

РАДИОТЕХНИКА



О.М. Булгаков,
доктор технических наук, доцент



С.Б. Ахлюстин

К ВОПРОСУ О ФОРМАЛИЗАЦИИ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРГАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ABOUT THE FORMALISATION OF ANTROPOMETRIC PARAMETERS OF ERGATIC SECURITY MODELS

Проанализированы основные проблемы моделирования надёжности эргатических систем безопасности. Рассмотрены некоторые подходы к формализации влияния человеческого фактора на надёжность таких систем. Показано, что оценки надёжности эргатических систем могут быть получены на основе анализа эквивалентных последовательно-параллельных схем надёжности. Предложены способы упрощения многофакторных моделей надёжности систем безопасности.

Principal problems of ergatic security systems reliability modeling are analyzed. Some approaches to formalization of a human factor influence on reliability of such systems are considered. It is shown that reliability evaluations of ergatic systems can be obtained on the basis of equivalent series-parallel reliability schemes analysis. Methods of simplification of multifactor models of security systems reliability are suggested.

Учёт человеческого фактора при анализе надёжности систем безопасности сопряжён с рядом проблем моделирования надёжности эргатических подсистем, среди которых следует выделить:

1) необходимость сочетания детерминированных и стохастических подходов к описанию характеристик человека как элемента системы безопасности. Так, мгновенное значение количественной характеристики готовности человека к выполнению той или иной операции является случайной величиной, во-первых, по своей природе, во-

вторых, статистическое описание такой характеристики во многих случаях предпочтительнее ввиду сложности построения детерминированных моделей;

2) многофакторность описания эргатических подсистем со сложной, подчас неявной или сложно формализуемой зависимостью отдельных характеристик от внешних условий и друг от друга, что требует как учёта большого количества вторичных факторов, так и построения сложных для дальнейшего анализа математических моделей, учитывающих взаимное влияние параметров, которыми оперирует модель эргатической подсистемы. Например, надёжность работы оператора определяется, в том числе, состоянием его здоровья (первичного фактора) — функции многих переменных, каждая из которых зависит от таких вторичных факторов, как погода, перенесённые заболевания, наследственные предрасположенности, качество и образ жизни и др., которые, в свою очередь, могут описываться большим количеством параметров. Успешное выполнение некоторого количества операций за определённое время повышает статистические показатели надёжности системы. С другой стороны, это одновременно приводит и к усталости оператора, и к улучшению его эмоционального состояния, и повышает его квалификацию за счёт приобретённого опыта. Как это в данный момент времени сказывается на вероятности отказа эргатического сегмента системы, предсказать практически невозможно. Однако и игнорировать разную степень деятельности оператора на текущий момент его дежурства также представляется некорректным;

3) неоднозначность влияния и учёта влияния отдельных воздействий на показатели надёжности эргатических подсистем. Так, например, длительный отдых временно повышает устойчивость оператора к утомляемости, но, с другой стороны, также на какое-то время ухудшает его функциональные характеристики. Негативный опыт оператора (ранее совершённые ошибки) должен объективно учитываться как фактор, снижающий надёжность эргатической подсистемы, хотя бы в статистическом смысле. В то же время, именно опыт собственных ошибок зачастую является залогом надёжной работы оператора в дальнейшем;

4) необходимость учёта временной зависимости характеристик надёжности эргатических подсистем как по относительной шкале (время от начала дежурства оператора), так и по абсолютной (время суток). Кроме того, неизбежно разный уровень интегральных показателей готовности (в простейшем приближении — квалификация плюс состояние здоровья) смен или отдельных операторов диктует необходимость введения дополнительной «посменной» временной шкалы;

5) практическая невозможность корректного моделирования таких воздействий на эргатическую подсистему, как конфликт интересов, халатность или преступные намерения персонала, в особенности — имеющих ограниченный во времени характер.

Наиболее адекватным инструментом анализа надёжности эргатических систем безопасности является составление эквивалентных последовательно-параллельных схем надёжности с последующим расчётом таких характеристик, как вероятность безотказной работы (вероятность отказа), коэффициент готовности или среднее время наработки на отказ.

Необходимым условием построения таких схем является формализация человеческой компоненты подсистемы с выделением характеристик, подвергающихся воздействию факторов, способных вызвать частичный или полный отказ подсистемы.

Так, на наш взгляд, уместна классификация по возможности влияния на надёжность системы в режиме реального времени. Введём параметр τ_H — время эффективно-го злонамеренного воздействия нарушителя на систему (проникновения на охраняемую

территорию, «взлома» программного обеспечения системы контроля доступа и т.п.). В случае пресечения попытки нарушения

$$\tau_H = \tau_O + \tau_P + \tau_M, \quad (1)$$

где τ_O — время обнаружения — временной интервал от момента начала непосредственного воздействия на систему t_0 до обнаружения системой нарушителя; τ_P — время реакции системы, в течение которого принимается решение о введении в действие дополнительного рубежа контроля доступа, блокировании помещений, в которые проник или пытается проникнуть нарушитель, выдвижении группы быстрого реагирования для задержания нарушителя и т.п.; τ_M — время действия ответных мер от момента принятия решения до поступления сигнала о пресечении попытки нарушения целостности системы.

Для приведения системы безопасности в исходное состояние требуется некоторое время восстановления τ_B , при этом полное время отработки системой сигнала тревоги

$$\tau_{\Pi} = \tau_H + \tau_B. \quad (2)$$

Для каждого сотрудника системы безопасности можно ввести два временных параметра: τ_{PC} — время работы по предотвращению (пресечению) попыток злонамеренного воздействия на систему и t_{0C} — момент начала такой работы. Очевидно, на основе сопоставления значений t_0 , τ_H и t_{0C} , τ_{PC} весь персонал системы безопасности можно разделить на четыре группы:

- 1) оперативного реагирования: $t_{0C} \geq t_0$; $\tau_{PC} \leq \tau_H$;
- 2) обеспечения: $t_{0C} < t_0$; $\tau_{PC} > \tau_H$;
- 3) восстановления: $t_{0C} > t_0 + \tau_H$; $\tau_{PC} = \tau_B$;
- 4) анализа и управления: $t_{0C} < t_0$; $\tau_{PC} \gg \tau_H + \tau_B$.

К первой группе относятся дежурные пульта централизованного наблюдения (ПЦН), группа быстрого реагирования, патрульные, т.е. те сотрудники, которые непосредственно участвуют в пресечении попытки нарушения. Во вторую группу входят электромонтёры, инженеры, программисты, т.е. технический персонал, обеспечивающий работоспособность системы и её реакцию на попытку проникновения нарушителя, а также менеджеры низшего уровня, осуществляющие оперативное планирование и руководство работой дежурных смен. Третью группу составляют сотрудники, приводящие систему в исходное рабочее состояние после предотвращения попытки несанкционированного доступа. В неё могут входить полностью или частично сотрудники первых двух групп, а также специалисты по восстановлению выведенных из строя рубежей системы безопасности и устранению последствий атаки системы. К четвёртой группе относятся менеджеры высшего звена и специалисты, занимающиеся анализом, в том числе статистическим, попыток злонамеренного воздействия на системы безопасности данного класса или данной принадлежности.

Сопоставление временных характеристик персонала и их детализация, вплоть до представления непрерывными математическими функциями, по нашему мнению, призваны обеспечить корректность динамических моделей надёжности систем безопасности, в том числе при множественных динамических воздействиях.

Как эквивалентные схемы надёжности, так и графы состояний сложных систем оперируют вероятностными характеристиками образующих их элементов или переходов. Это позволяет учесть степень влияния отдельных категорий сотрудников на надёжность системы безопасности и её отдельных подсистем.

По нашему мнению, уместно следующее ранжирование персонала по ролевой значимости в системе безопасности и влиянию на её надёжность (по мере убывания вероятности воздействия на систему в целом), в частности на основе экспертных оценок:

- системный менеджер (I);
- менеджер (II);
- оператор (III);
- инженер, электромонтёр, системный администратор (программист), сетевой администратор, специалист по техническому обслуживанию (IV);
- охранник, боец группы быстрого реагирования (V).

С другой стороны, по степени влияния на надёжность отдельных, в том числе эргатических, подсистем системы безопасности, те же категории сотрудников следует ранжировать по-другому:

- III (оператор);
- V (охранник, боец группы быстрого реагирования);
- II (менеджер);
- IV (инженер, электромонтёр, системный администратор (программист), сетевой администратор, специалист по техническому обслуживанию);
- I (системный менеджер).

В связи с этим следует разделить эргатические подсистемы на три группы:

- с непосредственным контактом — подразумевающие постоянное взаимодействие сотрудника и технического сегмента подсистемы, например «оператор — видеомонитор — видеокамеры» или «дежурный ПЦН — система передачи извещений — объектовое оборудование»;

- с опосредованным контактом — в них взаимодействие сотрудника и технических средств безопасности не требует непрерывного контакта, осуществляется не в реальном времени или посредством удалённого доступа, например, в ходе настройки специализированного программного обеспечения или датчиков охранной сигнализации, обучения систем аутентификации и др.;

- смешанного типа — сочетающие признаки обоих приведённых выше подсистем.

Значения вероятности воздействия на эргатическую подсистему той или иной категории персонала или соответствующие весовые коэффициенты определяются для каждой конкретной подсистемы.

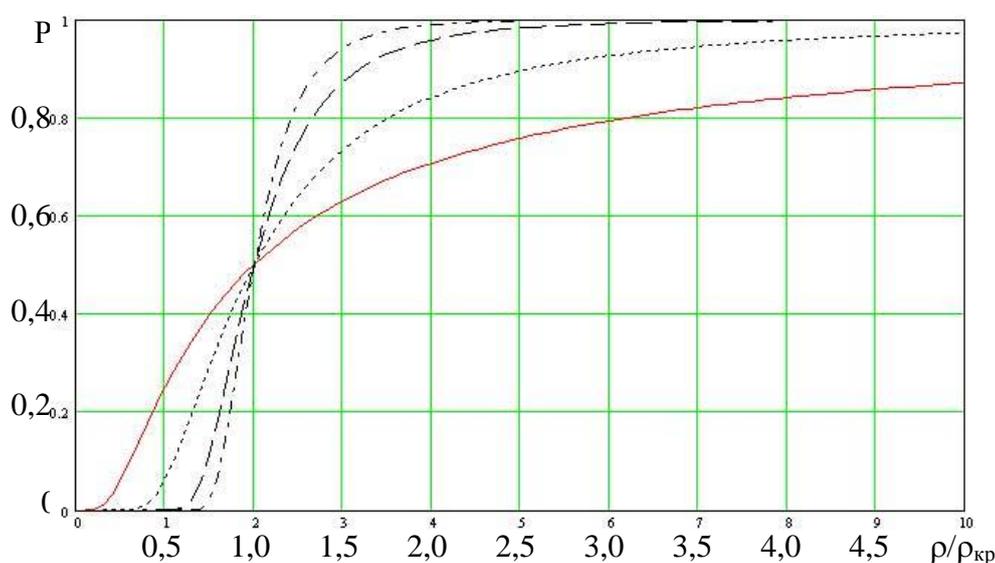
Ранжирование на основе мнений экспертов категорий персонала по возможности (вероятности) сокрытия следов своего воздействия на систему безопасности: I, IV, II, V, III, по степени доступа к информации по организационному и техническому обеспечению работы системы безопасности и возможности скрытой её передачи: IV, I, II, III, V, наряду с приведёнными выше распределениями данных категорий, позволяет выявить наиболее вероятные риски в функционировании систем безопасности, обусловленные человеческим фактором. Обобщённая характеристика потенциальных угроз работоспособности системы со стороны персонала может находиться как произведение численных значений экспертных оценок по отдельным признакам, их суммированием с весовыми коэффициентами, определяющими значимость отдельных признаков, и др. Следствием результатов такого анализа должны стать организационные и технические мероприятия, направленные на повышение надёжности системы. Формализация мероприятий заключается в снижении количественных значений потенциальных угроз системе безопасности со стороны отдельных категорий персонала, уменьшении весовых коэффициентов в соответствующих суммах и т.п.

