

## A METHOD FOR ORGANIZING FUNCTIONAL DIAGNOSTICS IN REGIONAL PUBLIC WARNING SYSTEMS

V. S. Nosov, D. M. Sonkin, M. A. Sonkin, Yu. A. Chursin

INCOM LLC,  
634009, Tomsk, Russia

---

---

DOI: 10.24412/2073-0667-2024-1-57-73

EDN: DXHCNY

The work examines the issues of the organization of algorithmic and software for operational diagnostics of regional public warning systems (RPWS). The original algorithms for constructing a graph of telecommunication connections, algorithms for polling telecommunication nodes and terminal devices of the RPWS are presented, as well as the results of testing the software implementation of these algorithms on the example of a real system.

**Key words:** warning systems, functional diagnostics, graph traversal algorithms.

### References

1. Sonkin M. A. [et al.] Emergency monitoring and notification systems in the regions of oil and gas field development // Reports of TUSUR. 2014. N. 4(34). P. 133–137.
2. Leonova E. M., Leonova A. N. MODERN TRENDS in the development of public notification systems // Technologies of civil security, 2021. V. 18. P. 98–103.
3. Sonkin M. A., Saurenko T. N., Anisimov V. G. [et al.]. Mathematical models for forecasting the environmental threat of man-made accidents and catastrophes as part of integrated regional security systems // Civil security technologies. FSBI Research Institute of Emergency Situations. 2019. V. 16. P. 62–67.
4. Joint Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia and the Ministry of Finance of Russia dated 07/31/2020. No. 578/365 “On approval of the Regulations on Public Notification Systems” (registered with the Ministry of Justice of Russia on 10/26/2020 registration No. 60567) Regulatory legal act of the Ministry or Department, dated 07/31/2020 No. 578/365. [Electron. Res.]: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5175>.
5. Decree of the Government of the Russian Federation dated 05/17/2023 No. 769 “On the procedure for creating, reconstructing and maintaining in a state of constant readiness for the use of public notification systems”. [Electron. Res.]: <http://government.ru/docs/all/147661/>.
6. Methodological recommendations for the creation and reconstruction of public notification systems from 02/19/2021. [Electron. Res.]: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5174>.
7. Methodological recommendations for maintaining constant readiness for the use of public notification systems from 12/29/2023. [Electron. Res.]: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/7146>.
8. Prokopenko N. Yu. Discrete mathematics: NNGASU N. Novgorod, 2016.

## СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

В. С. Носов, Д. М. Сонькин, М. А. Сонькин, Ю. А. Чурсин

ООО «ИНКОМ»  
634009, Томск, Россия

---

УДК 519.165

DOI: 10.24412/2073-0667-2024-1-57-73

EDN: DXHCNY

В работе исследуются вопросы организации алгоритмического и программного обеспечения оперативной диагностики региональных систем оповещения (РСО) населения. Представлены оригинальные алгоритмы построения графа телекоммуникационных связей, алгоритмы опроса телекоммуникационных узлов и оконечных устройств РСО, а также — результаты апробации работы программной реализации этих алгоритмов на примере реальной системы.

**Ключевые слова:** системы оповещения, функциональная диагностика, алгоритмы обхода графов.

**Введение.** В субъектах Российской Федерации развернуты и функционируют региональные (включая муниципальные и локальные) системы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. В ходе эксплуатации этих систем чрезвычайно важно обеспечить оперативную диагностику состояния программно-аппаратных комплексов и прогнозирование возможного результата оповещения населения на текущий момент времени [1–3]. При этом следует отметить, что задачи функциональной диагностики являются ключевыми для последующей оценки возможности доведения сигналов оповещения до населения.

Согласно Положению о системах оповещения населения [4], Постановлению Правительства Российской Федерации «О порядке создания, реконструкции и поддержания в состоянии постоянной готовности к использованию систем оповещения населения» [5], Методическим рекомендациям по созданию и реконструкции систем оповещения населения [6] и Методическим рекомендациям по поддержанию в постоянной готовности к использованию систем оповещения населения [7], в региональных системах оповещения время доведения сигнала до населения в автоматизированном режиме функционирования не должно превышать 5 минут, а живучесть (вероятность работоспособности одного направления оповещения) не менее 0,99.

Уровень готовности системы оповещения к выполнению регламентных функций определяет степень предполагаемого охвата населения при доведении сигналов и команд оповещения. Исходя из этого, важной задачей являются диагностика системы оповещения и оперативное прогнозирование результатов оповещения.

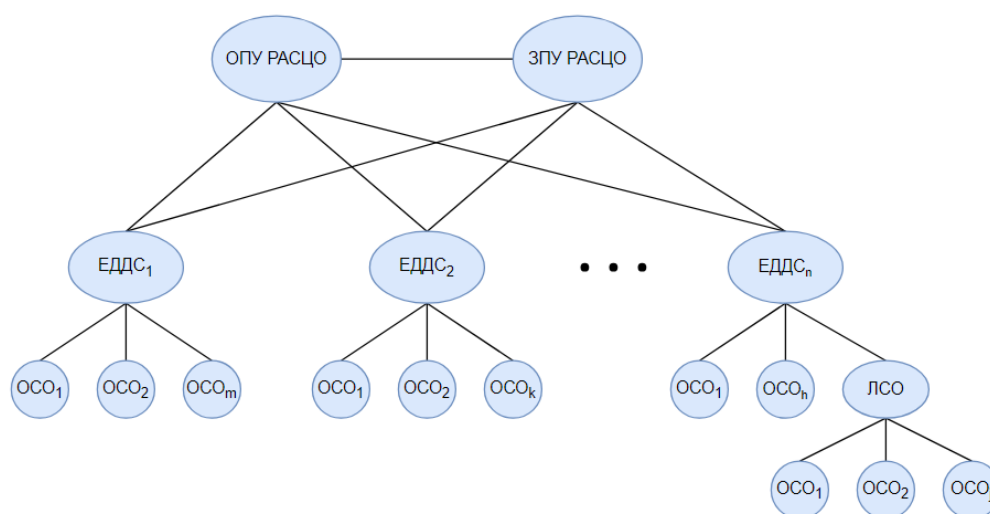


Рис. 1. Схема построения системы оповещения

Сеанс оповещения должен укладываться в определенный нормативом период времени, включающий в себя время:

- от подачи сигнала начала оповещения до фактического начала оповещения;
- сеанса оповещения;
- ожидания получения подтверждения проведения оповещения.

Так как время непосредственного оповещения изменить невозможно, то минимизация остальных периодов становится критически важной задачей.

