

УДК: 621.39

DOI: 10.53816/23061456\_2022\_5-6\_58

**ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ,  
КЛАССИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА**

**SECURITY ALARM, BASIC PARAMETERS,  
CLASSIFICATION AND DIAGNOSIS**

*Д-р техн. наук А.Н. Пивоваров*

*D.Sc. A.N. Pivovarov*

*Государственный университет морского и речного флота им. С.О. Макарова*

В статье рассматриваются вопросы анализа функционально-параметрической схемы охранной сигнализации с позиций диагностики. Предлагается расширенная классификация охранной сигнализации из 24 признаков с подпризнаками в количестве от 2 до 8. Особо значимыми признаками являются: зоны охраны, площадь охвата объекта, конфигурация зоны обнаружения, масштаб применения, стоимость и др. Предложено теоретико-множественное описание элементов охранной сигнализации в виде общих и дополнительных параметров. Приведена функциональная схема охранной сигнализации в составе извещателей-датчиков, линий связи, приемно-контрольного прибора и выносной сигнализации (световой и звуковой), представлены соответствующие математические соотношения и характеристики шлейфа сигнализации. Предложена методика диагностирования охранной сигнализации в виде алгоритма из 28 блоков с применением эквивалента шлейфа, позволяющая за 3–4 процедуры определить неисправность.

**Ключевые слова:** охранная сигнализация, состав элементов, функционально-параметрическая схема, классификация сигнализации, теоретико-множественное описание, алгоритм диагностики, характеристики шлейфа, восприятие входного сигнала.

The article discusses the analysis of the functional-parametric scheme of security alarm from the point of view of diagnostics. It is proposed an expanded classification of the security alarm of 24 signs with sub-signs in the amount of 2 to 8. Particularly significant features are: protection zones, the area of coverage of the object, the configuration of the detection zone, the scale of application, cost, etc. Proposed theoretic-multiple description of the elements of the security alarm in the form of general parameters and additional. A functional scheme of security alarms consisting of detectors-sensors, communication lines, receiving-control device and remote alarm (light and audible) is presented, the corresponding mathematical ratios and characteristics of the alarm train are presented. The method of diagnosing the security alarm in the form of an algorithm of 28 blocks using the equivalent of a plume, allowing for 3–4 procedures to determine the fault is proposed.

**Keywords:** security alarm, the composition of the elements, functional-parametric circuit, classification of alarms, theoretical-multiple description, diagnostic algorithm, characteristics of the plume, perception of the input signal.

Охранная сигнализация (ОХС) наряду с другими подсистемами — охранным телевидением (ОТВ), контролем и управлением доступом (КУД) — входит в интегрированную систему безопасности морских объектов, но может функционировать и в качестве автономной, самостоятельной подсистемы [1, 2, 3, 7]. Достоинством ОХС является ее достаточно высокая эффективность — по вероятности обнаружения нарушителя  $P_{об}$  не менее 0,95–0,97 для закрытых помещений и несколько ниже — для наружных условий применения в зависимости от температуры, влажности, ветра, снега, тумана, других климатических факторов и электромагнитных помех. Важным достоинством ОХС является низкая стоимость в сравнении с другими подсистемами. Так, например, контроль помещения площадью 20–30 м<sup>2</sup> стоит порядка 4–6 тыс. руб., а ОТВ с одной видеокамерой в 1,5–2 раза больше, особенно для цветного изображения, а с учетом необходимости хранения данных — и того больше. Существенно ниже стоимость ОХС и для контроля периметра объектов — в среднем эта величина колеблется в пределах 300–400 руб. на 1 погонный метр, в то время как для ОТВ эти цифры минимум 1,5–2,5 тыс. руб. и более. Вместе с тем ОХС, решая главную задачу — обнаружение нарушителя, не может обеспечить классификацию и идентификацию нарушителя, в отличие от ОТВ и КУД [2, 8–10]. Однако в сочетании с указанными подсистемами ОХС дополняет их и повышает экономичность и эффективность оборудования в целом [1, 4, 5]. Важным этапом функционирования ОХС является эксплуатация, тестирование, диагностирование [1, 4, 5]. Указанные процедуры базируются на различных методиках, которые ориентированы на сложные системы. К ним относится и ОХС, поскольку каждый из элементов является самостоятельным, в смысле возможности оценки его работоспособности отдельно от других.

Эффективность методик диагностирования определяется временем диагностирования, уменьшением числа технико-эксплуатационных процедур, используемых измерительных средств и других факторов, что чрезвычайно важно в условиях актов незаконного вмешательства, особенно террористического характера, для объектов водного транспорта, так как объект на этот период остается без охраны. От-

сюда разработка эффективной методики диагностирования ОХС представляется актуальной задачей. Предлагаемая методика базируется на структурно-параметрическом анализе функциональной схемы ОХС с учетом ее классификации и разработке алгоритма диагностирования с эквивалентом шлейфа. Эти вопросы далее рассматриваются подробно.