Так же, на наш взгляд, следует классифицировать персонал в эргатических системах с непосредственным контактом и смешанного типа по степени воздействия факторов, вызывающих физическое и психическое утомление.

Для этого можно использовать вероятность отказа j -го элемента i -й подсистемы по некоторому k -му антропогенному параметру ρ_{kij} [4]:

$$P_{kij} = \exp \left[-0,693 \left(\frac{\rho_{\text{кр} kj}}{\rho_{kij}} \right)^{\gamma_j} \right]. \quad (3)$$

Здесь γ_j — параметр, определяемый механизмами и статистикой отказов; $0,693 = -\ln(0,5)$ — нормировочный коэффициент, обеспечивающий значение $P_{kij} = 0,5$ при достижении параметром ρ_{kij} критического значения $\rho_{\text{кр} kj}$ (рисунок).



Графики вероятностей отказов по параметру ρ :

1 — $\gamma = 1$; 2 — $\gamma = 2$; 3 — $\gamma = 4$; 4 — $\gamma = 6$

С учётом уменьшения с течением времени устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов [4]

$$P_{kij}(\rho_{kij}; \gamma_j; \tau) = \exp \left[-0,693 \cdot \left(\frac{\rho_{\text{кр} kij}(\tau)}{\rho_{kij}} \right)^{\gamma_j} \right], \quad (3a)$$

где

$$\rho_{\text{кр} kij}(\tau) = \rho_{\text{кр} kij}(0) \cdot \exp \left(-\lambda(\bar{\rho}_{kij}) \cdot \tau^{Z(\bar{\rho}_{kij})} \right), \quad (4)$$

τ — время работы с начала смены; $\rho_{\text{кр} kij}(0)$ — начальные критические значения.

Характеристики $\lambda(\bar{\rho}_{kij})$ и $Z(\bar{\rho}_{kij})$, определяющие вид кривой временных отказов, в общем случае зависят от средних или интегральных значений ρ_{kij} . Они определяются данными диагностики (тестирования персонала), статистикой отказов подсистем и особенностями моделей индивидуальных реакций на неблагоприятные факторы.

Рассмотренная модель позволяет относительно просто анализировать многофакторные воздействия на подсистемы [4]. При этом, если действующие факторы и механизмы реакции на них независимы, вероятность отказа

$$P_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^M (1 - P_{kij}). \quad (5)$$

Если действующие факторы и механизмы реакции на них взаимосвязаны, следует выделить механизм отказа, который, как и критическое значение, в этом случае зависит только от индекса j и определяется или единственным параметром (например, физическая готовность), или группой взаимосвязанных параметров (например, физическая готовность, функциональная готовность, состояние здоровья — в данном случае определяющий параметр). Это позволяет свести выражение (5) к виду (3) или (3а):

$$P_{ij} \approx \exp \left[-0,693 \cdot \left(\frac{\rho_{kp kj}}{\rho_{kij}} \right)^{\gamma_j} \right]. \quad (3б)$$

Вероятность отказа i -й подсистемы при условии пренебрежимо малой вероятности отказа технической компоненты

$$P_i = 1 - \prod_{j=1}^Z (1 - P_{ij}), \quad (6)$$

и всей системы безопасности из N подсистем в целом

$$P = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_i) = 1 - \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^Z (1 - P_{ij}). \quad (7)$$

Аналогичным образом может быть построена необходимая для оценок надёжности системы безопасности в чрезвычайных ситуациях модель динамических отказов эргатических подсистем с предварительным ранжированием категорий персонала по степени подверженности динамическим нагрузкам, в том числе — при действии нескольких факторов с разными начальными моментами включения. В целях упрощения анализа можно полагать, что каждая подсистема, согласно установленному разграничению ответственности, реагирует на «своё» воздействие в условиях помех функционированию, создаваемых другими динамическими воздействиями. При этом повышение надёжности системы обеспечивается за счёт частичного или полного взаимного дублирования подсистемами функций с заранее прогнозируемыми потерями в значениях характеристик функциональной эффективности и надёжности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ: учеб. пособие: в 7 кн. / под ред. В. Н. Четверикова. — М.: Высш. шк., 1990—1991.
2. Падерно П.И. Автоматизация эргономических исследований и разработок информационно-управляющих человеко-машинных систем: дис. ... д-ра техн. наук / П.И. Падерно. — СПб., 1998. — 347 с.
3. Савченко В.В. Методы и средства повышения эффективности функционирования операторов эргатических систем: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Савченко. — Минск, 1991. — 153с.
4. Булгаков О.М., Никитина Ю.С., Петров С.А. Декомпозиционная модель катастрофического отказа мощного ВЧ (СВЧ) транзистора // Вестник Воронежского института МВД России. — 2007. — №4. — С. 116—119.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЬИ:

Булгаков Олег Митрофанович. Заместитель начальника по учебной работе. Доктор технических наук, доцент.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 312-821.

Ахлюстин Сергей Борисович. Преподаватель кафедры организации деятельности подразделений вневедомственной охраны.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 476-472.

Bulgakov Oleg Mitrofanovich. The deputy chief on study. Doctor of technical sciences, assistant professor.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 312-821.

Akhlyustin Sergey Borisovich. Lecturer of the chair of Organization of Non-department Security Divisions Activity of Private Security.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 476-472.

Ключевые слова к статье: антропометрический параметр; эргатические системы безопасности; человеческий фактор; оценка надёжности; последовательно-параллельная схема надёжности.

Key words: anthropometric parameter; ergatic security systems; human factor; reliability evaluation; series-parallel reliability schema.

УДК 681.3.06



П.А. Попов,
доктор технических наук, профессор



О.В. Четкин,
кандидат технических наук

КОМПЕНСАЦИЯ ЧАСТОТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В ТАНДЕМНЫХ ЦИФРОВЫХ СИНТЕЗАТОРАХ ЧАСТОТ С УГЛОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

COMPENSATION OF FREQUENCY DISTORTIONS IN THE TANDEM DIGITAL SYNTHESIZERS OF FREQUENCIES WITH ANGULAR MODULATION

Рассмотрен метод формирования равномерной амплитудно-частотной модуляционной характеристики в тандемном цифровом синтезаторе частот с использованием двухточечной угловой модуляции и дополнительного канала автокомпенсации частотных искажений. Описана структурная схема синтезатора, получены передаточные модуляционные функции и проведен анализ амплитудно-частотных модуляционных характеристик в зависимости от параметров узлов синтезатора.

The method of forming a steady frequency-amplitude modulation parameter in a tandem digital synthesizer of frequencies with the use of point-to-point angular modulation and additional channel of autocompensation of frequency distortions is considered. The synthesizer block diagram is described, transfer modulation functions are received and frequency-amplitude modulation functions analysis depending on parameters of a synthesizer node is carried out.

В последнее время в научно-технической литературе уделяется большое внимание двухкольцевым, или тандемным, частотно-модулированным цифровым синтезаторам частот (ЧМЦСЧ) с использованием во втором кольце ИФАПЧ2 делителя частоты с дробно-кратным переменным коэффициентом деления (ДЦПКД2), что позволяет при значительной частоте сравнения второго кольца ИФАПЧ2 f_{CP2} получать малый шаг сетки частот при высокой скорости переключения рабочих частот.

В [1,2] рассматриваются тандемные ЧМЦСЧ при одноточечной частотной модуляции управляемого генератора (УГ1) первого кольца ИФАПЧ1. Такой метод модуляции получил условное обозначение метода ЧМ1. Исследования показывают, что в та-

ких тандемных ЧМЦСЧ даже при узкополосном ФНЧ1 в цепи управления УГ1 невозможно добиться равномерной амплитудно-частотной модуляционной характеристики (АЧМХ) в области нижних модулирующих частот, которые при модуляции цифровым сигналом составляют единицы герц.

Для компенсации частотных искажений в области нижних модулирующих частот в [3] предлагается в первом кольце ИФАПЧ1 использовать двухточечную модуляцию ЧМ12, при которой частотная модуляция осуществляется одновременно в управляемом (УГ1) и опорном (УОГ) генераторах первого кольца ИФАПЧ1.

Это позволяет расширить полосу пропускания ФНЧ1 и тем самым повысить быстродействие тандемного ЧМЦСЧ при отсутствии частотных искажений в области нижних модулирующих частот. Однако этого эффекта можно добиться только при коэффициенте регулирования цепи компенсации с регулировкой по возмущению $N_{p1} = 1$. Неточность установки $N_{p1} = 1$ значительно влияет на частотные искажения в области нижних модулирующих частот.

Введение цепи автокомпенсации частотных искажений с регулировкой по отклонению с коэффициентом регулирования $N_{p2} > 1$ позволяет уменьшить частотные искажения в области нижних модулирующих частот даже при $N_{p1} \neq 1$. Такой метод модуляции условно обозначается методом ЧМ12АК, при котором во втором кольце ИФАПЧ2 осуществляется косвенная модуляция методом ЧМ2.

Структурная схема тандемного ЧМЦСЧ при модуляции методом ЧМ12АК изображена на рис. 1.

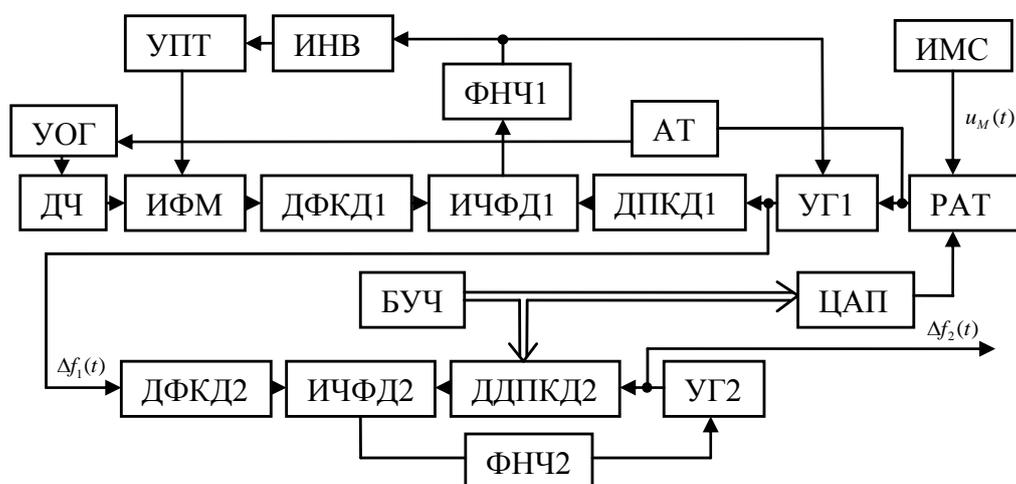


Рис. 1. Структурная схема тандемного ЧМЦСЧ с частотной модуляцией УГ1 и УОГ первого кольца ИФАПЧ1 методом ЧМ12АК и второго кольца ИФАПЧ2 методом ЧМ2

На этом рисунке введены следующие условные обозначения: УГ1, УГ2 — управляемые генераторы; ФНЧ1, ФНЧ2 — фильтры нижних частот; УОГ — управляемый опорный кварцевый генератор; ДЧ — дополнительный делитель частоты с фиксированным коэффициентом деления; РАТ — регулируемый аттенуатор; БУЧ — блок установки частоты; ЦАП — цифро-аналоговый преобразователь; ДФКД1, ДФКД2 — делители частоты с фиксированным коэффициентом деления; ДПКД1 — делитель частоты с переменным коэффициентом деления; ДДПКД2 — дробный делитель частоты с переменным коэффициентом деления; АТ — аттенуатор; ИМС — источник модели-

рующего сигнала; ИЧФД1, ИЧФД2 — импульсные частотно-фазовые детекторы; ИНВ — инвертор; УПТ — усилитель постоянного тока; ИФМ — импульсно-фазовый модулятор.