В настоящей статье предложен подход для решения двух наиболее важных задач:

- 1) Диагностика системы оповещения и оперативное прогнозирование результатов оповещения.
- 2) Минимизация общего времени прохождения сценария оповещения.

**1. Схема построения системы оповещения.** Рассмотрим типовую схему построения системы оповещения, представленную на рис. 1. Логически она строится по «жесткому» каскадному принципу. Основными элементами системы оповещения являются:

- 1) Основной и запасной пункты управления РСО (ОПУ и ЗПУ).
- 2) Единые дежурно-диспетчерские службы муниципальных образований (ЕДДС).
- 3) Локальные системы оповещения (ЛСО) и оконечные средства оповещения (ОСО).

Так как все объекты систем оповещения должны иметь два и более каналов связи [5], то реальная схема построения системы оповещения имеет вид, представленный на рис. 2.

Сетевая организация РСО является сложной структурой, содержащей различные маршруты соединений между объектами системы оповещения, которые не всегда находятся в одной сети. Поэтому перед сбором информации целесообразно определить кратчайшие маршруты для ее передачи в центр диагностики, дающие минимальную нагрузку на сеть.

Для этого система:

- 1) Сканирует заранее сконфигурированную базу возможных сетевых соединений.
- 2) Получает информацию обо всех доступных узлах и каналах связи между ними.

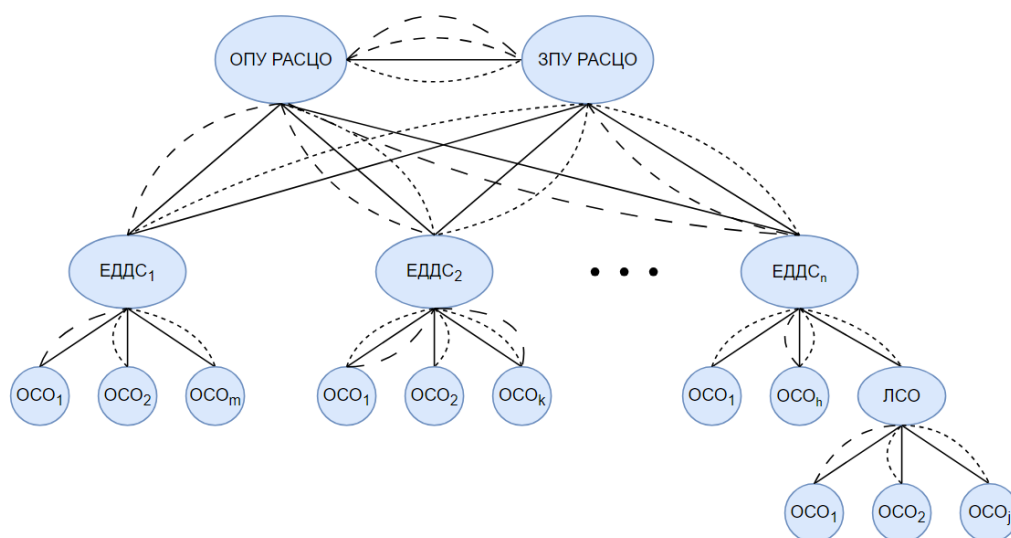


Рис. 2. Реальная схема построения системы оповещения

3) Определяет оптимальные маршруты для получения диагностической информации от каждого из узлов.

4) Динамически перестраивает карту маршрутов при обнаружении новых и потере использующихся каналов связи.

Существует ряд критериев выбора канала связи, ниже представлены некоторые из них:

- стоимость и скорость передачи информации;
- зона покрытия связи;
- надежность канала связи;
- стоимость обслуживания.

Как правило, оповещение ведется только по одному основному каналу связи. Если он недоступен, то используется следующий по приоритету резервный канал.

**2. Варианты работы РСО.** Возможны следующие варианты работы РСО (см. рис. 3).

Вариант 1. Данный вариант работы РСО соответствует традиционному, наиболее часто используемому способу применения РСО. Согласно нему, запуск сценариев оповещения производится по заранее заданной конфигурации. Диагностика РСО при данном варианте не производится, следовательно, изменения алгоритма оповещения происходят только в случае отказа какого-либо канала оповещения.

Вариант 2. Этот вариант работы РСО предполагает запуск диагностики РСО сразу после получения команды об оповещении. На основании результатов диагностики РСО определяется оптимальная конфигурация оповещения и запускается сценарий оповещения.

Вариант 3. Учитывая, что большую часть времени система оповещения находится в дежурном режиме, представляется логичным проведение диагностики РСО в фоновом режиме для поддержания актуальной информации о состоянии системы. Таким образом, в случае оповещения запуск сценариев оповещения сразу будет производиться по оптимальной конфигурации оповещения.

