



Система оповещения населения в “Умном устойчивом городе”

УДК 614.8.01+519.8

А.В. ПИНЧУК, технический директор ООО “НТЦ ПРОТЕЙ”, **Я.Ю. СМIRНОВ**, инженер ООО “ПРОТЕЙ СпецТехника”, **Н.А. СОКОЛОВ**, директор по науке доктор технических наук, **С.А. СОЛОМКО**, зам. IT директора ООО “НТЦ ПРОТЕЙ”

Система оповещения населения в “Умном устойчивом городе” *Emergency Public Alert System in “Smart Sustainable City”*

В данной работе рассматриваются аспекты создания и развития системы оповещения населения как одного из важных компонентов “Умного устойчивого города”, концепция которого предложена Международным союзом электросвязи. Анализируются требования к системе оповещения населения и к реализации соответствующих аппаратно-программных средств. Приводится пример реализации оборудования оповещения населения. Формулируются направления перспективных исследований и разработок.

This paper discusses the aspects of creation and development of an emergency public alert system. It is one of the important components of the “Smart Sustainable City”. This concept was proposed by the International Telecommunications Union. The requirements for the emergency alert system and the implementation of the corresponding hardware and software components are analyzed. Example of the implementation of the emergency alert equipment is given. Directions of future research and development are formulated.

Ключевые слова: система оповещения населения, умный устойчивый город, безопасность, цифровые технологии, ключевые показатели эффективности.

Keywords: emergency public alert system, smart sustainable city, security, digital technologies, key performance indicators.



Одним из важнейших вопросов при создании “Умного устойчивого города” является своевременное гарантированное оповещение населения. И именно с этой точки зрения систему оповещения населения уместно рассматривать как один из важнейших компонентов “Умного устойчивого города”, принципы построения которого были изложены в [1]. Вместе с тем, следует отметить, что современный уровень развития технических средств и информационных технологий позволил существенно повысить эффективность оповещения населения, в том числе на муниципальном уровне (уровне городского поселения). Основные требования к муниципальным системам оповещения определены в [2], и это позволяет сделать вывод, что система оповещения населения была и останется самостоятельным организационно-техническим элементом защиты населения при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Использование функциональных возможностей, свойственных “Умному устойчивому городу”, позволит повысить эффективность оповещения населения, проживающего в городах и городских поселениях.

Данную статью условно можно разделить на пять основных разделов. В первом — содержатся результаты анализа требований к системе оповещения населения и к соответствующим аппаратно-программным средствам. Предлагаемая модель исследуемого объекта с точки зрения концепции “Умного

устойчивого города” рассматривается во втором разделе. В третьем и в четвертом разделах приводятся примеры реализации оборудования оповещения в целом и тракта звуковоспроизведения в частности. Направления перспективных исследований и разработок формулируются в пятом разделе статьи.

Система оповещения и аппаратно-программные средства

Современные требования к муниципальной системе оповещения населения сформулированы в [2]. Их следует рассмотреть с наиболее важных точек для разработчиков технических средств оповещения и специалистов, занимающихся перспективами дальнейшего развития систем безопасности. В результате выделено семь положений, которые сведены в таблицу.

Величина \bar{T}_D отсчитывается с момента окончания формирования сообщения до его получения пользователями. По всей видимости, в дальнейшем уместно нормировать и квантиль распределения случайной величины T_D (например, на уровне 95 %). Уровень величины D принят за 100 %, так как это определено действующими нормативными документами. Следует подчеркнуть, что вследствие конечной надежности технических средств этот показатель нельзя рассматривать как вероятность доставки информации. Под независимыми путями доставки информации понимаются такие маршруты получения сигналов, которые не имеют общих элементов. Типичными примерами служат

маршруты, по которым передаются речевые сигналы и SMS.