Состав элементов ОХС представлен на рис. 1, а предлагаемая расширенная классификация — на рис. 2.

Как видно на рис. 1, основными функциональными блоками являются извещатели/датчики (ИЗВ 1, 2), линии связи (ЛС), приемно-контрольные приборы (ПКП, и выносная сигнализация (ВСГ): световой оповещатель (СВО) и звуковой (ЗВО). В состав ОХС входят блок питания (БП) и резервный аккумулятор (АК), который обычно устанавливается в корпус ПКП, но может быть и отдельным блоком для больших по масштабам ОХС. Другие элементы соединительные коробки с контактными разъемами, расширители, монтажные шкафы — служат для подключения ИЗВ, ВСГ, ЛС и расширения возможностей. В беспроводных ОХС имеются модули приема/передачи (ПРД 11) и антенны. Подавляющее число ОХС выполняется в проводном варианте (кроме случая беспроводных ИЗВ), но и в беспроводном варианте периферийная часть оборудования остается такой же, как указано на рис. 1, поэтому все дальнейшие рассуждения для обоих вариантов справедливы.

Представленная на рис. 2 классификация ОХС включает 24 признака с подпризнаками в количестве от 2 до 8, отражающими основные показатели ОХС, которыми следует оперировать как в ходе предварительного анализа альтернативных вариантов ОХС для защиты объекта, так и непосредственно при проектировании и эксплуатации. Особо значимыми признаками являются: зоны охраны, площадь охвата объекта, конфигурация зоны обнаружения, масштаб применения, периодичность работы, виды линий связи, устройства отображения информации, элементы ОХС, а также стоимость [1, 3].

Учитывая изложенное, в теоретико-множественном виде ОХС можно отобразить как единую цепь элементов:

(ИЗВ 1, 2) ∪ (ЛС 4, БР 9, СК 10) ∪ (ПКП 3, БПТ 6, АК 7, ПРД 11\*) ∪ (ЛС 4) ∪ (ВСГ 5),

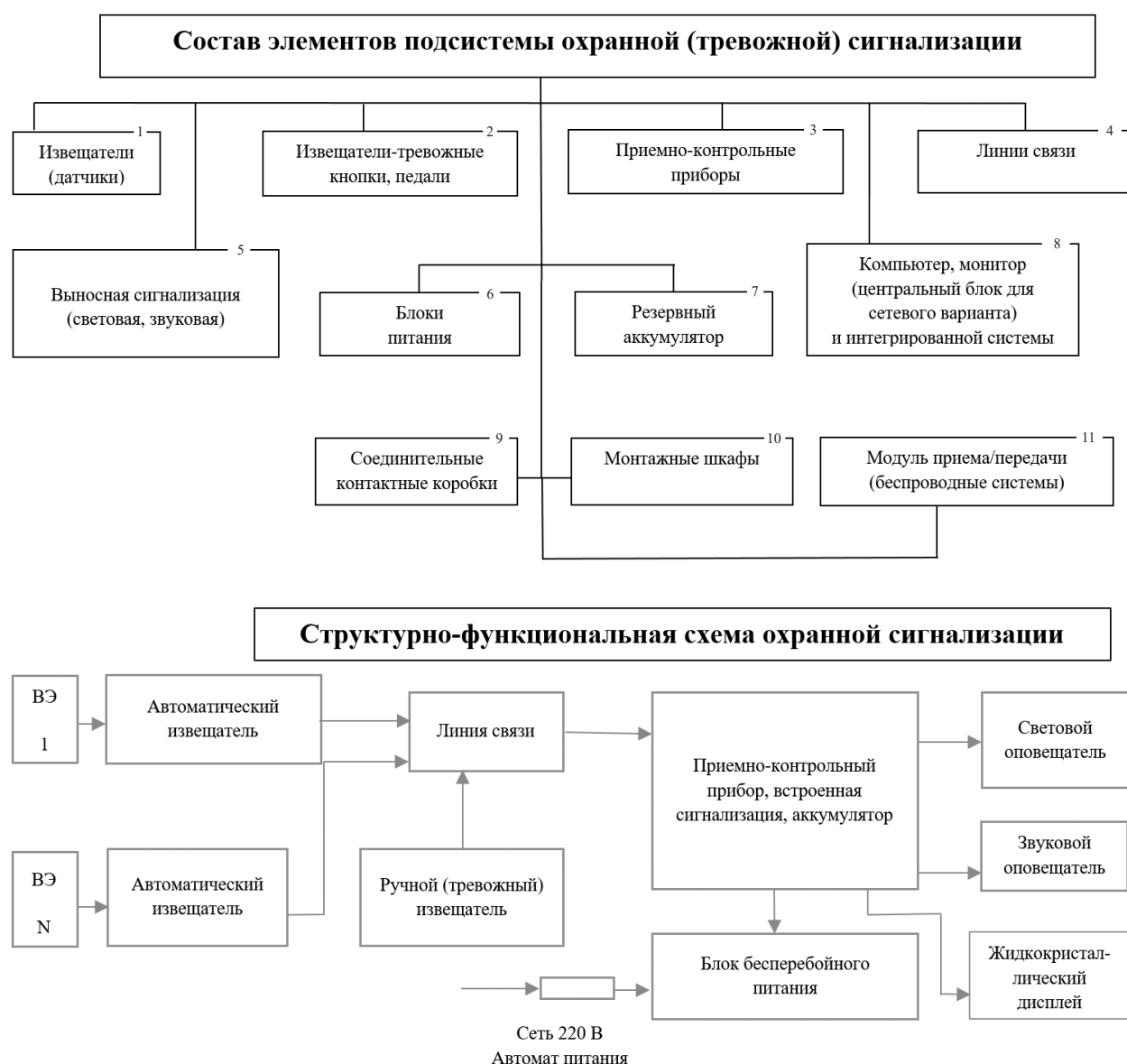


Рис. 1. Состав элементов охранной сигнализации и структурно-функциональная схема охранной сигнализации (неадресный, проводной вариант), ВЭ — выносной элемент

где: ИЗВ — извещатели, ЛС — линии связи, БР — блоки расширения, СК — соединительные коробки, БПТ — блоки питания, АК — аккумулятор, ПРД — модуль приема/передачи, ВСГ — выносная сигнализация (световой оповещатель (СВО) и звуковой (ЗВО)), (знак \* — относится к беспроводным устройствам), причем каждый из элементов множества данной цепи характеризуется комплексом общих и дополнительных технических параметров (табл. 1).

Условные обозначения общие в табл. 1:

$v_{ин}$  — скорость передачи информации,  $d$  — число элементов,  $\Delta F$  — ширина полосы пропус-

кания,  $I$  — ток,  $U$  — напряжение,  $m$  — масса,  $P_{бo}(\Delta t)$  — вероятность безотказной работы за время  $\Delta T$ ,  $t^\circ$  — интервал температур,  $v$  — объем информации, СД — светодиод индикации, П — разновидность элемента,  $IP$  — степень защиты оболочки,  $\Gamma$  — габариты,  $C$  — стоимость, МК — микроконтакт. В табл. 2 приведены дополнительные условные обозначения по элементам.

В общей сложности приходится учитывать до 64 параметров, в том числе по ИЗВ — 15, ЛС — 16, ПКП — 17, ВСГ — 16.

Среди различных подходов к построению комплекса диагностических процедур наиболее