Для сохранения возможности использования интегральных микросхем ЦСЧ, имеющих объединённые в один блок ДФКД1, ДПКД1 и ИЧФД, в опорный канал первого кольца ИФАПЧ между УОГ и ИФМ введён делитель частоты (ДЧ) с коэффициентом деления R , при этом коэффициент деления ДФКД1 R_1 может быть значительно уменьшен, вплоть до $R_1 = 1$, что даёт возможность использовать линейный участок модуляционной характеристики ИФМ.

Передаточная модуляционная функция (ПМФ) синтезатора является произведением ПМФ первого и второго колец ИФАПЧ:

$$W_M(p) = W_{M1}(p) \cdot W_{M2}(p) = S_{MVG1} \left[\frac{\left[1 + N_{P1} \cdot \frac{1}{pT_1} \cdot F_{H1}(p) \cdot \frac{1}{1 + N_{P2} \cdot F_{H1}(p)} \right] \frac{R_2}{N_2}}{1 + \frac{1}{pT_1} \cdot F_{H1}(p) \cdot \frac{1}{1 + N_{P2} \cdot F_{H1}(p)}} \cdot \frac{\frac{N_2}{R_2}}{1 + pT_2 \cdot \frac{1}{F_{H2}(p)}} \right], (1)$$

при этом нормированная на S_{MVG1} ПМФ имеет вид

$$W_M^H(p) = \frac{1 + N_{P1} \cdot \frac{1}{pT_1} \cdot F_{H1}(p) \cdot \frac{1}{1 + N_{P2} \cdot F_{H1}(p)}}{1 + \frac{1}{pT_1} \cdot F_{H1}(p) \cdot \frac{1}{1 + N_{P2} \cdot F_{H1}(p)}} \cdot \frac{1}{1 + pT_2 \cdot \frac{1}{F_{H2}(p)}}. (2)$$

В этих выражениях использованы следующие обозначения:

N_{P1} — коэффициент регулирования цепи компенсации частотных искажений с регулировкой по возмущению при двухточечной модуляции,

$$N_{P1} = k_{AT} \cdot \frac{N_1}{RR_1} \cdot \frac{S_{MOG}}{S_{MVG1}};$$

$N_{P2} = k \cdot \frac{1}{R_1} \cdot S_{IM} \cdot S_{D1}$ — коэффициент регулирования цепи автокомпенсации частотных искажений с регулировкой по отклонению;

$$k_{AT} \text{ — коэффициент передачи АТ; } T_1 = \frac{N_1}{2\pi \cdot S_{D1} \cdot S_{VVG1}}, T_2 = \frac{N_2}{2\pi \cdot S_{D2} \cdot S_{VVG2}} \text{ —}$$

постоянные времени соответственно ИФАПЧ1 и ИФАПЧ2; S_{VVG1} , S_{VVG2} — крутизны характеристик управления УГ1 и УГ2; S_{D1} , S_{D2} — крутизны детекторных характеристик ИЧФД1 и ИЧФД2; N_1 , N_2 — коэффициенты деления ДПКД1 и ДПКД2; R_2 — коэффициент деления ДФКД2; S_{MOG} — крутизна модуляционной характеристики УОГ; S_{MVG1} — крутизна модуляционной характеристики УГ1; T_{II} — постоянная времени ИНТ; k — коэффициент усиления УПТ; S_{IM} — крутизна модуляционной характеристики ИФМ.

При использовании в качестве ФНЧ1 и ФНЧ2 интегрирующих фильтров с передаточными функциями

$$F_{H1}(p) = \frac{1}{1 + pT_{H1}}, \quad F_{H2}(p) = \frac{1}{1 + pT_{H2}}$$

выражение (2) преобразуется к виду

$$W_M^H(p) = \frac{p^2 T_1 T_{H1} + p T_1 (1 + N_{P2}) + N_{P1}}{p^2 T_1 T_{H1} + p T_1 (1 + N_{P2}) + 1} \cdot \frac{1}{p^2 T_2 T_{H2} + p T_2 + 1}, \quad (3)$$

где T_{H1} , T_{H2} — постоянные времени соответственно ФНЧ1 и ФНЧ2.

Исходя из выражения (3) видно, что режим частотной модуляции устойчивый, так как в характеристическом уравнении по Гурвицу все коэффициенты положительны.

В общем случае предложенная схема тандемного ЧМЦСЧ может работать в широком диапазоне ОВЧ и УВЧ. Однако, поскольку представляет особый интерес влияние N_{P1} и N_{P2} на качество модуляции, зафиксируем постоянные времени $T_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, $T_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}$, а также частоты модуляции $F_H \dots F_B = (1 \cdot 10^1 \dots 1 \cdot 10^4) \text{ Гц}$.

Путём замены в (3) p на $j\Omega$ получена нормированная комплексная частотная модуляционная характеристика (КЧМХ)

$$W_M^H(j\Omega) = \frac{N_{P1} - \Omega^2 T_1 T_{H1} + i\Omega T_1 (1 + N_{P2})}{1 - \Omega^2 T_1 T_{H1} + i\Omega T_1 (1 + N_{P2})} \cdot \frac{1}{1 - \Omega^2 T_2 T_{H2} + i\Omega T_2}. \quad (4)$$

Разделяя КЧМХ (4) на действительную и мнимую составляющие и находя модуль (4), получили расчетную формулу АЧМХ синтезатора, использующего метод ЧМ12АК в первом кольце ИФАПЧ и метод ЧМ2 во втором кольце ИФАПЧ.

$$\begin{aligned} \dot{A}_I^{\dot{I}}(F) &= \sqrt{\frac{(N_{P1} - 4\pi^2 F^2 T_1 T_{H1})^2 + 4\pi^2 F^2 T_1^2 (1 + N_{P2})^2}{(1 - 4\pi^2 F^2 T_1 T_{H1})^2 + 4\pi^2 F^2 T_1^2 (1 + N_{P2})^2}} \times \\ &\times \frac{1}{\sqrt{(1 - 4\pi^2 F^2 T_2 T_{H2})^2 + 4\pi^2 F^2 T_2^2}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Был проведён анализ $A_M^H(F)$ в зависимости от N_{P1} и N_{P2} при постоянных значениях $T_{H1} = 0,16 \cdot 10^{-2} \text{ с}$ ($F_{CP1} = 100 \text{ Гц}$), $T_{H2} = 0,16 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ($F_{CP2} = 100 \text{ кГц}$).

На рис. 2, а приведён график АЧМХ при $N_{P1} = N_{P2} = 0$, т.е. при отсутствии цепей компенсации; на рис. 2, б – график АЧМХ при $N_{P2} = 0$, $N_{P1} = 1,2$; на рис. 2, в – график АЧМХ при $N_{P1} = 0$, $N_{P2} = 10$ и на рис. 2, г – график АЧМХ при $N_{P1} = 1,2$, $N_{P2} = 10$.

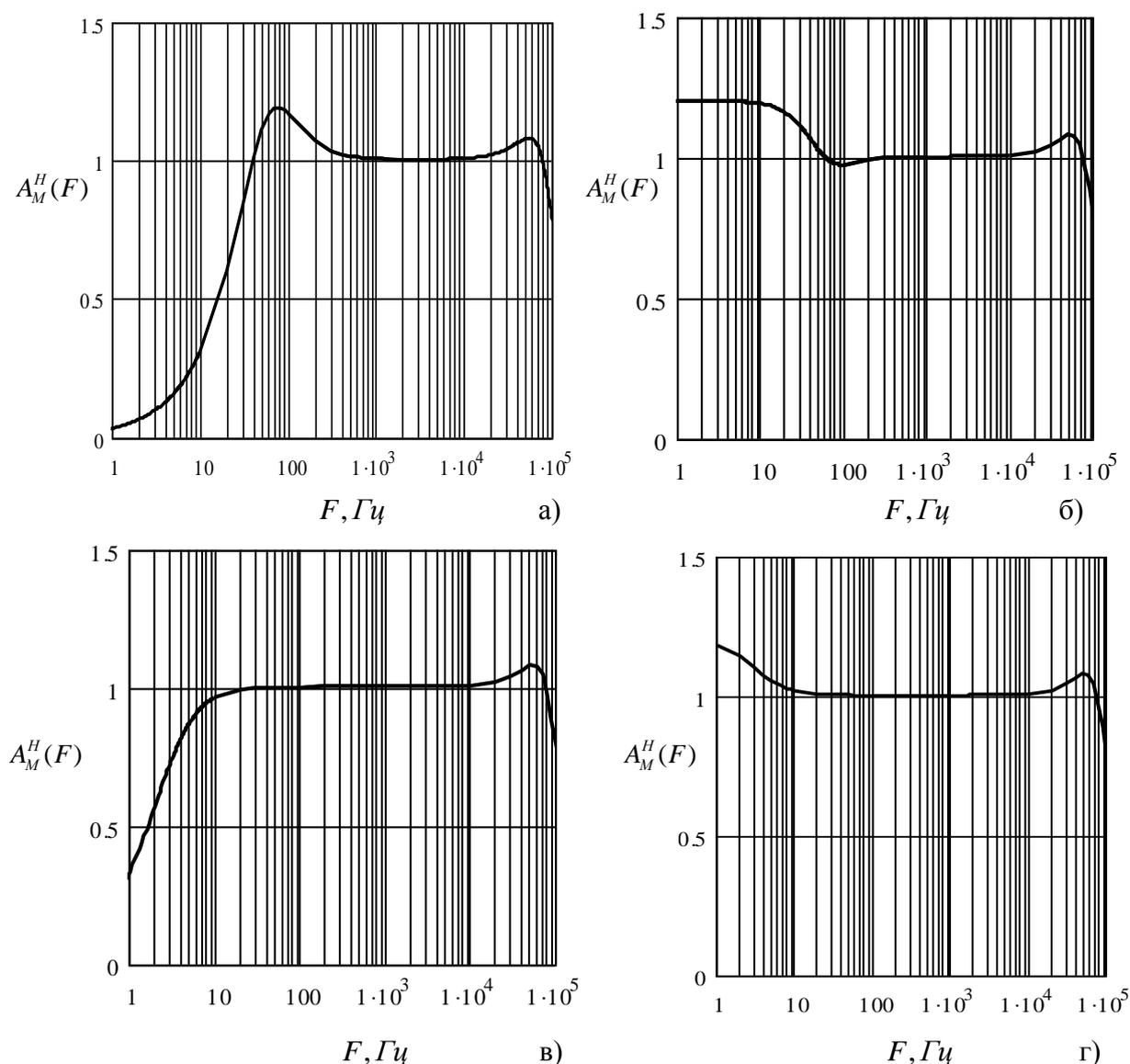


Рис. 2. АЧМХ тандемного ЧМЦСЧ

Из графиков на рис. 2, а видно, что в синтезаторе с частотно-модулированным УГ1 методом ЧМ1 при $N_{p1} = N_{p2} = 0$ имеют место существенные частотные искажения в области нижних модулирующих частот как в полосе пропускания ФНЧ1, так и за её пределами.