Коэффициент готовности системы оповещения в целом определяется как вероятность доставки необходимой информации хотя бы по одному из используемых технических средств. Среднее время восстановления отказа отсчитывается с момента выявления состояния неработоспособности. При этом предполагается, что возможность проведения восстановительных работ не исключается внешними факторами (пожар, наводнение и им подобные ситуации).

Критерии 5.1 — 5.3 из таблицы относятся к качеству передачи речевых (звуковых) сообщений, транслируемых через громкоговорители. Критерии 5.2 и 5.3 заимствованы из показателей, свойственных телефонному разговору. Возможность их применения в системе оповещения населения требует проведения дополнительных исследований.

Модель объекта “Умного устойчивого города”

Уровни открытости к введению инноваций и возможности сопряжения разных средств оповещения приняты за 100 %. Очевидно, что подобные критерии напрямую нельзя применять к уже используемым техническим средствам. Рациональным решением потенциальных проблем служит применение устройств, названных в [3, 4] медиаторами. Они обеспечивают и открытость к введению инноваций, и возможность сопряжения разных средств оповещения, разработанных ранее. В соответствии с заданными критериями (см. таблицу) была построена математическая модель системы оповещения населения с точки зрения “Умного устойчивого города”

Система оповещения населения в каждом субъекте Российской Федерации строится с учетом региональной специфики, но в строгом соответствии с действующими нормативными документами. По этой причине в предлагаемой математической модели существующая система оповещения представлена в виде так называемого “черного

Критерии функционирования муниципальной системы оповещения населения

Наименование предлагаемого критерия	Норма
1.1. Среднее время доставки речевых сообщений	$\bar{T}_D \leq 1$ мин.
1.2. Среднее время доставки SMS	$\bar{T}_D \leq 5$ мин.
1.3. Среднее время доставки писем по e-mail	$\bar{T}_D \leq 1$ мин.
2.1. Доля площади покрытия заданной территории	$D = 100$ %
3.1. Количество независимых путей доставки информации	$N \geq 3$
4.1. Коэффициент готовности системы оповещения в целом	$K \geq 0,99995$
4.2. Среднее время восстановления отказа	$\bar{T}_B \leq 60$ мин.
5.1. Уровень громкости	$U_1 \geq 70$ дБ (А)
5.2. Уровень разборчивости слов	$U_2 \geq 95$ %
5.3. R-фактор (по аналогии с Рекомендацией МСЭ G.107)	$U_3 \geq 80$ %
6.1. Открытость к введению инноваций	100 %
7.1. Возможность сопряжения разных средств оповещения	100 %

ящика” [5] — центральный фрагмент на рисунке 1. Данное решение означает, что соблюдаются все регламентированные процессы на входе и выходе исследуемого объекта, а его внутренняя структура (в контексте рассматриваемых задач) не представляется существенной.

Команды об оповещении поступают от лица, принимающего решение (ЛПР). Данный термин предложен специалистами по дисциплине “Исследование операций” [6]. Совокупность информации, на основании которой ЛПР активирует систему оповещения населения, можно рассматривать как базу знаний (БЗ). Предполагается, что для эксплуатируемой системы оповещения используется N источников информации. “Умный устойчивый город” способен дополнить количество источников информации, что показано пунктирными линиями, численность которых обозначена как M .

В правой части рассматриваемой модели показано K каналов оповещения. Под каналом оповещения в данном случае понимается совокупность технических средств, предназначенных для доведения информации конкретным способом (звуковое сообщение, видеосообщение, SMS и т. п.). Функциональные возможности “Умного устойчивого города” позволяют создать ряд дополнительных каналов оповещения, количество которых обозначено как L . Эти дополнительные каналы показаны пунктирными линиями.

Пример реализации оборудования оповещения

Повышение эффективности системы оповещения населения в результате реализации концепции “Умный устойчивый город” может быть оценено численно методами системного анализа [6] и теории вероятностей [7]. Правда, для получения таких оценок необходимо накопить статистические данные, позволяющие достоверно определить вклад дополнительной информации в БЗ и новых каналов доставки информации в надежность и полноценность функционирования системы оповещения населения.