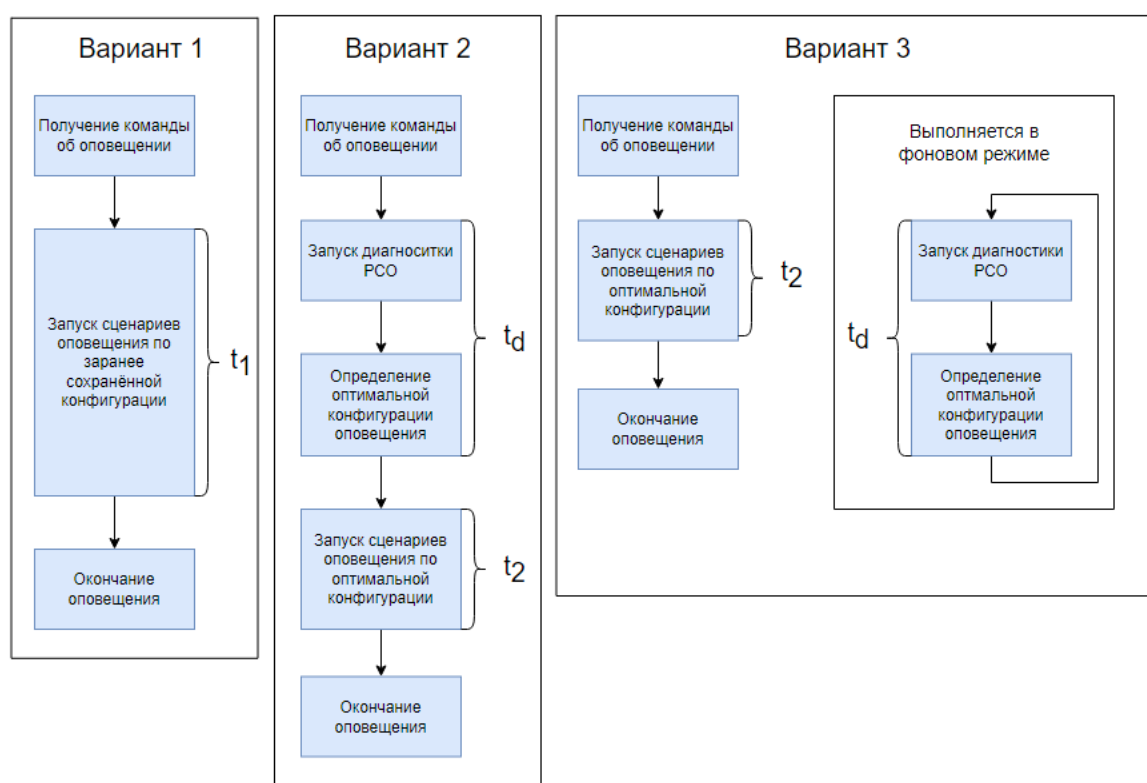


Рис. 3. Варианты работы PCO

Оценим время оповещения для каждого из вариантов работы PCO, учитывая их особенности. Для этого за основу возьмем время  $t_0$ , описывающее время прохождения оповещения в идеальных условиях, то есть при отсутствии внесения изменений в конфигурацию и алгоритм оповещения. Тогда несложно определить время оповещения для каждого из вариантов работы PCO (см. табл. 1).

В рамках 3-го варианта работы PCO предлагается новый подход к функциональной диагностике PCO, обеспечивающий передачу диагностической информации между узлами PCO в фоновом режиме и позволяющий удаленно и централизованно осуществлять сбор и анализ всей диагностической информации от узлов PCO.

Рассмотрим одни из наиболее сложных и важных задач в ходе реализации подхода:

- Определение конфигурации сети. Поддержание ее в актуальном состоянии в фоновом режиме.

- Определение оптимальных маршрутов для получения диагностической информации. Изменение маршрутов при изменении конфигурации сети.

**3. Алгоритм определения конфигурации сети.** Сеть, связывающую узлы PCO, удобно интерпретировать в виде взвешенного неориентированного графа  $G$ , который состоит из множества вершин  $V = \{V_i\}$ , представляющих узлы сети, и множества ребер  $E = \{e_j\}$ , представляющих каналы связи между ними. Граф является неориентированным, так как информационный обмен ведется в обоих направлениях. Вес ребер определяется временем прохождения информации от одного узла сети к другому. Пример такого графа представлен на рис. 4.

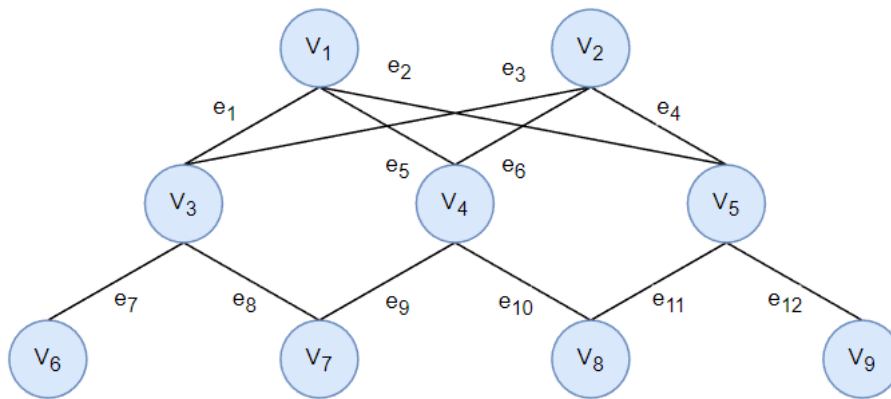


Рис. 4. Граф коммуникационных связей

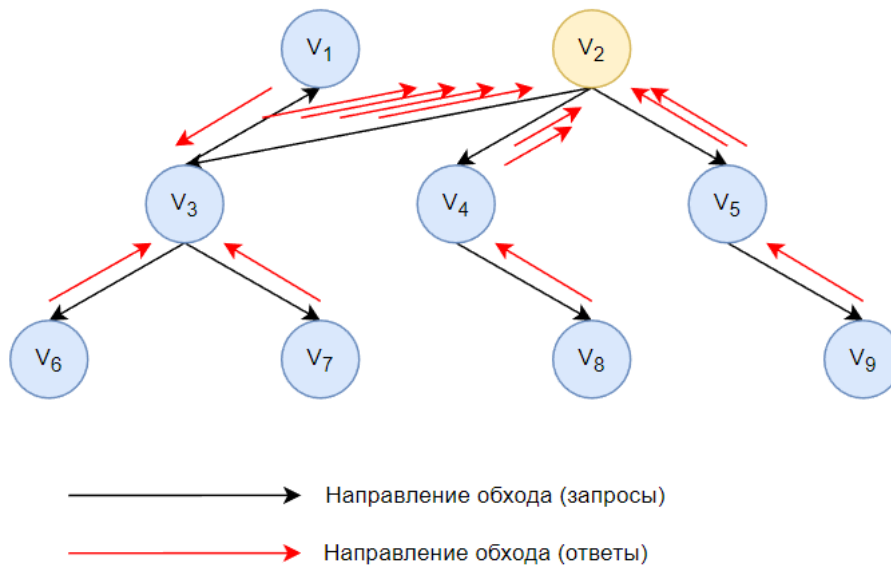


Рис. 5. Иллюстрация запросов и ответов при построении графа на основе алгоритма обхода графа в ширину

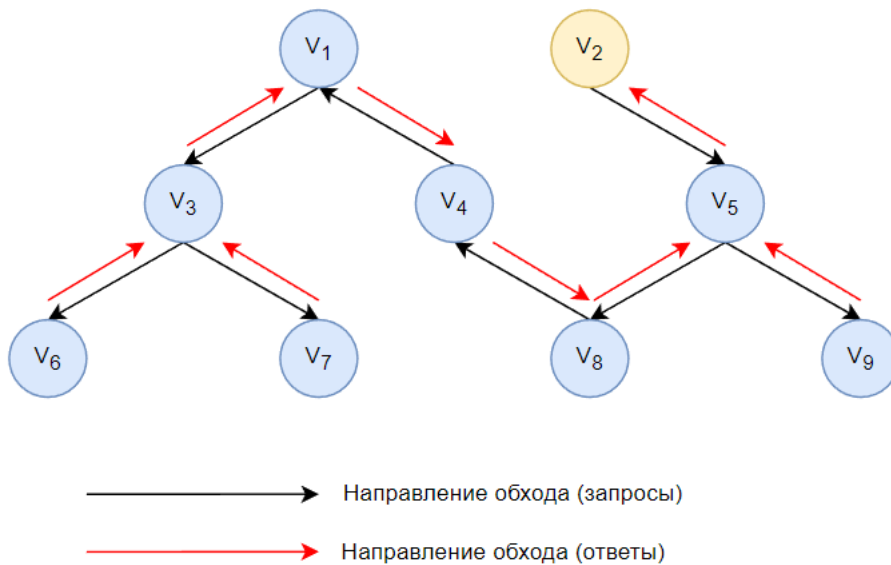


Рис. 6. Иллюстрация запросов и ответов при построении графа на основе алгоритма обхода графа в глубину