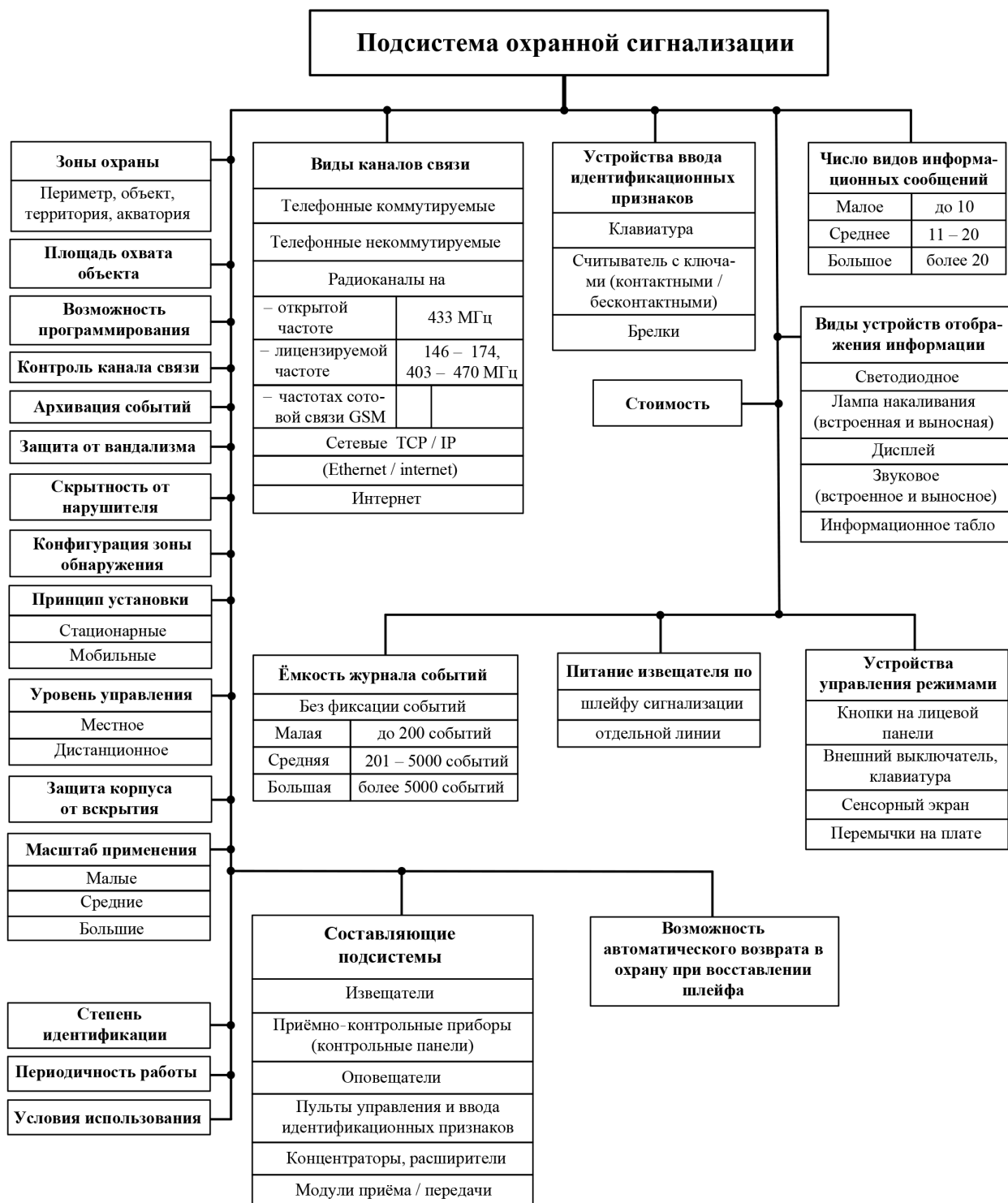


Рис. 2. Детализированная классификация подсистемы охранной сигнализации

эффективными являются, например, алгоритмы на базе оценки параметров надежности с учетом времени  $T$  проверки каждого элемента оборудования в виде ранжировки отношения  $T / P_{отк\ эл}$ ,  $i = 1, \dots, d$  ( $d$  — общее число элементов оборудо-

вания) и определения рациональной последовательности отношений в порядке от минимального к максимальному (при равенстве отдельных отношений можно выбирать любой из таких элементов в цепи проверок). Вместе с тем требует-

Таблица 1

Параметры ОХС

Извещатель (ИЗВ)	Линия связи (ЛС)	Приемно-контрольный прибор (ПКП)	Выносная сигнализация (ВСГ)
$d_{изв}, L, P_{бо}(\Delta t), IP, t^{\circ}, I, U, Ч, ВЭ, СД, МК, m, h, Г, С$	$X_{лс}, e, \Delta F, W, S, I, U, R, P_{лс}, L_{лс}, t^{\circ}, Z_{лс}, \mathcal{E}_{лс}, m, Г, С$	$d_{шл}, m_{пкп}, МК, П_{пцн}, d_{пкп}, v_{пкп}, СД_{вст}, I, U, IP, t^{\circ}, P_{бо}(\Delta t), X_{всг}, U_{пит}, E_{ак}, Г, С$	$d_{сво,зв}, I, U, IP, t^{\circ}, P_{бо}(\Delta t), m, Г, С, Я_{св}, СД_{св}, П_{св,зв}, P_{св,зв}, D_{зв}, f_{зв}, f_{св}$

Таблица 2

Дополнительные условные обозначения по элементам

ИЗВ	$D_{изв}$ — диаграмма направленности, $d_{изв}$ — число извещателей, $L_{обн}$ — длина зоны обнаружения, ВЭ — выносной элемент (обычно резистор), $h$ — тип чувствительного элемента, Ч — чувствительность
ЛС	$X_{лс}$ — характеристика (вид) линии связи, $e$ — ёмкость пары проводов, $B$ — индуктивность, $W$ — волновое сопротивление, $S$ — сечение провода, $L_{лс}$ — длина линии связи (шлейфа), $R$ — омическое сопротивление провода, $Z_{лс}$ — затухание линии связи, $\mathcal{E}$ — экранирование провода, $T_{лс}$ — срок службы линии связи (кабеля), МК — микроконтакт
ПКП	$d_{пкп}$ — число комплектов ПКП, $d_{шл}$ — число шлейфов, $m_{пкп}$ — масса, $d_{вы}$ — число выходов, $v_{пкп}$ — объём хранимой информации, $П_{пцн}$ — параметры выхода на ПЦН (параметры реле ПЦН), $E_{ак}$ — емкость резервного аккумулятора, $U_{пит}$ — напряжение питания извещателей (отдельный выход прибора), $СД_{вст}$ — характеристика встроенной сигнализации (светодиоды, цветность, режим работы, зуммер и др.)
ВСГ	$Я_{св}$ — яркость свечения светового оповещателя, $P_{св,зв}$ — мощность светового, звукового оповещателей, $П_{св,зв}$ — разновидность светового (лампа накаливания, светодиод, жидкокристаллическая панель и др.), звукового (электродинамическая или пьезоэлектрическая сирена, электромагнитный звонок) оповещателей, $D_{зв}$ — звуковое давление на расстоянии 1 м, $f_{зв}$ — частота тона звукового оповещателя, $f_{св}$ — частота прерывистого включения светового оповещателя, $СД_{св}$ — светодиод светового оповещателя