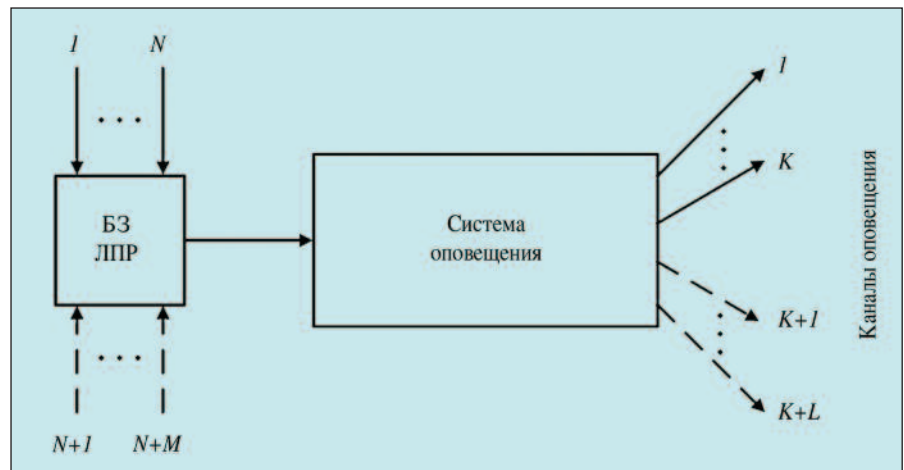


Рис. 1. Модель системы оповещения в “Умном устойчивом городе”

Приведем пример подбора оборудования для реализации функции оповещения населения городского поселения.

Разработка оборудования оповещения должна проводиться с учетом последних достижений науки и техники. В частности, важным фактором становится применение цифровых технологий. Преимущества цифровых методов передачи, коммутации и обработки сигналов хорошо известны [8, 9]. Применительно к аппаратно-программным средствам, рассматриваемым в этой статье, уместно выделить пять существенных положений:

- высокая помехоустойчивость, обусловленная необходимостью различения только двух возможных состояний принимаемых сигналов;

- независимость качества передачи информации от длины канала связи за счет использования в случае необходимости регенераторов;

- стабильность характеристик цифровых трактов обмена информацией, не требующих, в отличие от аналоговых систем передачи, периодических трудоемких настроек;

- невысокая стоимость оборудования, достигаемая применением инновационных технологий и современной элементной базы;

- возможность введения дополнительных функций за счет внесения необходимых изменений в программное обеспечение.

Обеспечение перечисленных возможностей гарантирует соблюдение норм, указанных в таблице под номерами 5.1, 5.2 и 5.3. При

использовании аналоговых способов передачи сигнала часто возникают искажения передаваемой информации. Это, в свою очередь, может привести к искажению звукового сообщения оповещения, обрабатываемого рупорным громкоговорителем за счет преобразования полученного по сети связи аналогового электрического сигнала. В результате, звуковой сигнал, транслируемый рупорным громкоговорителем, как сообщение экстренного оповещения, может быть воспринят не полностью или некорректно. Для населения эта информация, подаваемая оконечным средством оповещения в ЧС, жизненно необходима: правильное восприятие указаний органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации (органами местного самоуправления), осуществляющими ликвидацию ЧС, позволит избежать потерь среди населения и координировать процессы устранения последствий возникшей ЧС. Очевидно, что искаженная информация, выдаваемая оконечным средством оповещения в ЧС, в случае использования аналоговых сигналов при передаче информации, может привести к трагическим последствиям. К тому же нельзя исключать случаев несанкционированного доступа злоумышленников с целью намеренного искажения (или подмены) информации экстренного оповещения, транслируемой в аналоговой форме. Это может привести к не менее негативным последствиям, чем реальные угрозы ЧС.