Введение цепи компенсации частотных искажений с регулировкой по возмущению ослабляет эти частотные искажения, однако в этой схеме уровень частотных искажений определяется точностью установки коэффициента регулирования $N_{p1} = 1$.

Как видно из рис. 2, б, даже 20%-ная неточность установки $N_{p1} = 1$ приводит к существенным частотным искажениям в области нижних модулирующих частот.

Введение цепи автокомпенсации частотных искажений с регулировкой по отклонению даже при $N_{p1} = 0$ корректирует форму АЧМХ, однако, как следует из рис. 2, в, при этом невозможно ослабить частотные искажения на нижних модулирующих частотах, так как регулирование в этой схеме происходит не по частоте, а по фазе, при этом имеется значительный завал АЧМХ в области нижних модулирующих частот.

Как следует из рис. 2, г, совместное использование цепей компенсации частотных искажений по возмущению и отклонению, т.е. при модуляции методом ЧМ12АК в первом кольце ИФАПЧ и методом ЧМ2 во втором кольце ИФАПЧ сглаживает недостатки обоих методов и подчеркивает их достоинства.

Что касается частотных искажений в области верхних модулирующих частот, то, как следует из рис. 2, а—г, при выборе частоты среза ФНЧ2 много больше F_B , частотные искажения в области верхних модулирующих частот даже при цифровом сигнале, имеющем $F_B \approx 10\text{кГц}$, практически отсутствуют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на ПМ № 62310 РФ, Н 03 С 3/10, Н 03 L 7/18. Цифровой синтезатор частот с частотной модуляцией / С.Л. Анисимов, Е.А. Печенин, П.А. Попов. — №2006143175; Заявл. 07.12.06.; Оpubл. 27.03.07.— Бюл. № 9.

2. Анисимов С.Л., Попов П.А. Построение двухкольцевых частотно-модулированных синтезаторов частот на современной цифровой элементной базе // Вестник Воронежского института МВД России.— 2007.— №1.— С. 147—177.

3. Четкин О.В. Частотные характеристики тандемных цифровых синтезаторов частот с угловой модуляцией управляемого и опорного генераторов // Вестник Воронежского государственного технического университета.— 2009.— Том 5.— №4.— С. 72—75.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЬИ:

Попов Павел Александрович. Профессор кафедры ТКС. Доктор технических наук, профессор.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl @ comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 476-485.

Чёткин Олег Викторович. Старший преподаватель кафедры ТКОС, кандидат технических наук.

ФГОУ ВПО ФСИН России.

E-mail: olegnetpro@rambler.ru

Россия, 394000, г. Воронеж, ул. Иркутская, 1а. Тел. (4732) 224-168.

Popov Pavel Alexandrovich. Professor of the chair of Telecommunication Systems. Doctor of technical sciences, professor.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 476-485.

Chyotkin Oleg Victorovich. Senior lecturer of the chair of technical complexes of security. Candidate of technical sciences.

Voronezh Institute of FSIN of Russia.

Work address: Russia, 394000, Voronezh, Irkutskaya street, 1a. Tel. (4732) 224-168.

Ключевые слова к статье: тандемный синтезатор частот; угловая модуляция; канал автокомпенсации; частотные искажения.

Key words: tandem synthesizer of frequency; angular modulation; autocompensation channel; frequency distortions.

УДК 621.396.42



И.В. Лазарев,
кандидат технических наук, доцент

**МЕТОД СИНТЕЗА СТРУКТУР АДАПТИВНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ
ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ
ПО КРИТЕРИЮ «ЭФФЕКТИВНОСТЬ — ИНТЕГРИРОВАННЫЕ
ЗАТРАТЫ» В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АПРИОРНОЙ
НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ**

**METHOD OF SYNTHESIS OF STRUCTURES OF ADAPTIVE
MEASURING INSTRUMENTS OF TIME PARAMETERS
OF IMPULSES OF THE DIFFICULT FORM BY CRITERION “EFFI-
CIENCY — THE INTEGRATED EXPENSES” IN THE CONDITIONS
OF PARAMETRICAL APRIORISTIC UNCERTAINTY**

Разработана методология оптимального выбора структур адаптивных измерителей временных параметров импульсов сложной формы при минимальных интегрированных затратах с учетом требуемого уровня эффективности.

The methodology of an optimum choice of structures of adaptive measuring instruments of time parameters of impulses of the difficult form is developed at the minimum integrated expenses taking into account demanded level of efficiency.

В процессе проектирования микропроцессорных устройств классификации пространственно-распределённых воздушных объектов в РЛС с широкополосными зондирующими сигналами носителем информации выступает дальностный радиолокационный портрет (ДРЛП), представляющий собой видеоимпульсы сложной формы, отражающие распределение амплитуд отражённого сигнала по разрешаемым элементам цели и имеющие тесную связь с геометрией воздушного объекта. Извлечение информации о геометрической структуре воздушного объекта из отражённого радиолокационного сигнала связано с необходимостью определения значений нескольких параметров, характеризующих структуру объекта. Данная задача связана с необходимостью определения интервала существования видеоимпульсов сложной формы относительно некоторого порогового уровня измерения и оценки информативных параметров, со-

держатся в ДРЛП. Для этой цели используют различные способы измерения временных параметров, реализуемые с помощью тех или иных структур измерителей.

Анализ научно-технической литературы свидетельствует о том, что в настоящее время синтез структур измерителей осуществляется эвристическими методами, основанными на опыте и интуиции разработчика, что позволяет получить множество устройств, требующих, однако, проверки их на эффективность, т.е. удовлетворяющим тем или иным показателям эффективности [1,2]. Это, в первую очередь, связано с большим разнообразием способов измерения временных параметров и различий в глубине осцилляции сигналов, принадлежащих воздушным объектам различного класса (первый класс — крупноразмерные, второй класс — среднеразмерные, третий класс — малоразмерные летательные аппараты), характеризуемой коэффициентом осцилляции

$$m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}},$$

где U_{\max}, U_{\min} — величины напряжений, соответствующие максимальному и минимальному значению амплитуды в ДРЛП. При этом величина $m \in]0,1[$ [3].

Проведённый анализ способов построения измерителей свидетельствует о том, что при синтезе измерителей временных параметров уделяется особое внимание вопросу улучшения точности измерения на основе использования достижений микроэлектроники. В [3] предложен подход к оценке эффективности измерителей параметров видеоимпульсов сложной формы, основанный на учёте показателей качества измерителя и финансовых затрат. Однако данный подход не учитывает временных затрат на формирование оценок параметров видеоимпульсов сложной формы, что снижает его практическое применение при синтезе измерителей данного класса.

Вместе с тем эффективность является комплексным показателем и проявляется в процессе использования устройства по своему функциональному назначению. Правило, удовлетворяющее этим требованиям, представляется в виде критерия «эффективность — стоимость» [2], который может быть представлен в виде

$$\mathbf{K}_n = (K_k, K_z), \quad (1)$$

где K_k — показатель, характеризующий качество измерителя временных параметров; K_z — показатель, характеризующий интегрированные затраты при реализации измерителя.

При этом задача векторной оптимизации в общем виде заключается в том, чтобы найти устройство (S) среди множества допустимых (S_{don}), которое обладает наилучшим значением вектора \mathbf{K}_n [2]. При этом правило оптимальности

$$\mathbf{K}_{n_{opt}} = \inf_{S \in S_{don}} \mathbf{K}_n. \quad (2)$$

Для решения (2) необходимо свести многокритериальную задачу к однокритериальной. В общем случае показатели K_k, K_z зависят от способа измерения и принципа его реализации. Применительно к выбранному способу измерения показатели критерия оптимальности синтезируемого устройства могут быть представлены в виде

$$\mathbf{K}_n = \|\Phi_i, W_i, S_i\|, \quad (3)$$

где Φ_i — показатель качества измерителя при реализации i -го варианта; W_i — финансовые затраты на реализацию i -го варианта; S_i — временные затраты при реализации i -го варианта измерителя k -м способом измерения.

В качестве показателя качества измерителя может быть использована дисперсия измерения, которая в явном виде связана с эффективностью микропроцессорных устройств классификации воздушных объектов, в частности с вероятностью правильного распознавания [4].

При этом в совокупности W_i и S_i определяют интегрированные затраты.

Решение данной задачи возможно в рамках выбранного базиса (способа измерения). В этом случае исследователь будет обладать некоторым множеством устройств, среди которых могут быть как допустимые, так и недопустимые, а решение, как правило, основано на применении метода прямого перебора. Однако его использование при большинстве структур требует неприемлемо большого времени даже при применении современных ЭВМ.

Поэтому с целью снижения временных затрат для нахождения величины $S_{дон}$ устройств необходимо выражение (3) представить в виде зависимости, связывающей данные показатели, для чего требуется проведение исследований структур измерителей, в результате чего исследователь получает статистику (априорные данные). Данные обстоятельства требуют использования статистического моделирования структур измерителей с применением вычислительной техники.

На следующем этапе, имея априорные данные, необходимо осуществить выбор множества допустимых устройств измерителей временных параметров с эффективностью, не хуже заданной. Проведённый нами анализ результатов моделирования измерителей временных параметров (в рамках выбранных способов измерения) позволяет представить критерий K_{Π} функциональной зависимостью вида

$$K_{\Pi}(x, \alpha) = x + e^{-\alpha x} + e^{-\beta x}. \quad (4)$$

Здесь $x = \sigma_u^2 / \sigma_{u_{дон}}^2$, $0 < x \leq 1$;

α и β — коэффициенты, учитывающие аппаратные и временные затраты соответственно, значения которых превышают единицу;

σ_u^2 — дисперсия измерения временных параметров видеоимпульсов сложной формы;

$\sigma_{u_{дон}}^2$ — допустимая дисперсия измерения временных параметров видеоимпульсов сложной формы.

Выражение (4) дифференцируемо и при заданных ограничениях на величину параметра x в результате моделирования на ЭВМ позволяет определять пограничные значения коэффициента α , за которыми необходимо проводить оптимизацию. Используемые методы решения оптимизационной задачи, как правило, направлены на сведение векторного синтеза к скалярному. Сущность данного подхода заключается в переводе всех показателей, входящих в критерий K_{Π} , кроме одного, например наиболее важно, в разряд ограничений с оптимизацией устройства лишь по одному параметру.

Вместе с тем оптимальное устройство соответствует минимальному значению K_{Π} , полученному при строгом решении (2).

Учитывая, что базис задан, критерий (3) может быть представлен в виде

$$\mathbf{K}_n = \left\| \sigma_{ui}^2 / \sigma_{u\partial on}^2, W_{u\Sigma i} / W_{u\partial on}, T_{u\Sigma i} / T_{u\partial on} \right\|, \quad (5)$$

где $W_{u\Sigma i}, W_{u\partial on}$ — суммарные затраты на реализацию i -го варианта измерителя временных параметров видеоимпульсов сложной формы и допустимые затраты;
 $T_{u\Sigma i}, T_{u\partial on}$ — суммарные временные затраты на получение оценок временных параметров видеоимпульса сложной формы и допустимые временные затраты.

