных // Информационные системы и технологии. 2012. № 4. С. 97–102.
7. Еременко В.Т., Офицеров А.И., Черепков С.А. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. № 4. С. 38–46.
8. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Плащенков Д.А., Краснов Д.А., Черепков С.А., Георгиевский А.Е. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП // Информационные системы и технологии. 2012. № 6. С. 114–119.
9. Еременко В.Т., Еременко С.В., Анисимов Д.В., Черепков С.А., Лякишев А.А. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS // Информационные системы и технологии. 2013. № 1. С. 106–112.
10. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Черепков С.А., Лякишев А.А., Чупахин П.А. Моделирование пропускной способности сегмента беспроводной сети АСУП на базе стандарта 802.11 // Информационные системы и технологии. 2013. № 2. С. 82–86.
11. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Парамохина Т.М., Лякишев А.А. Математическое моделирование беспроводного сегмента вычислительной сети АСУ ПП // Информационные системы и технологии. 2013. № 3. С. 67–72.
12. Вишневецкий В.М., Федотов, Е.В. Анализ методов маршрутизации при проектировании сетей пакетной коммутации // 3-rd I.S. «Teletraffic Theory and Computing Modeling». София, 1992.
13. Рындин А.А., Сапегин С.В., Хаустович А.В. Автоматизация проектирования сетей передачи данных распределенных информационно-телекоммуникационных систем // Воронеж: ВГТУ, 2001.
14. Лякишев А.А. Автоматизация процесса информационного обмена в модульных структурах систем сбора и обработки данных АСУ // Сборник материалов II международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом» – Инновационный центр развития образования и науки, Новосибирск, 2015 С. 112–115.

---

**Eremenko V.T., Lyakishev A.A.**

**OPTIMIZATION OF THE PROCESS INFORMATION EXCHANGE IN THE ACSB SAFETY AND MONITORING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF SMART HOME TECHNOLOGY**

*The article describes the algorithm of optimization of information exchange in the ACSB safety and monitoring system based on the using of the exponential model of a closed queuing network and differed by the ability to operate on fuzzy sets.*

*Mathematical model of synthesis, based on numerical methods of multivariate integration, different restriction as a set of algorithmic procedures and using the utility function, proposed.*

*Methodology of optimization of data collection and processing in the ACSB safety and monitoring system, characterized bandwidth optimization algorithm, selection algorithm flows and their distribution along the shortest path, statistical forecasting algorithm data stream, considered.*

*Imitation model of data collection and processing in the ACSB safety and monitoring system, based on event approach, different from the description of cause and effect relationships between significant events, proposed.*

**Key words:** *optimization; queuing networks; fuzzy sets.*

---

**Еременко Владимир Тарасович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность».

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева.

Адрес: Россия, г. Орел, 302026, ул. Комсомольская, д. 95

E-mail: wladimir@orel.ru

**Лякишев Александр Александрович**, аспирант кафедры «Информационная безопасность».

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева.

Адрес: Россия, г. Орел, 302026, ул. Комсомольская, д. 95

E-mail: vpksearch@yandex.ru