большинстве решений оборудования оповещения, применяющегося в Российской Федерации в настоящее время, используется аналоговый способ передачи речевого сигнала оповещения вплоть до усилителя.

Например, в составе комплекта оборудования пункта громкоговорящего оповещения, серийно выпускаемого одним из ведущих российских производителей, применяется схема организации связи, показанная на рис. 2.

В процессе выбора элементной базы и схемных решений, а также при изготовлении аппаратной части и разработки программного обеспечения было акцентировано внимание на необходимости обеспечения высоких показателей, определяющих надежность системы оповещения. Именно поэтому в [10] для всех технических средств оповещения населения определены требования по наработке на отказ оборудования в размере не менее 30 тыс. часов! Столь высокие показатели надежности обуславливаются реальной необходимостью взаимодействия системы оповещения населения — в условиях возникновения ЧС проведение восстановительных работ на оборудовании, как правило, не представляется возможным. По этой причине разработанные аппаратно-программные средства рассматривались с точки зрения теории надежности, как изделия вида I непрерывного длительного применения, которые не ремонтируются в процессе эксплуатации. В данном случае процесс эксплуатации длится с момента появления информации о возможности возникновения ЧС до устранения ее последствий.

Повсеместный переход на цифровые технологии и каналы сетей передачи данных характерен и для систем оповещения. Однако цифровая передача сигнала используется, как правило, только на участке от пункта управления системой оповещения, функции которого выполняют Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС или Единая дежурно-диспетчерская служба (ЕДДС) муниципального образования (МО), до входного интерфейса оконечного средства оповещения. В

Речевой сигнал оповещения населения, сформированный оператором на автоматизированном рабочем месте (АРМ) управления оповещением, с пункта управления передается через сеть передачи данных IP VPN (виртуальная частная сеть) посредством Ethernet-подключения. На приемной стороне (пункте громкоговорящего оповещения населения) цифровой сигнал по сети IP VPN принимается в блоке контроллера (блоке переключения), и далее речевой сигнал оповещения преобразуется в аналоговую форму с амплитудой 0,775 вольт (в соответствии с ГОСТ 11515-91) и в таком виде с выходных контактов с помощью соединительного кабеля подается на соответствующий аналоговый вход усилителя. Управление усилителем осуществляется путем замыкания управляющей цепи (входного контакта) контактной группой реле, установленного в блоке контроллера.

Таким образом, при возникновении каких-либо сильных наведенных на соединительный кабель помех (например, возникающих при работе усилителя на большой мощности) или при плохом контакте в разъемных соединениях возможно существенное искажение и/или

ослабление полезного звукового сигнала оповещения, переданного с пункта управления. В результате, на вход усилителя подается искаженный (ослабленный) сигнал, который впоследствии в такой же измененной форме будет транслирован на рупорные громкоговорители. Это как раз и может послужить предпосылкой к нарушению показателей системы оповещения населения, указанных выше в таблице под номерами 5.1, 5.2 и 5.3.

Кроме того, принимая во внимание особенности размещения оборудования пунктов громкоговорящего оповещения, находящихся в местах массового пребывания населения, как правило, не оснащенных надлежащими средствами охраны от проникновения посторонних, нельзя исключать возможность несанкционированного запуска системы злоумышленниками. При этом для этого не потребуются какое-либо специализированное оборудование. Достаточно будет подключить “несанкционированный” источник звукового сигнала (подойдет даже гнездо выхода для наушников, имеющееся на любом современном смартфоне!) непосредственно к аналоговому входу усилителя и осуществить банальное замыкание отрезком провода (перемычкой, скрепкой) входа запуска. Усилитель включится и начнет транслировать информацию, передаваемую злоумышленником.