Для нахождения минимального значения \mathbf{K}_n воспользуемся методом множителей Лагранжа [5], для чего с учётом (5) выражение (4) представим в виде

$$\begin{cases} \hat{E}_e(\bar{U}) = U_1 + e^{-U_1 U_2} + \hat{a}^{-U_1 U_3} \rightarrow \inf \\ U_1 \geq \tilde{\sigma}_{e \min}, U_1 U_2 \leq -\ln \tilde{W}_{e \min}, U_1 U_3 \leq -\ln \tilde{T}_{e \min} \end{cases} \quad (6)$$

при ограничениях на величины $\tilde{\sigma}_{u \min}, \tilde{W}_{u \min}, \tilde{T}_{u \min}$ вида

$$\tilde{\sigma}_{u \min} \leq \sigma_u^2 / \sigma_{u\partial on}^2 \leq 1; \tilde{W}_{u \min} \leq W_{u\Sigma} / W_{u\partial on} \leq 1, \tilde{T}_{u \min} \leq T_{u\Sigma} / T_{u\partial on} \leq 1.$$

На основании выражения (6) функция Лагранжа может быть записана в виде

$$L(\bar{U}) = \lambda_0 (U_1 + e^{-U_1 U_2} + \hat{a}^{-U_1 U_3}) + \mu_1 (\tilde{\sigma}_{e \min} - U_1) + \mu_2 (U_1 U_2 + \ln \tilde{W}_{u \min}) + \mu_3 (U_1 U_3 + \ln \tilde{T}_{e \min}). \quad (7)$$

Для нахождения оценок U_1^*, U_2^*, U_3^* необходимо выражение (7) продифференцировать по искомым параметрам и результаты приравнять к нулю.

В результате применения данного правила получим систему уравнений

$$\begin{cases} \lambda_0 - \lambda_0 U_2 e^{-U_1 U_2} - \mu_1 + \mu_2 U_2 + \mu_3 U_3 = 0; \\ \lambda_0 U_1 e^{-U_1 U_2} + \mu_2 U_1 = 0; \\ -\lambda_0 U_1 e^{-U_1 U_3} + \mu_3 U_1 = 0 \\ U_1 = \tilde{\sigma}_{u \min} \\ U_1 U_2 = -\ln \tilde{W}_{u \min} \\ U_1 U_3 = -\ln \tilde{T}_{u \min} \end{cases} \quad (8)$$

Решение системы (8) путём элементарных преобразований сводится к виду

$$U_1^* = \tilde{\sigma}_{u \min}, U_2^* = -\ln \tilde{W}_{u \min} / \tilde{\sigma}_{u \min}, U_3^* = -\ln \tilde{T}_{u \min} / \tilde{\sigma}_{u \min}$$

С учётом полученного решения

$$\inf \mathbf{K}_n(\bar{U}) = J(U_1^*, U_2^*, U_3^*) = \tilde{\sigma}_{u \min} + \tilde{W}_{u \min} + \tilde{T}_{u \min}. \quad (9)$$

Принимая во внимание выражение (9), оптимальный измеритель, реализующий правило (2) с учётом важности показателей, определим как

$$\mathbf{K}_u = \omega_1 \tilde{\sigma}_u \min + \omega_2 \tilde{W}_u \min + \omega_3 \tilde{T}_u \min. \quad (10)$$

Здесь величины $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — весовые коэффициенты, которые должны, например, удовлетворять условию $\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$. При этом они могут быть одинаковыми, т.е.

$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3$, либо различными с учётом важности показателей, которые могут быть получены, например, с привлечением мнения экспертов (используя метод экспертных оценок).

Таким образом, предложен метод оптимизации структур адаптивных измерителей временных параметров импульсов сложной формы по векторному критерию «эффективность — интегрированные затраты». Метод включает ряд этапов и позволяет обоснованно определять предпочтительный вариант адаптивного измерителя для оценки информативных параметров, содержащихся в ДРЛП, из множества альтернативных решений и существенно сократить время при проектировании микропроцессорных устройств классификации воздушных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности сложных технических устройств. — М.: Сов. радио, 1980.
2. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств. — М.: Сов. радио, 1975.
3. Лазарев И.В. Методика оптимального выбора структур измерителей временных параметров импульсов сложной формы при дефиците выделенного ресурса // Вестник Воронежского института МВД России. — 2009.—№3.— С.83—87.
4. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн; под ред. А.Л. Горелика.— М.: Радио и связь, 1990.
5. Галлеев Э.М. Оптимизация: Теория. Примеры. Задачи. — М.: Эдиториал УРСС, 2000.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ СТАТЬИ:

Лазарев Иван Владимирович. Начальник кафедры радиотехники. Кандидат технических наук, доцент.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl @ comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел.(4732)476-472.

Lazarev Ivan Vladimirovich. The head of the chair of Radio Engineering. Candidate of technical sciences, assistant professor.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 476-472.

Ключевые слова к статье: измерители временных параметров; методика; оптимизационная задача.

Key words: measuring instruments of time parameters; technique; optimising problem.

УДК 621.396



А.Н. Бабкин,
кандидат технических наук



В.О. Андрущук

ПОСТРОЕНИЕ КОНВЕНЦИОНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ ОВД НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ РЕТРАНСЛЯТОРОВ

CONSTRUCTION OF CONVENTIONAL RADIO MOBILE SYSTEMS BASED ON THE MODERN REPEATERS

Предложены структурные схемы ретрансляторов, позволяющие объединить одночастотные и двухчастотные симплексные конвенциональные сети подвижной радиосвязи ОВД, работающие в различных диапазонах частот. Проведён анализ помехоустойчивости и помехозащищённости радиоканала.

The analysis of conventional radio mobile systems construction using modern repeaters is conducted. An example of noise protection calculation of a radio channel is suggested.

В настоящее время главными задачами в области совершенствования конвенциональных сетей подвижной радиосвязи ОВД являются рациональное использование частотного ресурса; объединение сетей одночастотного (ОЧС) и двухчастотного (ДЧС) симплекса каналами взаимодействия и передачи по ним циркулярных сообщений; обеспечение безопасности связи; развитие сетей на базе оборудования разнесённого приёма (распределённой ретрансляции); возможность дистанционного управления радиосетями. Инфраструктура сетей должна обеспечивать мониторинг абонентов, аутентификацию, избирательное прослушивание и дистанционное управление радиостанциями. Решение данных задач возможно только с использованием современных ретрансляторов, представляющих собой многофункциональные устройства.

Существующие ретрансляторы обладают, на наш взгляд, рядом недостатков:

1. Ретрансляторы обеспечивают взаимодействие двух радиосетей, работающих в разных диапазонах частот, но при этом не являются основой для построения собственной сети подразделения ОВД, например радиосети ДЧС. Для организации собственной радиосети ДЧС требуется дополнительный ретранслятор.

2. На практике часто требуется организовать взаимодействие нескольких радиосетей, работающих в различных диапазонах частот. Существующие ретрансляторы обеспечивают взаимодействие только двух радиосетей.

3. Для повышения эффективности управления силами и средствами ОВД необходимо передавать по радиоканалу циркулярные сообщения одновременно во всех (или большинстве) радиосетях подразделений.

4. Из-за проблем электромагнитной совместимости радиосетей и радиосредств возникает необходимость перевода радиосетей отдельных ОВД на новый частотный диапазон и, соответственно, смены парка радиостанций без нарушения работоспособности сетей оперативной радиосвязи.

Указанные недостатки ограничивают применение промышленно выпускаемых ретрансляторов.

Как правило, для построения ретранслятора используются симплексные радиостанции на соответствующие диапазоны частот, соединённые между собой с помощью согласующего устройства — интерфейса.

Интерфейс формирует сигналы управления приёмопередатчиками радиостанций, при этом низкочастотные выходы приёмников соединены с соответствующими входами подмодуляторов передатчиков радиостанций, а управление приёмом/передачей осуществляется или сигналами с выходов соответствующих устройств шумоподавления, или декодированием сигналов индивидуального вызова (например, CTCSS).

На рис. 1 приведена одна из возможных структурных схем ретранслятора, позволяющего объединить сети ОЧС и ДЧС, а также организовать передачу циркулярных сообщений. Функционально Р/ТР состоит из четырёх симплексных радиостанций: двух радиостанций диапазонов 450 МГц и 460 МГц и двух радиостанций диапазонов 148 МГц и 172 МГц.

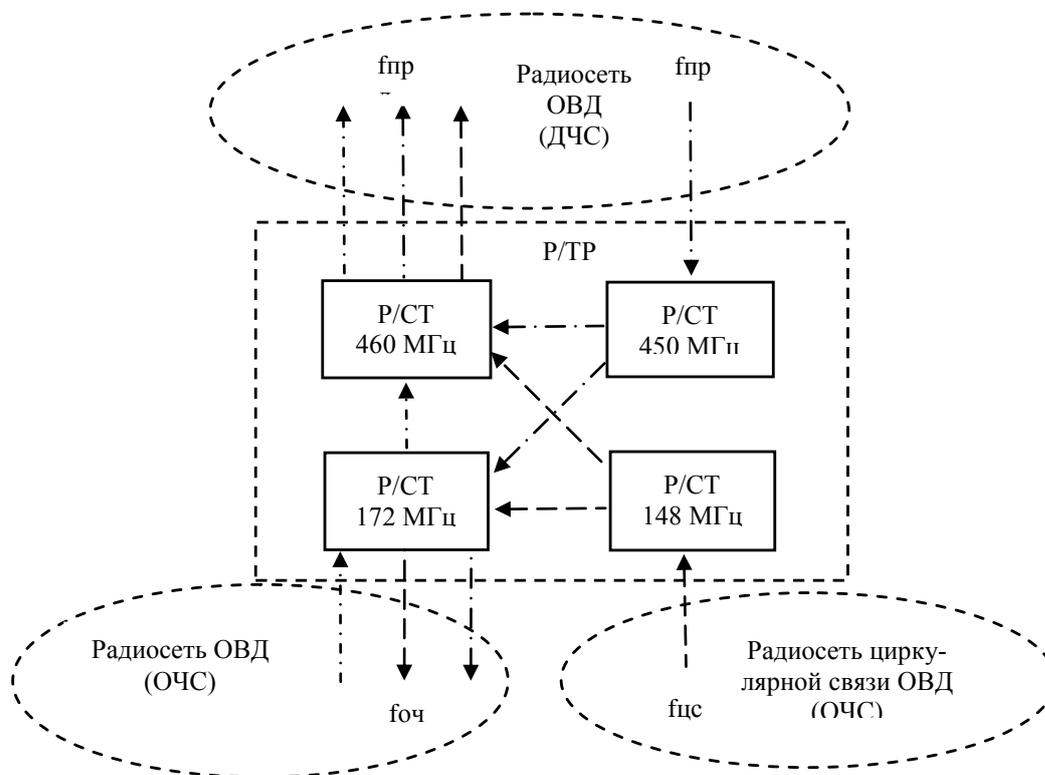


Рис. 1

На рис. 1 Р/ТР — ретранслятор, Р/СТ — радиостанция соответствующего диапазона; $f_{прд}$ и $f_{прм}$ — соответственно частоты передачи и приёма в сети ДЧС; $f_{цс}$ — частота циркулярной связи; $f_{очс}$ — частота работы радиосети ОЧС.

Алгоритм работы ретранслятора заключается в следующем.

При выходе на передачу абонента радиосети ДЧС ($f_{прм}$ на структурной схеме рис. 1) приёмник Р/СТ 450 МГц принимает сигнал и с низкочастотного выхода передаёт его на подмодулятор передатчика Р/СТ 460 МГц и подмодулятор передатчика Р/СТ 172 МГц. Передатчики радиостанций активируются, и сигнал абонента радиосети ДЧС транслируется как в радиосети ДЧС, так и в радиосети ОЧС.

При выходе на передачу абонента радиосети ОЧС ($f_{очс}$ на структурной схеме рис. 1) приёмник Р/СТ 172 МГц принимает сигнал и с низкочастотного выхода передаёт его на подмодулятор Р/СТ 460 МГц. Передатчик Р/СТ 460 МГц активируется, и сигнал абонента радиосети ОЧС транслируется в радиосети ДЧС.