ся иметь статистику этих параметров, а это само по себе не простая задача. Другим подходом является информационная оценка каждой диагностической операции в предположении равной вероятности отказа элемента  $P_{отк\ эл}$ , что в случае ОХС неправомерно. К тому же и длительность  $T_i$  диагностики элементов ОХС существенно отличается, (например, диагностика лампы накаливания или сирены несопоставима с диагностикой ПКП или ИЗВ не только по времени, но и числу диагностических процедур — в разы), что также является дополнительным аргументом в пользу отказа от данного подхода в традиционном его понимании теоретиками диагностики А.В. Мозгалевским и Д.В. Гаскаровым [6]. Однако, применив эквивалент сопротивления шлейфа  $R_{эк} = R_{шл}$  и разработав алгоритм диагностики с учетом функциональной схемы ОХС, и приведенных ниже соотношений, можно в 2–3 шага (по несколько процедур в каждом) определить неисправность (рис. 3). Как видно на рис. 3, ме-

тодика диагностики ОХС распадается на проверку 2 режимов: 1-й — оценка состояния ОХС в режиме охраны, — блоки (1–19), 2-й — в режиме тревога — (блоки 20–30).

В режиме «охрана» (нет нарушителя) предлагается в случае неустановки ОХС на охрану подключить на вход шлейфа ПКП (при отключении ЛС)  $R_{эк}$ , что позволяет сразу выделить три главные ветви поиска неисправности: ПКП, либо ЛС, либо ИЗВ, включая подачу питания на ИЗВ, если таковой электронного типа (блоки 7, 8, 10, 11, 18, 19). Соответственно принимается решение о неисправности конкретной ветви с дальнейшим более детальным исследованием определенных элементов, в том числе ВСГ в виде светового оповещателя или звукового.

В режиме «тревога» (имеется нарушитель) проверяются ИЗВ, ЛС, ПКП, световой и звуковой ОПО ВСГ, блоки 20–22 охватывают ИЗВ, блоки 23, 24 — ПКП, блоки 25, 26 — световой ОПО ВСГ, блоки 27, 28 — звуковой ОПО ВСГ, а бло-