Соответственно, для защиты системы от несанкционированного доступа к объектовому оборудованию, а также для исключения возможности искажения (ослабления) речевого сигнала оповещения целесообразно использовать технические решения, при реализации кото-

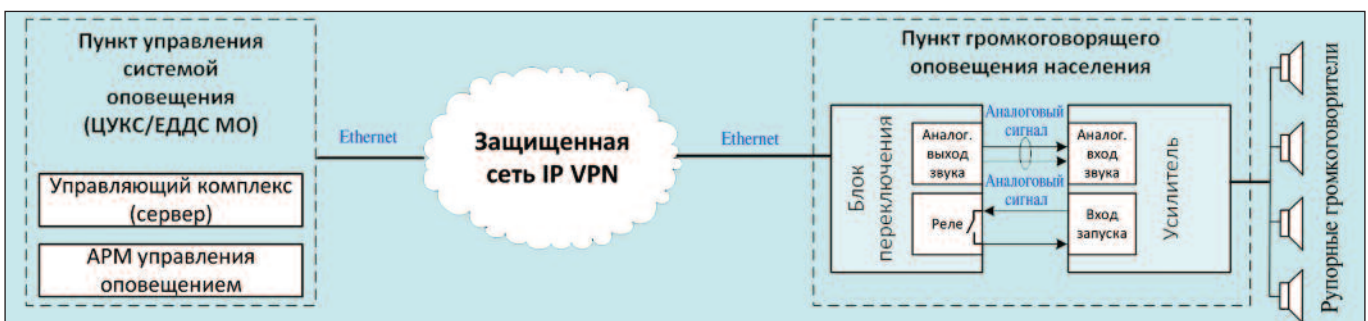


Рис. 2. Схема организации связи для передачи сообщений оповещения

рых звуковой сигнал оповещения из контроллера передается в усилитель в цифровой форме, не подверженной воздействию помех или несанкционированному доступу без использования специального оборудования.

Пример реализации тракта звуковоспроизведения

Упрощенная структура тракта звуковоспроизведения представлена на рис. 3. Степень детализации структуры тракта выбрана так, чтобы стали понятны основные решения, принятые при реализации оборудования оповещения.

Оборудование оповещения должно обеспечивать нормированное время автономной работы от аккумуляторных батарей (в соответствии с требованиями [10] — не менее 1 часа в режиме передачи сигналов и информации оповещения). Для уменьшения размера этих батарей необходимо минимизировать потребляемую устройством мощность. Так как выходная мощность на выходных зажимах усилительного тракта задана техническими требованиями, единственный способ минимизации потребляемой мощности — это повышение коэффициента полезного действия (КПД) выходного усилителя. Наибольшим КПД обладают усилители, в которых активные коммутирующие элементы (транзисторы) работают в ключевом режиме. В технической литературе такие устройства обычно называются усилителями класса D. В них

потери энергии определяются только паразитными параметрами элементов и органически не присущи процессу усиления. Данный факт позволяет существенно минимизировать потери энергии сигнала.

КПД усилителей класса D находится на уровне более 90 %. На рынке представлено большое количество интегральных схем, предназначенных для реализации ключевых усилителей звукового диапазона частот. Однако они все предназначены для работы непосредственно с низкоомными громкоговорителями и акустическими системами для высококачественного звуковоспроизведения, когда длина кабельной линии между усилителем и акустической системой относительно мала (обычно не более 10 — 20 м). Для окончательного оборудования оповещения необходим усилитель, работающий на длинную линию высокого напряжения, к которой подключаются специальные рупорные громкоговорители через согласующие трансформаторы. Такое решение обусловлено тем, что расстояние между блоком усилителя и громкоговорителями может быть значительным, что требует специальных мер по снижению потерь энергии в кабельных линиях за счет повышения рабочих напряжений и снижения рабочих токов соответственно.