При передаче циркулярного сообщения осуществляется его приём Р/СТ 148 МГц ($f_{цс}$ на структурной схеме рис. 1), передача сигнала с низкочастотного выхода приёмника на подмодуляторы соответственно Р/СТ 460 МГц и Р/СТ 172 МГц. Передатчики радиостанций активируются, и циркулярное сообщение транслируется в радиосетях ОЧС и ДЧС.

Таким образом, Р/ТР позволяет объединить несколько радиосетей (ОЧС и ДЧС), работающих в различных диапазонах частот, а также радиосеть передачи циркулярных сообщений. Радиосеть передачи циркулярных сообщений является, как правило, главной радиосетью системы связи (например, дежурной части ГУВД, УВД), поэтому передача циркулярных сообщений является приоритетной задачей. При передаче циркулярных сообщений трансляция других сообщений от абонентов радиосетей ОЧС и ДЧС прекращается (на всё время передачи циркулярного сообщения).

Пример построения конвенциональных сетей ОВД с возможностью передачи циркулярных сообщений по радиоканалу в сетях ОЧС и ДЧС приведён на рис. 2. На этом рисунке ЦР — центральная радиостанция (например, дежурной части ГУВД, УВД), АБ — абонентская радиостанция.

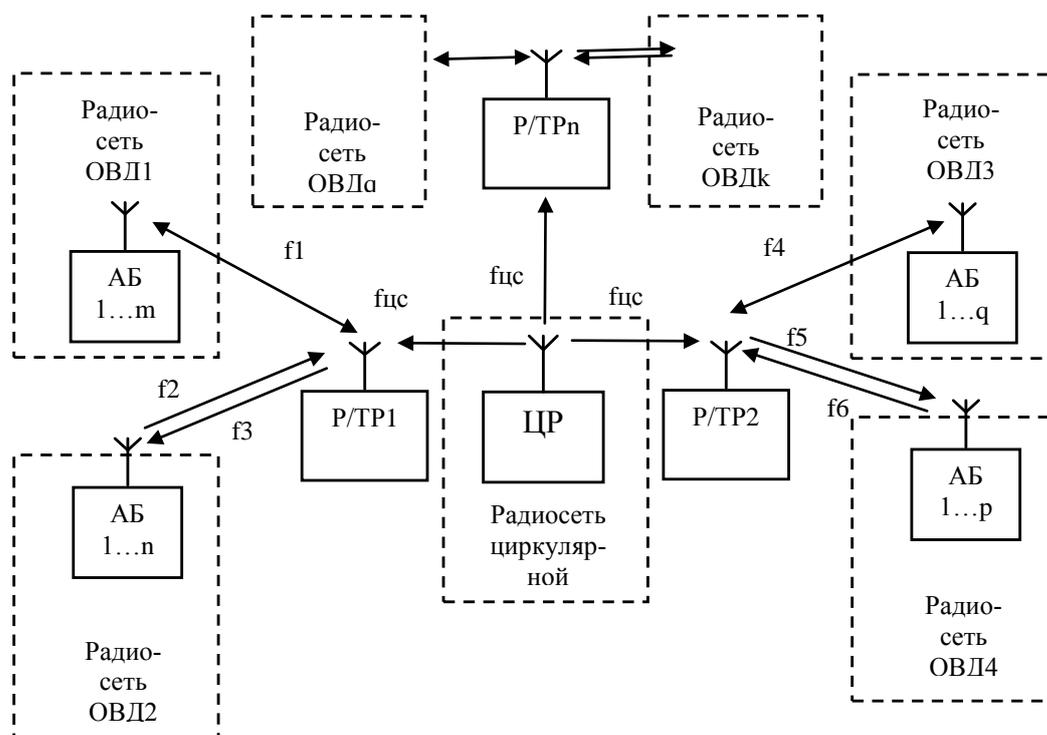


Рис.2

При передаче циркулярного сообщения в сетях автоматически блокируется приём ретрансляторами сообщений от абонентских радиостанций.

На рис. 3 представлена структурная схема ретранслятора, позволяющего объединить сети подразделений ОВД в единую систему подвижной радиосвязи. Отличие данного Р/ТР от рассмотренного выше состоит в том, что для объединения сетей ДЧС используются каналы взаимодействия в режиме ОЧС ($f_{вз1}$ и $f_{вз2}$).

Алгоритм работы ретранслятора заключается в следующем.

При выходе на передачу абонента радиосети ДЧС ($f_{прд}$ на структурной схеме рис. 3) приёмник Р/СТ 450 МГц принимает сигнал и с низкочастотного выхода передаёт его на подмодулятор передатчика Р/СТ 460 МГц и подмодулятор передатчика Р/СТ 172 МГц. Передатчики радиостанций активируются, и сигнал абонента радиосети ДЧС транслируется как в радиосети ДЧС ($f_{прд}$), так и в канале взаимодействия ($f_{вз1}$).

При приёме сигналов по каналам взаимодействия соответственно приёмниками Р/СТ 172 МГц или Р/СТ 148 МГц ($f_{вз1}$ или $f_{вз2}$) сигналы с низкочастотных выходов приёмников поступают на подмодуляторы соответственно передатчиков Р/СТ 148 МГц или Р/СТ 172 МГц для передачи их дальше по каналу взаимодействия ($f_{вз2}$ или $f_{вз1}$) и Р/СТ 460 МГц для трансляции в сети ДЧС ($f_{прд}$).

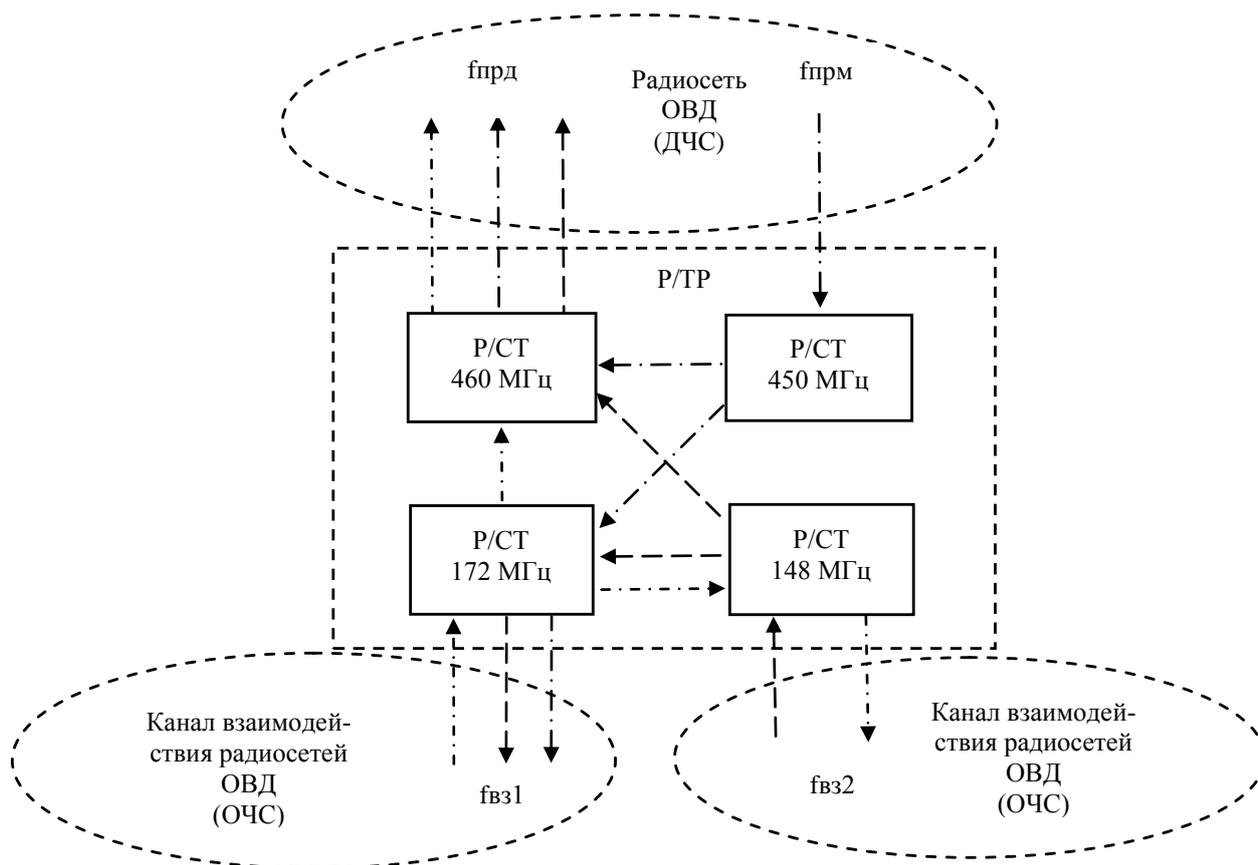


Рис. 3

На рис. 4 представлена структурная схема организации системы радиосвязи с использованием рассмотренного ретранслятора.

Для обеспечения надёжного функционирования системы и безопасности связи необходимо предусмотреть допуск абонентов сетей ДЧС в каналы взаимодействия ре-

трансляторов: идентификацию и аутентификацию, а также определение полномочий абонентов.

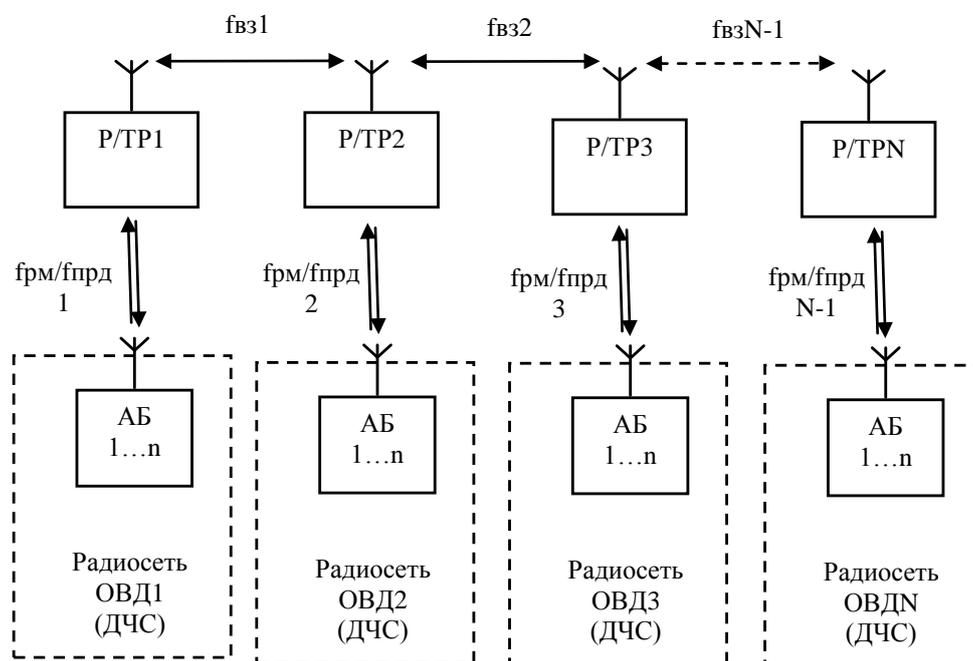


Рис.4

Кроме того, необходимо обеспечить помехоустойчивость и помехозащищённость канала передачи циркулярных сообщений и каналов взаимодействия сетей рассмотренных ретрансляторов.

Помехоустойчивость радиоканала будет определяться защищённостью сигнала ЗС на низкочастотном выходе приёмника (ПРМ) соответствующей радиостанции ретранслятора:

$$ЗС_{\text{вых}} = 10 \lg \frac{P_c}{P_{\text{швых}}} \quad (\text{дБ}),$$

где P_c — мощность сигнала и $P_{\text{швых}}$ — мощность шума на выходе ПРМ, измеренные в одних единицах.