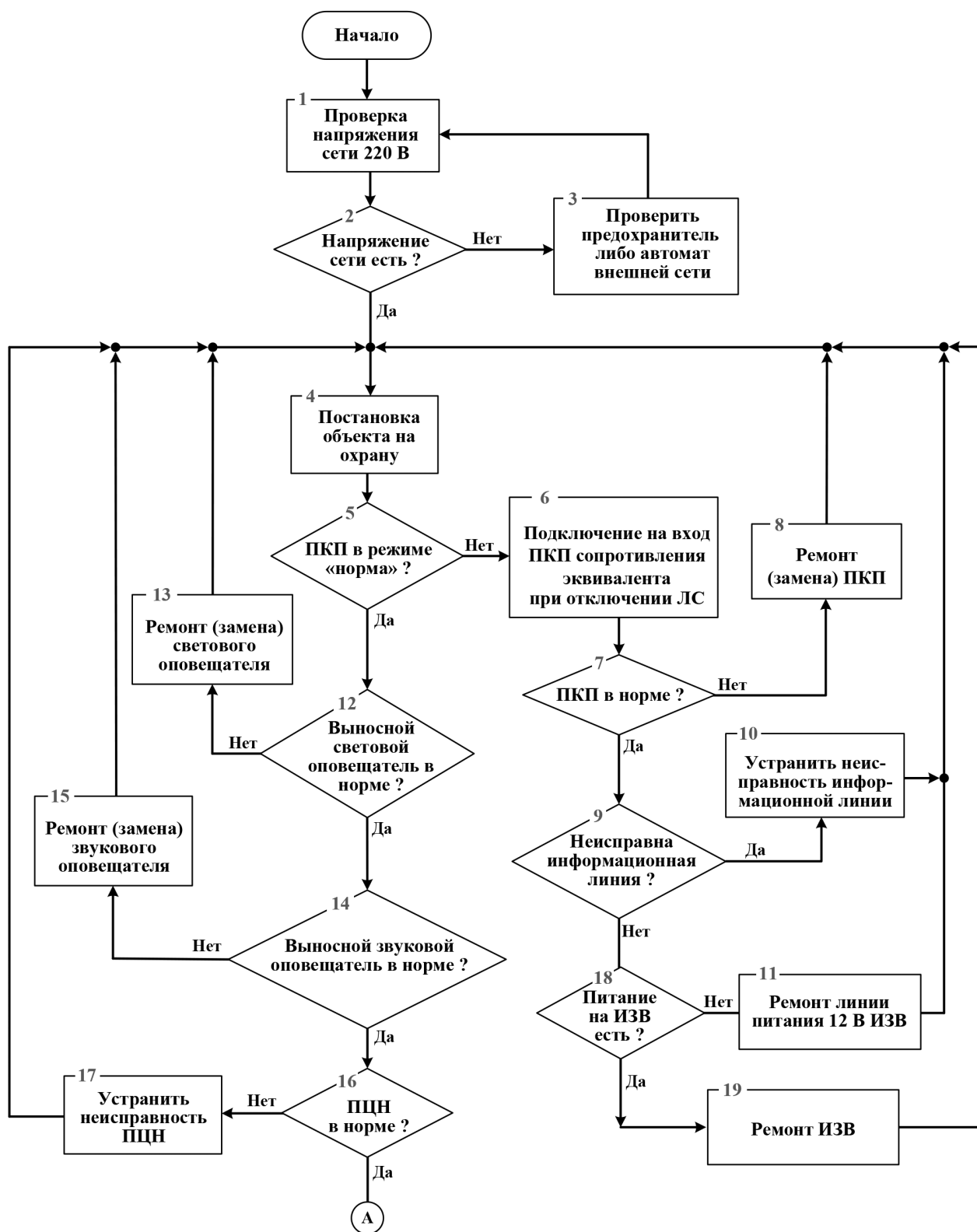
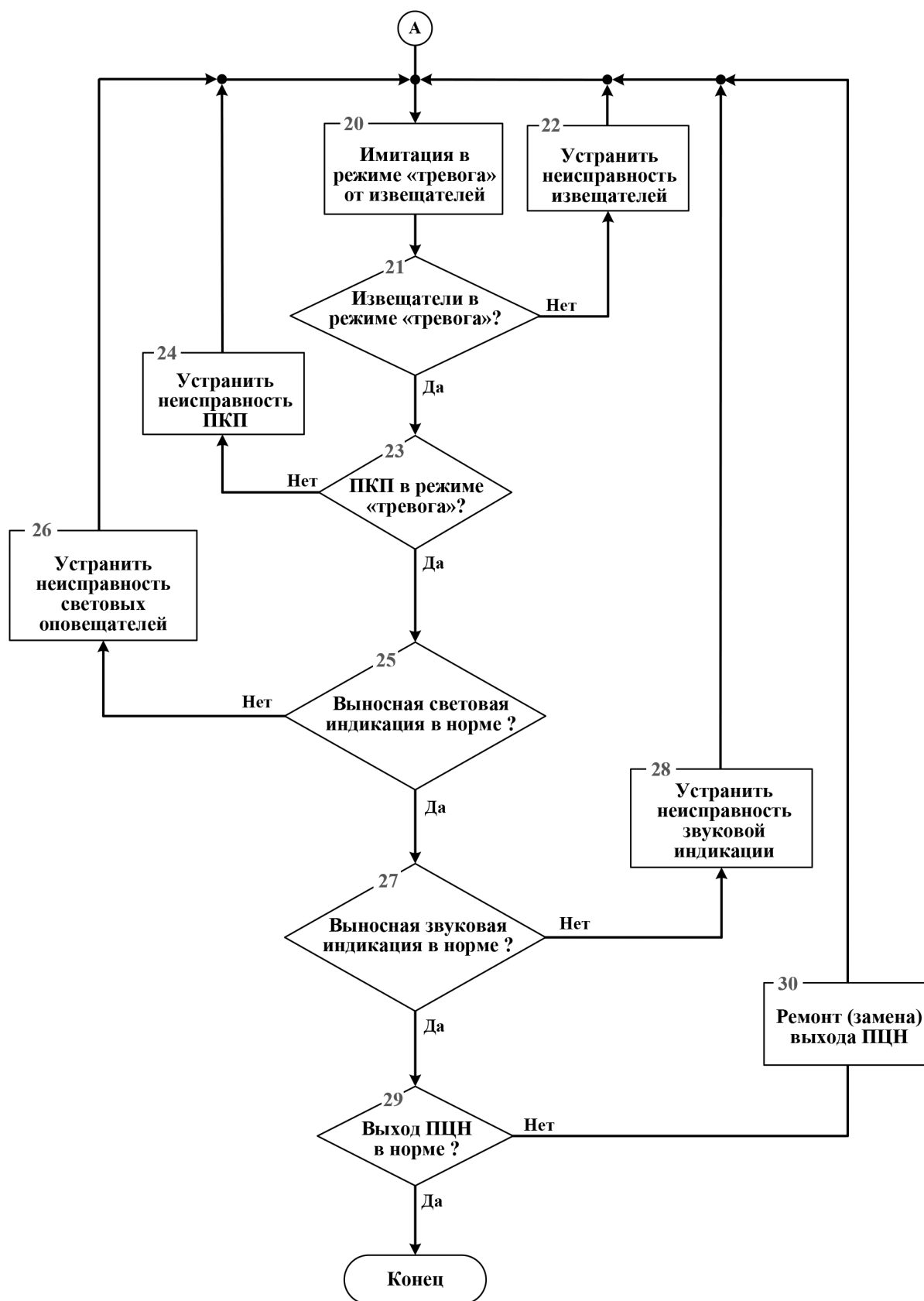