Таблица 1

## Варианты работы РСО

Вариант работы РСО	Время оповещения	Примечание
Вариант 1	$t_1 \geq t_0$	$t_1$ — время оповещения с учетом возможных изменений конфигурации и алгоритма оповещения.
Вариант 2	$t_2 + t_d > t_0$	$t_2$ — время оповещения по оптимальной конфигурации. $t_2 = t_0 \Rightarrow t_2 \leq t_1$ . Вариант 2 оказывается эффективнее Варианта 1 при условии, что $t_d < t_1 - t_2$ , где $t_d$ — время диагностики.
Вариант 3	$t_2 = t_0$ т.к. $t_d = 0$	Диагностика РСО проводится в фоновом режиме, что позволяет сразу запускать сценарии оповещения по оптимальной конфигурации.

Каждый узел в РСО, как правило, содержит информацию только о своих непосредственных соседях в пределах одного сегмента сети, что накладывает ограничения на скорость построения графа коммуникационных связей при различной организации опроса узлов.

Для определения оптимальных маршрутов получения диагностической информации от каждого из узлов требуется получить подграф  $G' = (V', E')$  графа  $G$ , отражающий фактически присутствующие в сети объекты, и определить веса ребер, связывающие их. Для решения этой задачи проанализируем применимость двух наиболее распространенных алгоритмов обхода графа: в ширину и в глубину.

#### 4. Модернизированный алгоритм обхода графа в ширину для сети РСО.

Основным отличием данного алгоритма от стандартного являются дополнительные определение и учет времени передачи данных по сети от каждого определенного узла в начальный. В качестве примера возьмем граф, представленный на рис. 4, где  $V = \{V_i\}$  при  $i = 1, \dots, 9$  и  $E = \{e_j\}$  при  $j = 1, \dots, 12$ . В рассматриваемом случае вес каждого ребра, принадлежащего множеству  $E$ , заранее не известен и определяется временем опроса между узлами. Изначально все узлы помечаются как «не обработаны». Начальный узел, с которого выполняется обход графа, выбирается системой автоматически, либо задается вручную. Далее выполняется следующий алгоритм:

- 1) Добавляем начальный узел ( $V_2$ ) в очередь запросов и подграф. Отмечаем его как «обработан».
- 2) Проверяем наличие элементов в очереди запросов, если очередь не пуста, переходим к пункту 3, иначе — к пункту 10.
- 3) Получаем список связей из текущего узла.
- 4) Проверяем наличие элементов в списке связей, если список не пуст, переходим к пункту 5, иначе удаляем текущий узел из очереди запросов.
- 5) Отправляем запрос первому элементу из списка связей, если опрашиваемый узел ответил, то переходим к пункту 6, иначе — к пункту 9.
- 6) Фиксируем время отклика (вес  $e_i$  ребра). Добавляем ребро в подграф.
- 7) Если опрашиваемый узел «не обработан», то переходим к пункту 8, иначе — к пункту 9.
- 8) Добавляем узел в очередь запросов и подграф. Отмечаем его как «обработан».

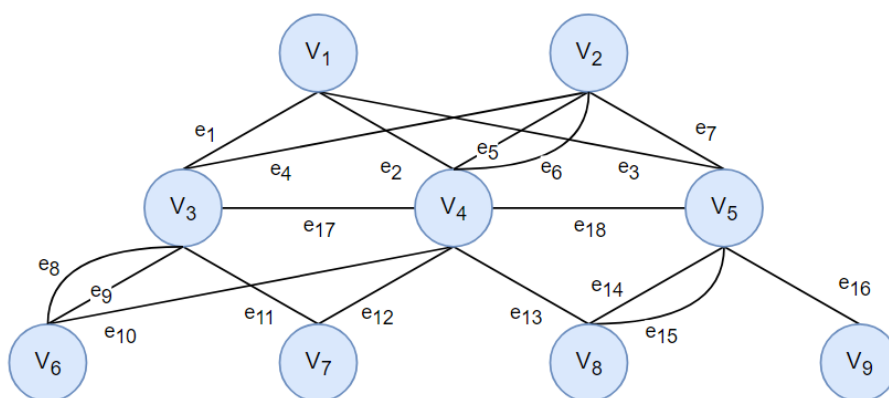


Рис. 7. Граф коммуникационных связей

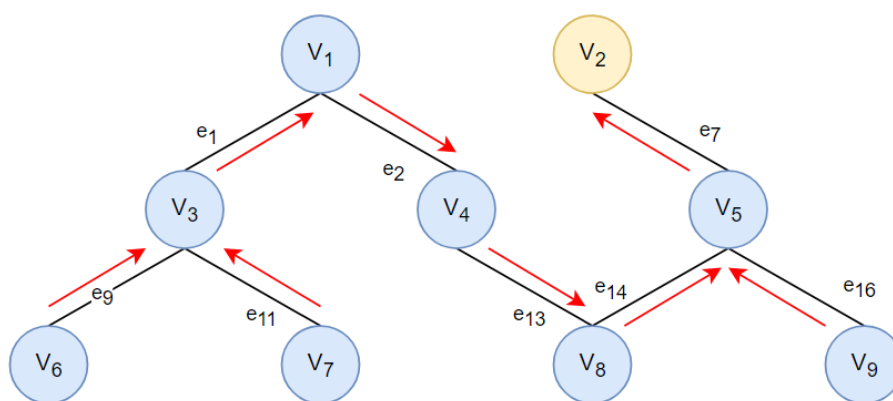


Рис. 8. Минимальное остовное дерево графа коммуникационных связей

9) Удаляем элемент из списка связей. Переходим к пункту 4.

10) Фиксируем общее время работы алгоритма. Завершаем работу.

Иллюстрация запросов и ответов при построении графа из начального узла ( $V_2$ ) на основе алгоритма обхода графа в ширину представлена на рис. 5. Блок-схема алгоритма приведена в Приложении А.