Исследования и разработки

Интегральные решения для таких специфических применений недо-

ступны, и это потребовало проведения разработки специального блока усилителя на дискретных элементах. Разработанный научно-техническим центром “ПРОТЕЙ” усилитель полностью удовлетворяет всем предъявляемым требованиям по КПД (более 90 %) и надежности функционирования; в том числе в широком диапазоне температур, что подтверждено испытаниями и длительным опытом реальной эксплуатации. В процессе разработки усилителя удалось добиться снижения требований к теплоотводу, что дополнительно повысило надежность работы системы оповещения в условиях высоких температур окружающей среды.

Ключевой режим работы активных элементов в усилителе позволяет отказаться от вышеописанного аналогового представления сигналов в тракте звуковоспроизведения, реализовав полностью цифровую систему. При этом информация о звуковом сигнале транслируется в дискретном виде непосредственно до выходного каскада усилителя; преобразование в аналоговую форму происходит непосредственно в пассивных выходных фильтрах усилителя и далее аналоговый электрический сигнал высокого напряжения подается в кабельную линию к рупорам. Это обеспечивает стабильность характеристик тракта, а также технологичность изготовления оборудования.

Реализованное решение основано на прямом формировании мощного сигнала с широтно-импульсной мо-

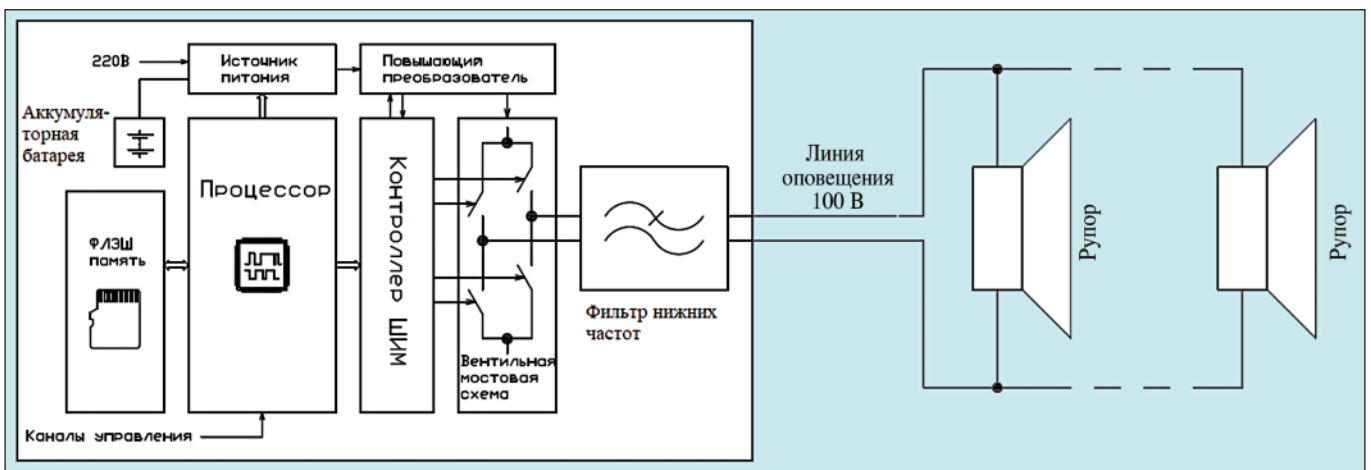


Рис. 3. Упрощенная структура тракта звуковоспроизведения

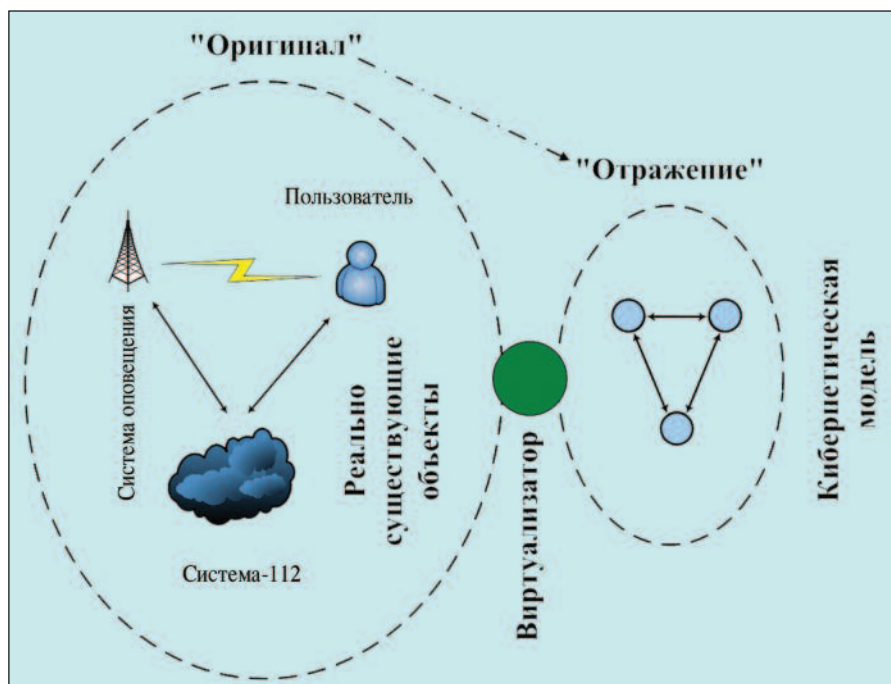


Рис. 4. Модель dia\$par для организации петли обратной связи

дуляцией (ШИМ) в диапазоне требуемого выходного напряжения. В рассматриваемом примере амплитудное значение выходного сигнала должно изменяться в пределах ± 141 вольт. ШИМ-сигнал формируется в высоковольтной вентильной мостовой схеме, преобразуется LC-фильтром в звуковой сигнал, который через схему защиты от импульсных помех поступает в линию. Такой подход позволил существенно снизить массогабаритные характеристики высоковольтного трансляционного усилителя.