Рис. 3. Алгоритм диагностирования охранной сигнализации



Продолжение рис. 3. Алгоритм диагностирования охранной сигнализации



ки 29 и 30 — реле выхода на ПЦН ПКП (реле — короткозамкнутые контакты в состоянии охрана, и контакты в разрыве — при тревоге). Более детальные проверки элементов базируются на приведенных ниже соотношениях сопротивлений  $R$  с учетом анализа состояния выходов ПКП на пункт централизованного наблюдения (ПЦН), включая световой и звуковой ОПО. Поскольку в основе функционирования ПКП лежит принцип анализа напряжения шлейфа — линии связи ПКП с извещателем, к которому подключен выносной элемент  $R_{вз}$ , как правило, резистор сопротивлением порядка 2–5 кОм, то контроль этого резистора или опосредованно — напряжения на входе ПКП с помощью компаратора, или логических входов решающего устройства, аналого-цифровых преобразователей (могут быть приняты разные варианты заводами-изготовителями) позволяет оценить состояние охраняемого объекта.

Соответственно:  $R_{шл} = R_{min} - R_{max} \rightarrow$  ПКП — норма;

$R_{шл} = R_{пр} + R_{вз}$ ,  $R_{шл} < R_{вз min}$  — тревога,  $R_{пр} = 2gL/S$ ,

$R_{шл} > R_{max}$  — тревога, где  $g$  — удельное сопротивление ЛС, т.е. проводов,  $L$  — длина ЛС,  $S$  — площадь сечения провода. Практически  $R_{шл} \sim R_{вз}$ , т.к. даже при длине ЛС 100 м  $R_{пр} = (0,01-0,03) R_{вз}$ , поскольку обычно сечения сигнальных кабелей и проводов лежат в пределах 0,12–0,4 мм<sup>2</sup>, а диаметры 0,2–0,5 мм (например, кабели КСВВГ КСВВ, СQR и др.). Так, например, сопротивление проводов ЛС составляет 3 % при диаметре 0,2 мм и длине 100 м, а для диаметра 0,4 — всего 1,8 % в сравнении с  $R_{вз}$ .

Помимо сигнальной цепи требуется анализировать состояние ИЗВ по линии питания. При допущении падения напряжения, например, 0,5 В и номинальном значении 12 В, что характерно для подавляющего большинства ИЗВ, сечении 0,2 мм и длине 100 м падение напряжения может быть критичным. Так, если электронная схема ИЗВ потребляет порядка 20 мА, то падение напряжения  $\Delta U$  на проводах ЛС составит 2,2 В, что недопустимо, соответственно диаметр провода ЛС должен быть не менее 0,4 мм, тогда  $\Delta U = 0,56$  В, что близко к допустимому.

Детальная проверка ИЗВ в дополнение к блоку 19 может производиться автономно: подается напряжение питания и в режиме «охрана» тестером замеряется сопротивление контактов

выхода реле ИЗВ — около 0 МОм (встроенный в ИЗВ светодиод не горит). При имитации «тревоги» — сопротивление контактов — МОм и более, а светодиод загорается (обычно на 2–4 с).

Проверка ламп накаливания — СВО (блоки 13, 26): мультиметр в холодном состоянии показывает сопротивление примерно 150–170 Ом для рекомендованных ламп мощностью 25 Вт 220 В, а для 6 Вт — 12 В показание близко к 0 Ом.

Проверка сирены осуществляется подачей от аккумулятора напряжения, как правило 12 В, звонка громкого боя — подачей напряжения 220 В (блоки 15, 28). Сигнальные кабели для ОПО должны быть силовыми, и их проверка аналогична проверке сигнальных цепей ЛС.

Подытожив изложенное, необходимо отметить следующее.

1. Поскольку в ОХС используется модульный принцип построения, то в большинстве случаев после выявления неисправности требуется замена элемента из запасного комплекта на исправный, что по десятилетнему опыту автора характеризуется следующими временными затратами: ИЗВ — 15–40 мин (в зависимости от места установки и высоты), ЛС — при длине около 50 м — прокладка новой линии (в зависимости от материала стены, способа крепления — гвозди, саморезы с дюбелями с соответствующим сверлением отверстий перфоратором) — 4–7 ч, ПКП на 4 шлейфа — порядка 1,5–2,5 ч, сирены — 15–30 мин, звонка громкого боя — 15–45 мин (в зависимости от высоты и требуемой герметичности устройства (особенно при установке снаружи здания)).