Условием обеспечения помехоустойчивости радиоканала является следующее выражение:

$$ЗС_{\text{вых}} \geq 12 \text{ дБ}. \quad (1)$$

Это условие может быть выполнено при соответствующем уровне высокочастотного сигнала P_n на входе приёмника:

$$P_n = P_c + K_{\text{ш}} \quad (\text{дБ}),$$

где P_n — мощность несущей на входе ПРМ, дБ, $K_{\text{ш}}$ — коэффициент шума ПРМ, дБ.

$$K_{\text{ш}} = ЗС_{\text{вх}} - ЗС_{\text{вых}} \quad (\text{дБ}),$$

где $ЗС_{\text{вх}}$ — защищённость сигнала на входе ПРМ, дБ.

$$ЗС_{\text{вх}} = 10 \lg \frac{P_n}{P_{\text{швх}}} \quad (\text{дБ}),$$

где $P_{швх}$ — мощность шума на входе ПРМ.

Мощность P_n на входе ПРМ определяется следующим выражением:

$$P_n = P_{нр\delta} - G_s \text{ (дБ)}, \quad (2)$$

где $P_{нр\delta}$ — мощность сигнала на выходе соответствующего передатчика (ПРД) Р/СТ ретранслятора, дБ; G_s — усиление системы связи, дБ.

$$G_s = L_{фнр\delta} - G_{анр\delta} + L_{тр} - G_{анрм} + L_{фнрм} \text{ (дБ)}, \quad (3)$$

где $L_{аннр}$, $L_{фнр\delta}$, $L_{тр}$ — соответственно потери сигнала в фидерах ПРМ и ПРД Р/СТ и на радиотрассе, дБ, $G_{анр\delta}$ и $G_{анрм}$ — усиление антенн ПРД и ПРМ Р/СТ, дБ.

В свою очередь, потери на трассе $L_{тр}$ можно определить по следующей формуле [1]: $L_{тр} = 69,55 + 26,16 \lg f_c - 13,82 \lg h_{нр\delta} - A(h_{нрм}) + (44,9 - 6,55 \lg h_{нрм}) \lg S + C_m$ (дБ), (4) где f_c — частота несущей в мегагерцах; $h_{нр\delta}$ — эффективная высота антенны ПРД (в метрах); $h_{нрм}$ — эффективная высота антенны ПРМ (в метрах); S — расстояние между антеннами (в км); $A(h_{нрм})$ — поправочный коэффициент для антенны ПРМ.

$C_m = 3\text{дБ}$ для мегаполисов.

$C_m = 0\text{дБ}$ для малых и средних городов.

Для больших городов поправочный коэффициент определяется по формуле [1]:

$$A(h_{нрм}) = 8,29 [\lg(1,54h_{нрм})]^2 - 1,1(\text{дБ}) \text{ для частот } f_c \leq 300 \text{ МГц,}$$

$$A(h_{нрм}) = 3,2 [\lg(11,75h_{нрм})]^2 - 4,97(\text{дБ}) \text{ для частот } f_c \geq 300 \text{ МГц.}$$

Для небольших городов поправочный коэффициент определяется следующим образом:

$$A(h_{нрм}) = (1,1 \lg f_c - 0,7)h_{нрм} - (1,56 \lg f_c - 0,8)\text{дБ}.$$

Помехозащищённость радиоканала в конвенциональных сетях подвижной радиосвязи будет определяться главным образом пространственной помехозащитой за счёт формирования низкого уровня боковых лепестков приёмных антенн, по которым действует преднамеренная помеха, а также формирования «нулей» диаграмм направленности приёмных антенн в направлении на источник помех. При этом мощность шума (шумовой помехи) $P_{шшх}$ на входе ПРМ $P_{шшх} = P_{нхнрм} + P_{швх}$ (дБ), где $P_{нхнрм}$ — мощность помехи на входе ПРМ, сформированной станцией помех, дБ.

При воздействии станции помех защищённость сигнала на входе ПРМ будет определяться следующим образом [2]:

$$3C_{\text{вх}} = 10 \lg \frac{P_n}{P_{нхнрм} + P_{швх}} \text{ (дБ)}.$$

Условием помехозащищённости радиоканала остается выражение (1).

Мощность помехи на входе ПРМ $P_{нхнрм}$ будет определяться выражениями (2), (3) и (4) в отношении станции помех.

$$P_{нхнрм} = P_{нхнр\delta} - G_{нх},$$

где $P_{нхнр\delta}$ — мощность сигнала на выходе ПРД станции помех, дБ; $G_{нх}$ — усиление системы связи, образованной ПРД станции помех и исследуемым приёмником, дБ.

$$G_{нх} = L_{фнр\delta}^{нх} - G_{анр\delta}^{нх} + L_{тр}^{нх} - G_{анрм}^{бок} + L_{фнрм} \text{ (дБ)},$$

где $L_{фпрд}^{пх}$, $G_{анрд}^{пх}$, $L_{тр}^{пх}$, $G_{анрм}^{бок}$, $L_{фпрм}$ — соответственно потери в фидере ПРД станции помех, усиление антенны ПРД станции помех, потери на трассе сигнала, сформированного станцией помех в направлении ПРМ, усиление бокового лепестка диаграммы направленности антенны ПРМ, потери в фидере ПРМ, дБ.

Таким образом, при построении сетей подвижной радиосвязи ОВД с использованием современных ретрансляторов необходимо обеспечить надёжную и качественную связь между абонентами в заданной зоне обслуживания с выполнением методик расчёта помехоустойчивости и помехозащищённости радиоканала, приведённых выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 432 с.
2. Радиосистемы передачи информации: учебное пособие для вузов / В.А. Васин [и др.]; под ред. И.Б.Федорова и В.В. Калмыкова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2005. — 472 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЬИ:

Бабкин Александр Николаевич. Начальник кафедры информационной безопасности. Кандидат технических наук.
Воронежский институт МВД России.
E-mail: alex_babk@mail.ru.
Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 706-376.

Андрущук Виола Олеговна. Аспирант.
Воронежский институт МВД России.
Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 706-376.

Babkin Alexander Nicolaevich. The chief of Information Security chair. Candidate of technical sciences.
Voronesh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.
Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 706-376.

Andruschuk Viola Olegovna. A post-graduate student.
Voronesh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.
Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 706-376.

Ключевые слова к статье: радиосеть; радиостанция; ретранслятор; диапазон частот; электромагнитная совместимость радиосетей; подавление помех; отношение сигнал/шум.

Key words: radio communication systems; relay station; repeater; bands of frequencies; radio systems compatibility; noise suppression; signal-to-noise ratio.

УДК 621.396.62



С.С. Никулин,
кандидат технических наук



П.А. Попов,
доктор технических наук, профессор

РАЗРАБОТКА КВАДРАТУРНЫХ ФАЗОВЫХ МОДУЛЯТОРОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ПАРАЗИТНОЙ УГЛОВОЙ МОДУЛЯЦИИ И НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

DEVELOPMENT OF QUADRATURE PHASE MODULATORS WITH PARASITIC ANGULAR MODULATION AND NONLINEAR DISTORTIONS COMPENSATION

Предложены алгоритмы компенсации паразитной амплитудной модуляции и нелинейных искажений в квадратурных фазовых модуляторах при увеличении индекса фазовой модуляции.

Indemnity algorithms of parasitic amplitude modulation and nonlinear distortions in quadrature phase modulators are suggested at the increase of the phase modulation index.

Для формирования ФМ-сигналов или косвенным методом ЧМ-сигналов, как известно, используются устройства различных типов, в частности усилители с вариаксом в резонансном контуре, управляемые фазосдвигающие цепи, а также квадратурные фазовые модуляторы (КФМ), использующие метод преобразования амплитудной модуляции в фазовую, основанный на сложении синфазного немодулированного опорного колебания с квадратурным опорным колебанием, который подвержен балансной модуляции [1].

Структурная схема КФМ, реализованного по методу преобразования амплитудной модуляции в фазовую, показана на рис.1.

На этом рисунке Г — генератор высокочастотного (несущего) колебания; ИМС — источник модулирующего сигнала; ФВ — фазовращатель на $\pi/2$; БМ — балансный модулятор; С — линейный сумматор. Необходимо отметить, что при формировании ЧМ-сигнала схемой, изображенной на рис.1, под ИМС понимается устройство, состоящее из источника информационного сигнала, последовательно с которым включен интегратор.

Считается, что с помощью подобных модуляторов возможно формирование ФМ-сигнала с максимальной девиацией фазы $\Delta\varphi_{MAX} = 0,5$ рад. Однако, как показывают расчёты, при $\Delta\varphi_{MAX} = 0,5$ рад в них имеют место значительные паразитная амплитудная модуляция (ПАМ) и нелинейные искажения (НИ).

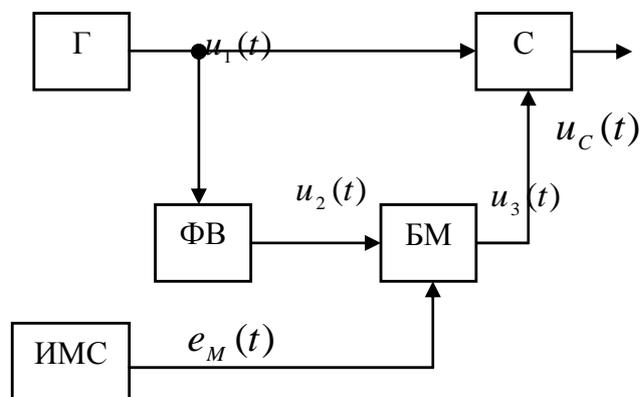


Рис. 1

Сигнал на выходе КФМ, изображённого на рис. 1, при напряжении модулирующего сигнала $e_M(t)$, нормированном к единичному напряжению, имеет вид

$$u_c(t) = \sqrt{1 + e_M^2(t)} \cos[\omega t + \arctg e_M(t)]. \quad (1)$$

На рис. 2, а,б изображены, соответственно фазовая $\varphi = \arctg e_M$ и амплитудная $U = \sqrt{1 + e_M^2}$ статические модуляционные характеристики этого КФМ.

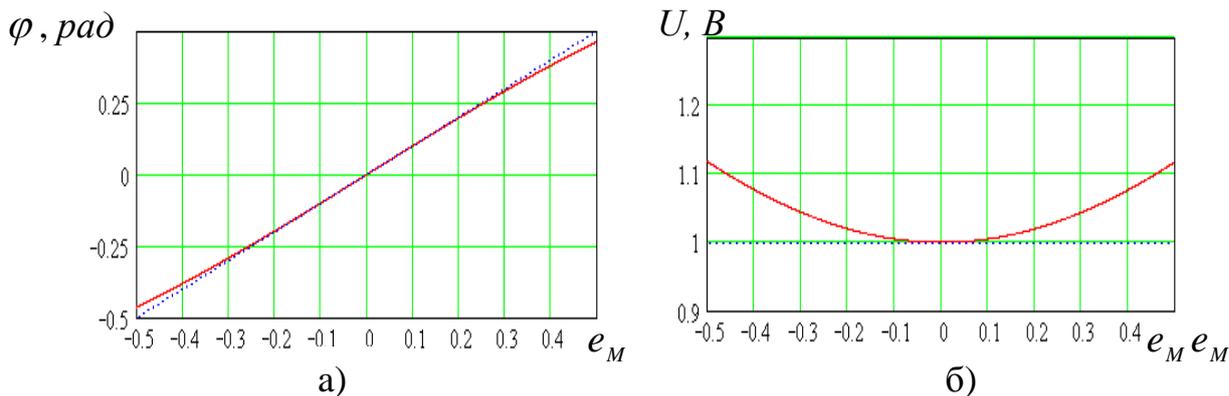


Рис. 2

Анализ модуляционных характеристик этой схемы показывает, что при девиации фазы идеального фазового модулятора $\varphi_{MAX} = 0,5$ рад (точечные линии) коэффициент нелинейности фазовой модуляционной характеристики (сплошные линии) рассматриваемой схемы $K_\varphi = |(\varphi - \varphi_{MAX}) / \varphi_{MAX}| \cdot 100\%$ составляет 7,2 %, а коэффициент

неравномерности амплитудной модуляционной характеристики $K_U = |(U-1)/1| \cdot 100\%$ составляет 11,8%.