Прямое усиление цифрового сигнала позволило отказаться от использования в схеме компенсирующих обратных связей, которые, при всей своей пользе, могут приводить к неустойчивости в работе усилителя и снижать его надежность. Выходной сигнал практически не искажается, так как он проходит только через выходной LC-фильтр с небольшими потерями (менее 5%). Гальваническая развязка усилителя осуществляется преобразователями по цепям внутреннего питания.

Следует подчеркнуть, что разработанные аппаратно-программные средства представляют собой полностью отечественный продукт, исключая возникновение отказов, обусловленных недокументированными возможностями [11].

Тематика дальнейших исследований и разработок может быть классифицирована на три взаимосвязанных направления. Эти направления, при необходимости, могут быть детализованы путем выделения различных технических и организационных аспектов.

Первое направление заключается в совершенствовании разработанных аппаратно-программных средств оповещения. С этой точки зрения важными решениями представляются улучшение массогабаритных характеристик, повышение качественных и надежных показателей, расширение функциональных возможностей, снижение энергопотребления.

Второе — включает комплекс решений, направленных на разумную интеграцию систем оповещения с другими эксплуатируемыми (или готовящимися к вводу) аппаратно-программными средствами (автоматизированными системами), которые прямо или косвенно направлены на минимизацию рисков, обусловленных ЧС. Такие интеграционные процессы позволяют рассчитывать на получение синергетического эффекта, который выражается в качественном улучшении решений, направленных на предупреждение ЧС и скорейшую ликвидацию ущерба.

Третье направление подразумевает создание петли обратной связи для анализа информации о работе средств оповещения (при необходимости — и других видов оборудования, важных для предупреждения ЧС и ликвидации ее последствий). Эта информация будет полезна для всех субъектов Российской Федерации благодаря обобщению накопленного опыта.