### 5. Модернизированный алгоритм обхода графа в глубину для сети PCO.

Рассмотрим второй алгоритм построения графа коммуникационных связей на основе алгоритма обхода графа в глубину. Так как отличительной чертой данного алгоритма от предыдущего является использование рекурсивной функции  $DFS()$ , входными данными для которой является ссылка на опрашиваемый узел, то в этом случае отличиям алгоритма от стандартного будут являться дополнительные определение и учет времени передачи данных по сети от группы определенных функцией  $DFS()$  узлов до опрашиваемого. Начальный узел, с которого выполняется обход графа, выбирается системой автоматически, либо задается вручную. Далее выполняется следующий алгоритм:

- 1) Запускаем рекурсивную функцию  $DFS(m)$ , где  $m$  — начальный узел.
- 2) Добавляем узел в подграф. Отмечаем его как «обработан».
- 3) Получаем список связей из текущего узла.

4) Проверяем наличие элементов в списке связей, если список не пуст, переходим к пункту 5, иначе выходим из функции (переходим на уровень выше). Если функция имеет нулевой уровень вложенности, то переходим к пункту 11.

5) Отправляем запрос первому элементу из списка связей, если опрашиваемый узел ответил, то переходим к пункту 6, иначе — к пункту 10.

6) Фиксируем время отклика (вес  $e_i$  ребра). Добавляем ребро в подграф.

7) Если опрашиваемый узел «не обработан», то переходим к пункту 8, иначе к пункту 10.

8) Фиксируем общее время доступа к опрашиваемому узлу из начального.

9) Запускаем рекурсивную функцию  $DFS(n)$ .

10) Удаляем элемент списка связей. Переходим к пункту 4.

11) Фиксируем общее время работы алгоритма. Завершаем работу.

Иллюстрация запросов и ответов при построении графа из узла начального узла ( $V_2$ ) на основе алгоритма обхода графа в глубину представлена на рис. 6. Блок-схема алгоритма приведена в Приложении Б.

Так как в сети нет изолированных сегментов, то в результате работы алгоритмов автоматически составляется граф всей сети устройств РСО.

Оба алгоритма были протестированы на специально разработанной компьютерной модели, которая отражает РСО с узлами и связями как на рис. 4. Задержка передачи информации между узлами задавалась определенной величиной и не менялась в ходе тестирования алгоритма.

Эксперимент показал, что алгоритм, основанный на поиске в глубину, показывает меньшее время построения конфигурации сети. Это связано с тем, что при рекурсивном переборе узлов информация о соседних узлах накапливается в «опрашивающем» узле и после опроса всех узлов передается на уровень выше за одну транзакцию, а при использовании очереди тратится дополнительное время для передачи полученной информации о каждом новом узле до начального узла. Для периодической диагностики предлагается использовать алгоритм, основанный на обходе графа в глубину.

**6. Алгоритм определения маршрутов для получения диагностической информации.** Точкой входа или начальным узлом для выполнения алгоритма определения маршрутов для получения диагностической информации является узел, на котором установлен центр диагностики РСО. Алгоритм состоит из 4-х этапов:

1) Использование алгоритма определения конфигурации сети, разобранный в разделе выше. Граф коммуникационных связей представлен на рис. 7.

2) Построение минимального остовного дерева путем применения алгоритма Прима [8] (см. рис. 8).

3) Определение оптимальных маршрутов от каждого узла к начальному с помощью алгоритма Дейкстры [8]. Маршруты показаны красными стрелками на рис. 8.

4) Назначение «ведущего» узла для каждого из диагностируемых, то есть узла, которому будет передаваться диагностическая информация от него (см. табл. 2).

**7. Порядок функционирования центра диагностики.** Для поддержания информации о доступности элементов РСО и каналах связи между ними в актуальном состоянии предлагается запускать алгоритм определения конфигурации сети при загрузке системы, а после с периодичностью  $t_1$ .

Для поддержания информации о состоянии доступных элементов РСО в актуальном состоянии предлагается запускать запрос диагностической информации после выполнения

Таблица 2

Таблица «ведущих» узлов

Основной	$V_2$	$V_5$	$V_9$	$V_8$	$V_4$	$V_1$	$V_3$	$V_6$	$V_7$
«Ведущий»	–	$V_2$	$V_5$	$V_5$	$V_8$	$V_4$	$V_1$	$V_3$	$V_3$

алгоритма определения конфигурации сети, а после с периодичностью  $t_b$ . Информация от каждого узла отправляется асинхронно.

Если при запросе диагностической информации от какого-то устройства информация не приходит, либо значительно изменяется время отклика, то запускается алгоритм определения конфигурации сети.

Время выполнения алгоритма определения оптимальных маршрутов для получения диагностической информации в случае неработоспособности каналов связи определяется таймаутами ожидания ответов от опрашиваемых узлов.

По получаемой диагностической информации автоматически определяется готовность РСО к выполнению своих функций в соответствии с регламентом.

**8. Контрольный пример.** В данном примере центр диагностики РСО установлен на ЕДДС<sub>1</sub>, поэтому алгоритм определения оптимальных маршрутов передачи диагностической информации будет запускаться относительно него. Граф телекоммуникационных связей после выполнения алгоритма определения конфигурации сети показан на рис. 9.

Минимальное остовное дерево коммуникационных связей, полученное путем применения алгоритма Прима, имеет вид, показанный на рис. 10. Матрица весов для данного графа представлена в табл. 3.

Далее смоделируем отказ работы основных каналов связи между ПУ и всеми ЕДДС. Красным на рис. 9 указаны каналы связи, которые в настоящий момент недоступны.

После выполнения алгоритма определения конфигурации сети минимальное остовное дерево имеет вид, показанный на рис. 11. Матрица весов, соответствующая новому графу, представлена в табл. 4.

**9. Оценка эффективности предлагаемого подхода.** При оповещении сигналы из узла верхнего уровня посылаются в узлы нижнего уровня одновременно. Общее время задержки будет зависеть не столько от общего количества узлов, сколько от количества уровней в системе оповещения (см. рис. 1). При этом общее время задержки при оповещении будет определяться временем задержки в самой «длинной» (с минимально необходимым для связи узлов количеством ребер) цепочке системы оповещения. Увеличение количества уровней в системе позволяет представить систему более наглядно, структурировано, приближенно к реальной иерархии подчиненности объектов систем оповещения.