2. Возможности ремонта элементов на месте чрезвычайно ограничены, по существу — это лишь замена предохранителя, восстановление винтового крепления контактов, замена реле в ИЗВ или в ПКП (выход ПКП на ПЦН, дающий сигнал состояния объекта на ПКП).

3. Фактически наиболее трудоемкой операцией является восстановление ЛС. Здесь следует учитывать возможность снижения сопротивления изоляции каждого из проводов ЛС. Соответственно сопротивление утечки, будучи параллельным выносному сопротивлению, может привести к критическим значениям сопротивления шлейфа, т.е. к ложной тревоге. Здесь необходимо ориентироваться на значение сопротивления шлейфа, внесенное в акт приема-сда-



чи ОХС. Сопротивление утечки должно лежать в диапазоне тысяч кОм – единицы МОм.

### Выводы

1. Разработана структурно-функциональная схема охранной сигнализации, рис. 1.

2. Разработана расширенная классификация охранной сигнализации из 24 признаков с разбивкой некоторых из них на 2–8 подпризнака, что позволяет с различных позиций сопоставить варианты построения сигнализации как альтернативные и конкурирующие, рис. 2.

3. Предложено теоретико-множественное описание элементов охранной сигнализации, с анализом состояния шлейфа и соответствующими символьными неравенствами и контрольными цифрами.

4. Предложена методика диагностики охранной сигнализации на основе функционального анализа, последовательности процедур диагностики из 30 блоков с применением эквивалента шлейфа, который позволяет за 3–4 шага отыскать неисправность оборудования, рис. 3.

### Литература

1. Пивоваров А.Н. Транспортная безопасность объектов, средства укрепления объектов и инженерно-технические системы охраны: учеб. пособие / А.Н. Пивоваров. — СПб: ЗАО «СИВЕЛ», 2014. 262 с.

2. Delton T. Horn. Electronic Alarm and Security Systems. A technical Guide. TAB Books. 1995. 256 p.

3. Международный кодекс по охране судов и портовых средств (кодекс ОСПС). — СПб: ЗАО ЦНИИМФ, 2003. 140 с.

4. Пивоваров А.Н., Бродов М.Б. К вопросу использования охранного телевидения на судах // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 7–8 (133–134). С. 67–72.

5. Кириченко А.В., Латухов С.В., Никитин В.А. и др. Организационно-технические основы безопасности судов и портовых средств. ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. С.О. Макарова». — СПб. 2014. 368 с.

6. Мозгалевский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. — М.: «Высшая школа». 1975. 207 с.

7. Демьяновски В. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии. 2-е изд. — М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2006. 480 с.

8. Волхонский В.В. Контрольные панели охранной сигнализации. — СПб: «Политехника-сервис», 2009. 213 с.

9. Синилов В.Г. Защита объектов современными средствами безопасности. 5-е изд. — М.: Торговый дом «ТИНКО», 2010. 516 с.

10. Магуенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения. 2-е изд. — М.: Горячая линия – Телеком, 2008. 496 с.

### References

1. Pivovarov A.N. Transport security of objects, means of strengthening objects and engineering and technical systems of protection: ucheb. posobie / A.N. Pivovarov. — SPb: ZAO «SIVEL», 2014. 262 p.

2. Delton T. Horn. Electronic Alarm and Security Systems. A technical Guide. TAB Books. 1995. 256 p.

3. International Ship and Port Facility Ohan Code (ISPS Code). — St. Petersburg: CJSC TSNIIMF, 2003. 140 p.

4. Pivovarov A.N., Brodov M.B. To the question of the use of ccTV on ships. Voprosy oboronnoi tekhniki. Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodeystviia terrorizmu. 2019. № 7–8 (133–134). P. 67–72.

5. Kirichenko A.V., Latukhov S.V., Nikitin V.A. et al. Organizational and technical foundations of security of ships and port facilities. S.O. Makarov State University of Marine and River Fleet. — SPb. 2014. 368 p.

6. Mozgalevsky A.V., Gaskarov D.V. Technical diagnostics. — М.: «Vysshaya shkola», 1975. 207 p.

7. Demyanovsky V. Bible of video surveillance. Digital and Network Technologies. 2nd ed. — М.: Ay-Es-Es Press, 2006. 480 p.

8. Volkhonsky V.V. Control panels of burglar alarm systems. — SPb: «Polytechnic-Service», 2009. 213 p.

9. Sinilov V.G. Protection of objects by modern security means. 5th ed. — М.: Trading House TINKO, 2010. 516 p.

10. Maguenov R.G. Security alarm systems: fundamentals of the theory and principles of construction. 2nd ed. — М.: Hot line – Telecom, 2008. 496 p.