Реализация такой петли обратной связи может быть основана на концепции dia\$par [12]. Ее конкретизацию для решения рассматриваемой задачи иллюстрирует рис. 4. Следует подчеркнуть, что кибернетическая модель, содержащая накопленный опыт, должна стать ресурсом общего пользования для тех организаций, которые разрабатывают и эксплуатируют системы безопасности.

Заключение

Обобщение накопленного опыта осуществляется за счет использования современных информационных технологий Big Data [13] и Data Mining [14], а также применением нейронных сетей [15] в качестве элементов искусственного интеллекта. Применение подобных решений не заменяет проведение полноценных научных исследований по комплексной безопасности.

В заключении следует отметить, что система оповещения населения представляет собой один из важнейших компонентов “Умного устойчивого города”. Именно система оповещения обеспечивает оперативное получение населением актуальной информации о потенциальных рисках, обусловленных ЧС или другими нестандартными ситуациями [16].

Современное оборудование оповещения позволяет решить все поставленные перед ним задачи. Ряд инновационных решений, примеры которых приведены выше, существенно улучшил показатели системы оповещения населения по сравнению с предыдущим поколением аналогичного назначения. Разработанные аппаратно-программные средства являются полностью российским продуктом, что

существенно улучшает его устойчивость к несанкционированным воздействиям различного рода [17, 18].

Намеченные направления дальнейших исследований и разработок отражают инновационные направления развития науки и техники. Их реализация в конечном счете сделает жизнь наших граждан максимально безопасной.

Литература

1. МСЭ-Т. Recommendation Y.4900/L.1600. Overview of key performance indicators in smart sustainable cities. – Geneva. 2016. 18 p.
2. Приказ МЧС России и Минцифры России от 31.07.2020 г. № 578/365 “Об утверждении Положения о системах оповещения населения”. Зарегистрирован в Минюсте России 26 октября 2020 г. № 60567. [Электронный ресурс]. Дата обращения: 17.02.2021 г.
3. Пинчук А.В., Секереш В.В., Соколов Н.А. Методологический подход к построению системы комплексной безопасности. Часть I// Первая миля. 2015. № 5. С. 58 – 64.
4. Пинчук А.В., Секереш В.В., Соколов Н.А. Методологический подход к построению системы комплексной безопасности. Часть II// Первая миля. 2015. № 6. С. 52 – 57.
5. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М.: Либроком. 2009, 224 с.
6. Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Принятие решений: Прогнозирование в глобальных системах. – М.: URSS. 2013. 176 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Академия. 2005. 576 с.
8. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: БХВ-Петербург. 2011. 768 с.
9. Беллами Д.К. Цифровая телефония. – М.: Эко-Трендз. 2004. 640 с.
10. ГОСТ Р 42.3.01-2014 “Гражданская оборона. Технические средства оповещения населения. Классификация. Общие технические требования”. – М.: Стандартинформ. 2014. 11 с.
11. Коноплева И.А., Хохлова О.А., Денисов А.В. Информационные технологии: Учебное пособие. – М.: Проспект. 2014. 328 с.
12. dia\$par / Ultimate Humanless Enterprises CIS. [Электронный ресурс]. Дата обращения: 22.04.2019 г.
13. Erl T., Khattak W., Buhler P. Big Data Fundamentals: Concepts, Drivers & Techniques. – Prentice Hall. 2015. 218 p.
14. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining. Concept and Techniques. – Morgan Kaufmann Publishers. 2011. 703 p.
15. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком. 2013. 384 с.
16. Леваков А.К. Задачи по обеспечению функционирования сети NGN при возникновении чрезвычайных ситуаций// Вестник связи. 2011. № 12. С. 36 – 38.
17. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Соколов Н.А. Минимизация рисков устойчивого функционирования современных ССН. Часть I// Вестник связи. 2015. № 6. С. 49 – 51.
18. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Соколов Н.А. Минимизация рисков устойчивого функционирования современных ССН. Часть II// Вестник связи. 2015. № 7. С. 17 – 18.