Проведем анализ увеличения времени оповещения в случае наличия обрывов каналов связи в референсной цепочке и покажем зависимость количества возможных задержек от количества уровней в системе оповещения. Рассмотрим пример. Для упрощения расчета оценки примем, что все узлы имеют по 2 канала связи (основной и резервный). Также зададим, что рассматриваемая самая «длинная» цепочка имеет 2 обрыва каналов связи. Учитываются только те случаи, когда узел остается доступным (нет обрыва обоих каналов между узлами). Алгоритм анализа реализован следующим образом: все состояния каналов связи кодируются двоичным числом с числом разрядов, равным количеству каналов. Нечетные разряды кодируют основной канал, а четные — резервный. Например, число

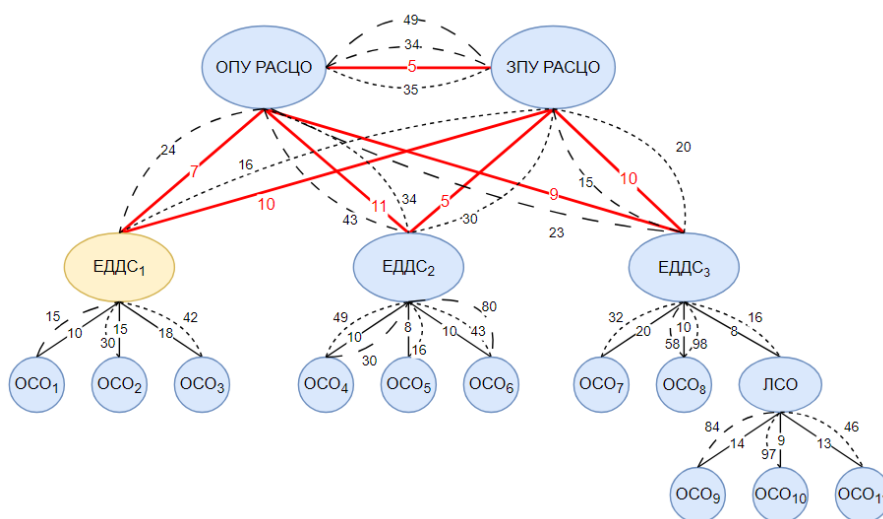


Рис. 9. Граф коммуникационных связей

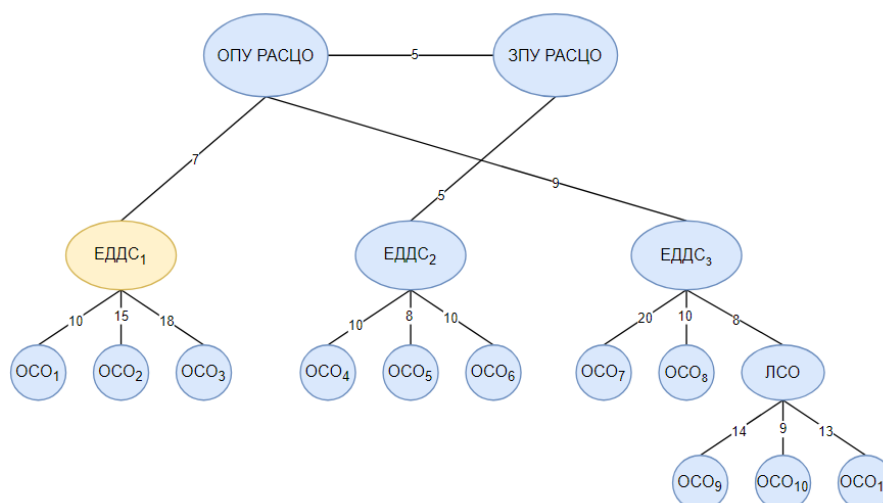


Рис. 10. Минимальное остовное дерево коммуникационных связей

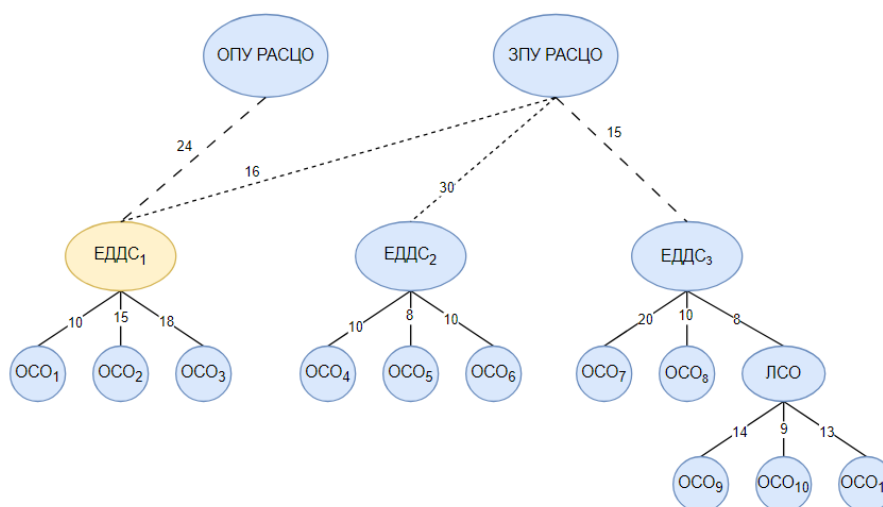


Рис. 11. Минимальное остовное дерево коммуникационных связей после определения новой конфигурации сети



Таблица 5

Зависимость вероятности (в процентах) времени прохождения сигнала оповещения от количества уровней в системе оповещения

количество таймаутов / количество уровней	2	3	4	5
0	16,6	20	7,14	1,42
1	33,3	40	21,42	5,71
2	0	20	21,42	8,57
3	0	0	7,14	5,71
4	0	0	0	1,42

100001 кодирует 6 каналов связи между 4-мя узлами, причем присутствует нарушение связи между узлами 1 и 2 по основному каналу и между узлами 2 и 3 по резервному. Далее идет перебор всех возможных комбинаций чисел, отсеиваются числа с заданным количеством единичных разрядов (обрывов связи), и уже для них рассчитывается время прохождения сигналов: 0, если основной канал работоспособен, время таймаута, если основной канал неработоспособен, а резервный работоспособен, и  $\infty$ , если оба канала неработоспособны. Общее время прохождения сигнала по цепочке суммируется. Далее для каждого времени прохождения рассчитывается вероятность, исходя из всех возможных вариантов распределения заданного количества обрывов каналов связи. Полученные данные сведены в таблицу, показывающую распределение вероятности прохождения сигнала с определенной задержкой в процентах в зависимости от количества уровней в системе оповещения.

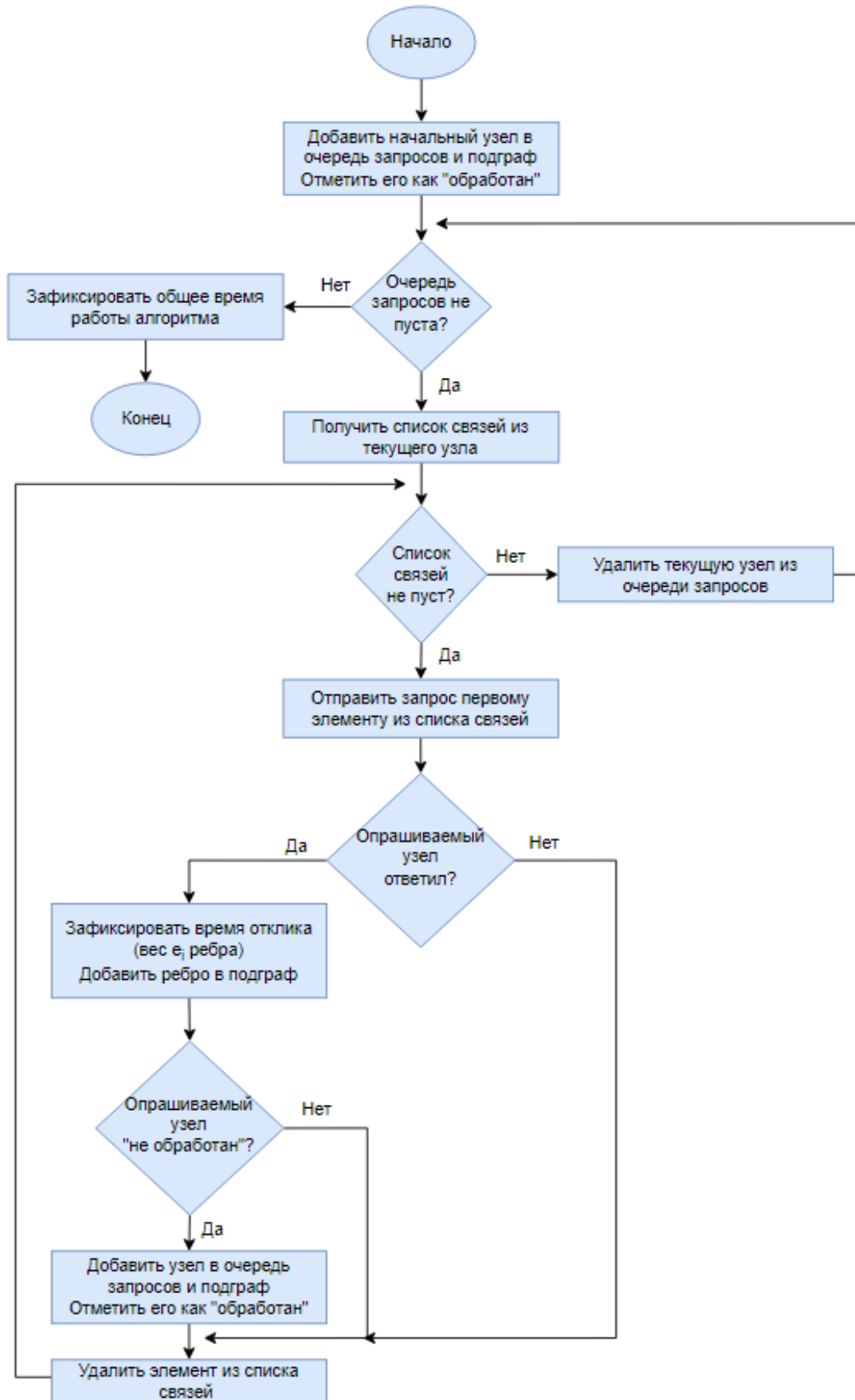
Из табл. 5 видно, что в данной конфигурации наиболее вероятное время задержки оповещения составит 2 таймаута. Как правило, время таймаута устанавливается порядка 20–30 секунд, что в конечном итоге увеличивает время прохождения оповещения до 1 минуты. Учитывая, что на все оповещение, включая подтверждение окончания, выделяется 5 минут [4], то период в 20 процентов от этого времени является существенным. Это говорит о целесообразности использования фоновой диагностики в рамках предлагаемого подхода.

**Выводы.** Предложенный подход к организации диагностики РСО позволяет в фоновом режиме определять маршруты для сбора диагностической информации о состоянии объектов РСО, непрерывно проводить диагностику всех узлов системы, оценивать ее работоспособность и рассчитывать предполагаемый процент доведения сигналов оповещения до населения. Применение данного подхода при разрывах каналов связи сокращает общее время прохождения сеанса оповещения до 20 %. Подход был программно реализован и апробирован при техническом обслуживании систем оповещения населения Кемеровской, Волгоградской и Калининградской областей. Все заявленные характеристики были подтверждены.

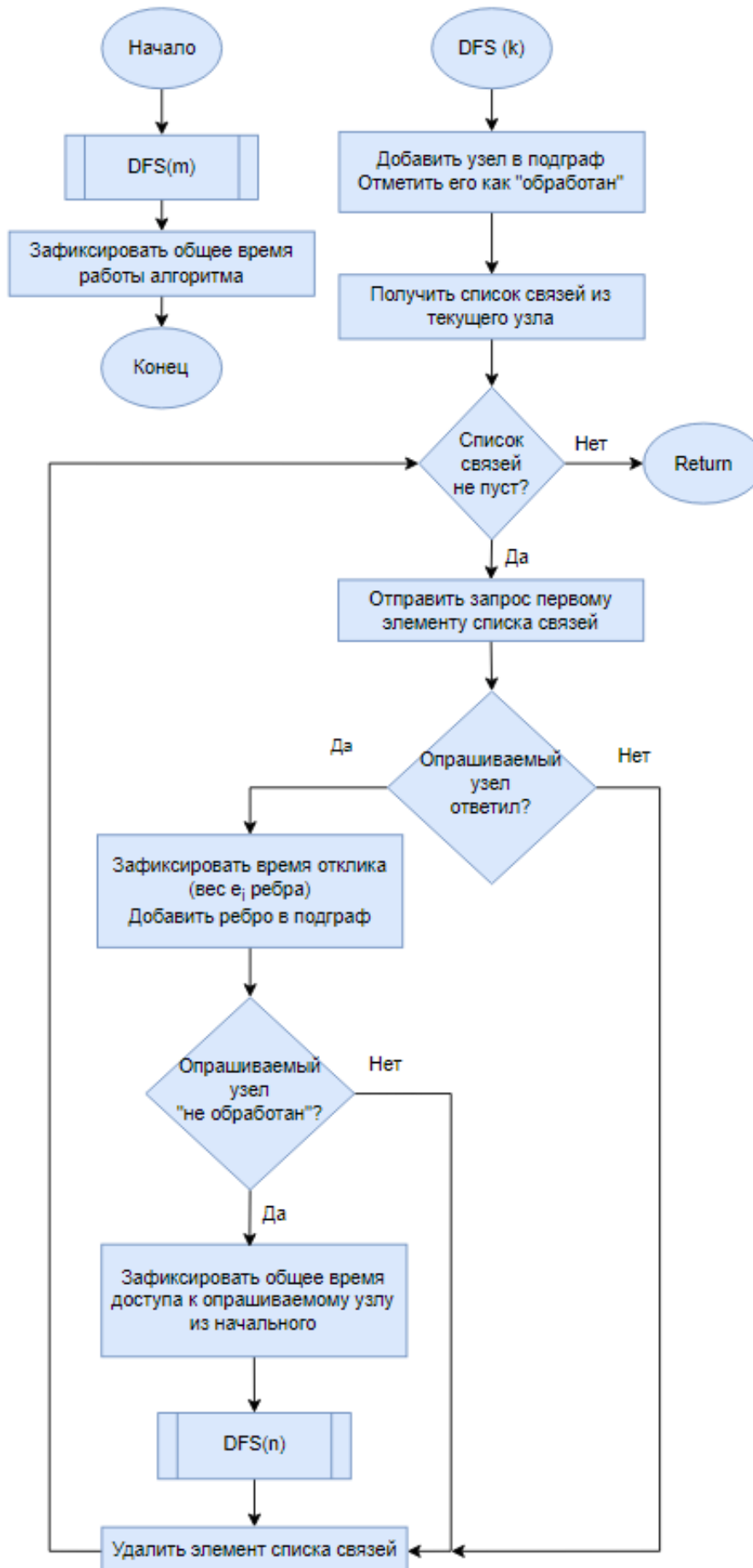
## Список литературы

1. Сонькин М. А. [и др.] Системы мониторинга и оповещения о чрезвычайных ситуациях в регионах разработки нефтегазовых месторождений // Доклады ТУСУР. 2014. № 4(34). С. 133–137.

## Приложение А. Блок-схема алгоритма обхода графа в ширину



Приложение Б. Блок-схема алгоритма обхода графа в глубину



2. Леонова Е. М., Леонова А. Н. Современные тенденции развития систем оповещения населения // Технологии гражданской безопасности, том. 18. 2021. С. 98–103.
3. Сонькин М. А., Сауренко Т. Н., Анисимов В. Г. [и др.]. Математические модели прогнозирования экологической угрозы техногенных аварий и катастроф в составе интегрированных систем безопасности региона // Технологии гражданской безопасности. ФГБУ ВНИИ ГО ЧС. 2019. Т. 16. С. 62–67.
4. Совместный приказ МЧС России и Минцифры России от 31.07.2020 № 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» (зарегистрирован в Минюсте России 26.10.2020, регистрационный № 60567) Нормативно-правовой акт Министерства или Ведомства от 31.07.2020 г. № 578/365. [Электрон. рес.]: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5175>.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.05.2023 г. № 769 «О порядке создания, реконструкции и поддержания в состоянии постоянной готовности к использованию систем оповещения населения». [Электрон. рес.]: <http://government.ru/docs/all/147661/>.
6. Методические рекомендации по созданию и реконструкции систем оповещения населения от 19.02.2021 г. [Электрон. рес.]: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5174>.
7. Методические рекомендации по поддержанию в постоянной готовности к использованию систем оповещения населения от 29.12.2023 г. [Электрон. рес.]: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/7146>.
8. Прокопенко Н. Ю. Дискретная математика: ННГАСУ Н. Новгород, 2016. 251 с.



**Носов Владимир Сергеевич** окончил институт прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета по направлению подготовки «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

в 2023 г., бакалавр. Инженер ООО «ИНКОМ». Область научной специализации: телекоммуникационные системы, системы мониторинга и управления подвижными объектами.

**Nosov Vladimir Sergeevich** graduated from the Institute of Applied Mathematics and Computer Science of Tomsk State University in the field of Fundamental Informatics and Information Technology in 2023, Bachelor's degree. Engineer of INCOM LLC. Field of scientific specialization: telecommunication systems, monitoring and control systems for mobile objects.



**Сонькин Дмитрий Михайлович** в 2007 г. окончил бакалавриат по направлению «Информатика и вычислительная техника» в Томском политехническом университете. В 2009 году окончил

магистратуру Томского политехнического университета по направлению «Информатика и вычислительная техника», доктор технических наук, доцент. Научный сотрудник ООО «ИНКОМ». Область научной специализации: информационно-аналитические системы, геоинформационные системы и технологии, системы мониторинга и управления подвижными объектами, автоматизация производства промышленных и производственных предприятий. Является автором и соавтором более 80 научных работ.

**Sonkin Dmitry Mikhailovich** graduated from Tomsk Polytechnic University with a bachelor's degree in Computer Science and Computer Engineering in 2007. In 2009, he graduated from Tomsk Polytechnic University with a Master's degree in Computer Science and Computer Engineering, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. Researcher at INCOM LLC. Field of scientific specialization: information and analytical systems, geoinformation systems and technologies, monitoring and control systems for mobile objects, automation of industrial and manufacturing enterprises. He is the author and co-author of more than 80 scientific papers.

**Сонькин Михаил Аркадьевич** в 1976 г. окончил Омский политехнический институт по

специальности «Электронные вычислительные машины», доктор технических наук, доцент. Директор ООО «ИНКОМ». Область научной специализации: информационно-аналитические системы, геоинформационные системы и технологии, системы мониторинга и управления подвижными объектами, автоматизация производства промышленных и производственных предприятий. Является автором и соавтором более 150 научных работ.



**Sonkin Mikhail Arkadievich** graduated from Omsk Polytechnic Institute in 1976 with a degree in Electronic Computing Machines, Doctor of Technical Sciences, associate Professor. Director of INCOM

LLC. Field of scientific specialization: information and analytical systems, geoinformation systems and technologies, monitoring and control systems for mobile objects, automation of industrial and manufacturing enterprises. He is the author and co-author of more than 150 scientific papers.

**Чурсин Юрий Александрович** в 2007 г. окончил с отличием физико-технический фа-

культет Томского политехнического университета по специальности «Электроника и автоматика физических установок», кандидат технических наук, доцент. Ведущий научный сотрудник ООО «ИНКОМ». Область научной специализации: микропроцессорная техника, телекоммуникационные системы, моделирование и автоматизация технологических процессов, промышленная автоматика и робототехника. Является автором и соавтором более 100 научных работ.



**Chursin Yury Alexandrovich** graduated with honors from the Faculty of Physics and Technology of Tomsk Polytechnic University in 2007 with a degree in Electronics and Automation of Physical

Installations, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. A leading researcher at INCOM LLC. Scientific specialization: microprocessor technology, telecommunication systems, modeling and automation of technological processes, industrial automation and robotics. He is the author and co-author of more than 100 scientific papers.

*Дата поступления — 15.02.2024*