Воспользовавшись представлением $\sqrt{1+e_M^2(t)}$ и $\arctg e_M(t)$ двучленами по формуле Тейлора для многочлена, выражение (1) можно записать в виде

$$u_C(t) = \left[1 + \frac{1}{2} e_M^2(t) \right] \cos \left[\omega t + e_M(t) - e_M^3(t)/3 \right], \quad (2)$$

или при гармоническом модулирующем сигнале $e_M(t) = E_M \sin \Omega t$:

$$u_C(t) = U_{C0} (1 + m_a \sin 2\Omega t) \cos(\omega t + m_{\varphi 1} \sin \Omega t + m_{\varphi 3} \sin 3\Omega t),$$

где $U_{C0} = 1 + 0,25E_M^2$; $m_a = 0,25E_M^2 / (1 + 0,25E_M^2)$;

$$m_{\varphi 1} = E_M - E_M^3 / 4; \quad m_{\varphi 3} = E_M^3 / 12.$$

Следовательно, коэффициент ПАМ при $E_M = 0,5$ $m_a = 5,6\%$, а коэффициент НИ $K_{\tilde{A}3} = m_{\varphi 3} / m_{\varphi 1} = 2,0\%$.

Как видно, в выходном ФМ-сигнале имеет место значительная ПАМ, а также НИ. Структурная схема КФМ (рис.1) в общем виде представлена на рис.3.

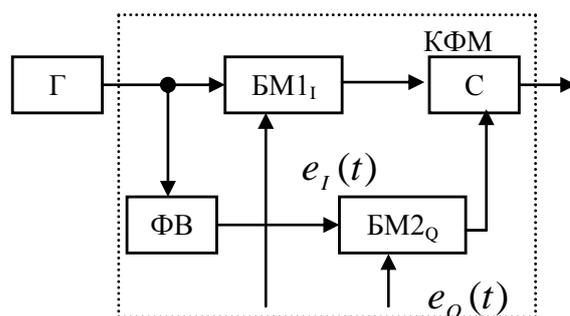


Рис. 3

В таком КФМ управление можно осуществлять не только в квадратурном (Quadrature), но и в синфазном (In phase) каналах, что позволяет производить более гибкое управление процессом формирования ФМ-сигналов.

Исследования показывают, что в КФМ возможна полная компенсация ПАМ, а также уменьшение уровня НИ по сравнению с КФМ, изображенным на рис.1. Рассмотрим алгоритмы компенсации ПАМ и НИ. Предлагаемая схема КФМ для формирования ФМ-сигнала с полностью подавленной ПАМ и уменьшенным уровнем НИ, в котором предусмотрено формирование управляющего компенсационного сигнала синфазного канала КФМ, изображена на рис. 4 [2].

На этом рисунке ИПН — источник постоянного напряжения; КВ — схема возведения в квадрат; ВКК — вычислитель квадратного корня; ИНВ1 — инвертор.

Сигнал на выходе КФМ, изображенного на рис. 4, при нормированном напряжении $e_M(t)$ имеет вид

$$u_{\tilde{N}1}(t) = u_I(t) + u_Q(t) = U_{C1}(t) \cos[\omega t + \varphi_{C1}(t)],$$

где $U_{C1}(t) = \sqrt{1 - e_M^2(t) + e_M^2(t)} = 1$, $\varphi_{C1}(t) = \arctg \frac{e_M(t)}{\sqrt{1 - e_M^2(t)}}$,

при этом

$$u_{C1}(t) = \cos \left[\omega t + \arctg \frac{e_M(t)}{\sqrt{1 - e_M^2(t)}} \right] = \cos [\omega t + \arcsin e_M(t)]. \quad (3)$$

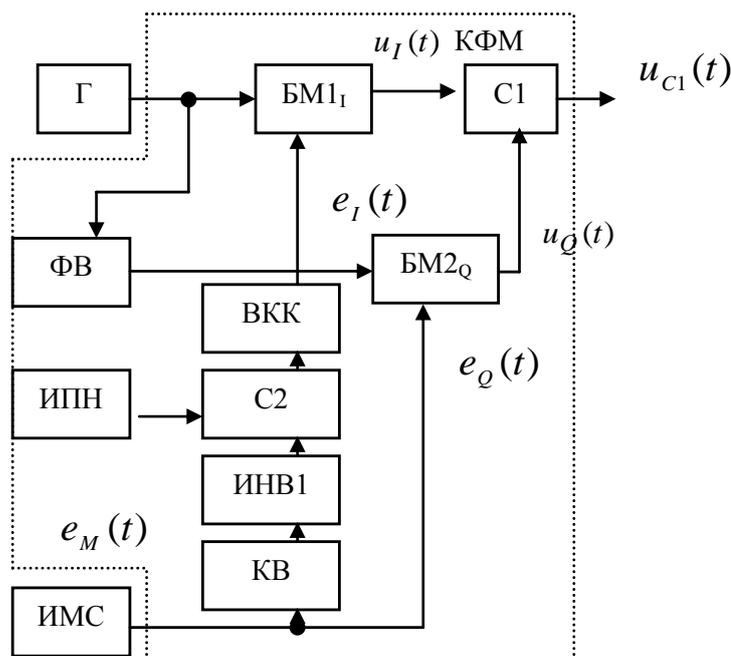


Рис. 4

Воспользовавшись представлением $\arcsin e_M(t)$ двучленом по формуле Тейлора для многочлена, выражение (3) можно записать в виде

$$u_{C1}(t) = \cos [\omega t + e_M(t) - e_M^3(t)/6]. \quad (4)$$

Из (4) видно, что в выходном ФМ-сигнале КФМ полностью скомпенсирована ПАМ. Кроме того, из сравнения (4) с (2) видно, что НИ ослаблены в 2 раза.

Из (4) следует, что для дополнительной компенсации НИ напряжение управляющего сигнала квадратурного канала $e_Q(t)$ должно быть сформировано таким образом, чтобы кубический член в нём был с обратным знаком:

$$\dot{a}_Q(t) = e_M(t) - e_M^3(t)/6, \quad (5)$$

при этом напряжение управляющего сигнала синфазного канала будет изменяться по закону

$$e_I(t) = \sqrt{1 - [e_M(t) - e_M^3(t)/6]^2}. \quad (6)$$

В этом случае предложенная структурная схема КФМ, в котором полностью скомпенсирована ПАМ и дополнительно ослаблены НИ, примет вид, изображённый на рис. 5. На этом рисунке АТ — аттенуатор; КБ — кубатор.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЬИ:

Никулин Сергей Сергеевич. Старший преподаватель кафедры радиотехники. Кандидат технических наук.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 476-472.

Попов Павел Александрович. Профессор кафедры ТКС. Доктор технических наук, профессор.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl @ comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 476-485.

Nikulin Sergey Sergeevich. A senior teacher of the chair of Radio Engineering. Candidate of technical sciences.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 476-472.

Popov Pavel Alexandrovich. Professor of the chair of Telecommunication Systems. Doctor of technical sciences, professor.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 476-485.

Ключевые слова к статье: квадратурный фазовый модулятор; паразитная амплитудная модуляция; нелинейные искажения.

Key words: quadrature phase modulator; parasitic amplitude modulation; nonlinear distortions.

УДК 621.396.4

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ



Л.Е. Мистров,
доктор технических наук, доцент,
Центральный филиал ГОУ ВПО
«Российская академия правосудия»

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

STATEMENT OF THE PROBLEM OF SYNTHESIS OF SYSTEM OF INFORMATION SAFETY OF COMPLICATED OBJECTS

Проводится анализ организационных и технических методов и средств информационной безопасности, сформированных на их основе комплексов для защиты элементов сложных объектов от совокупности несанкционированных угроз различного уровня нарушителей. Доказывается необходимость синтеза иерархической системы информационной безопасности и предлагается физическая и математическая постановка проблемы её синтеза.

The analysis of organizational and technical methods and the means of the information safety generated on their basis of complexes for protection of elements of complicated objects from set of not authorized threats of various levels of infringers is carried out. Necessity of synthesis of hierarchical system of information safety is proved and physical and mathematical statement of a problem of its synthesis is offered.

1. Общие положения

В настоящее время в условиях нестабильности экономической обстановки актуальной является задача защиты сложных объектов от совокупности несанкционированных угроз со стороны различного рода и уровня нарушителей. Под сложным объектом понимается территориально-распределённый объект, состоящий из совокупности объектов небольшой размерности, а под несанкционированными угрозами — возможное множество несанкционированных доступов на охраняемую территорию объекта.

Сложные объекты по совокупности системоопределяющих свойств представляют организационно-технические системы (ОТС), для которых характерны свойства аддитивности и взаимообусловленности выполнения задач различного уровня и типа эле-

ментов с заданной эффективностью, жёсткая централизованная структура и адаптивное управление ограниченными ресурсами для обеспечения защиты сложного объекта. В общем случае ОТС, в зависимости от пространственных размеров сложного объекта, представляет объединённую единством цели и процессов её достижения иерархическую совокупность элементов (ОТС меньшего уровня, технических систем (ТС) и комплексов) управления, добывания информации и исполнения. Применение их осуществляется в форме операций — динамической структуре одиночных и групповых действий (ОД, ГД) управляющих, исполнительных и обеспечивающих элементов (УЭ, ИЭ, ОЭ), определяемых предназначением объекта и структурой организации нарушителей.

Выполнение задач ОТС достигается нейтрализацией активных действий организаций нарушителей, аналогично представляющих системы уровня ОТС (для общности ОТС $\{B\}$), на основе дополнения её целевой функции оборонительной и наступательной функциями. Реализация оборонительной функции ОТС достигается защитой элементов объекта, а наступательной — дезорганизацией управления элементами ОТС $\{B\}$. Для этого в составе ОТС выделяется соответствующий ресурс сил и средств (подсистем) для реализации ответных (наступательных) и оборонительных действий (ПНД, ПОД). Исходя из этого, применение ОТС можно структурировать на иерархическую систему ядер конфликта [1] уровня: сценариев — ОТС; эпизодов — ТС; ситуаций — комплексов; дуэлей — отражает условия конфликта ОЭ (ИЭ) со средствами ИЭ и состояний, характеризующих информационное взаимодействие между отдельными ОЭ (ИЭ) и источниками информации (информационными средствами и/или сотрудниками организаций) ОТС $\{B\}$. Данная декомпозиция является условной и логически вытекает из структуры действий по защите сложных объектов, позволяет полно и достаточно наглядно представить систему целей и задач взаимодействия сторон в конфликте.

Основой применения ПНД (ПОД) является информация, получаемая путём сбора, анализа и обобщения имеющейся априорной информации, данных от сотрудников организаций, из сети Интернет, средств массовой информации и т.п., а также от различного типа ИС конкурентной разведки, объединённых единством цели в подсистемы добывания информации (ПДИ) и управления элементами ОТС $\{B\}$. Вследствие иерархичности построения ПНД (ПОД) управление их ИЭ в различных формах действий (ОД, ГД) осуществляется на основе контуров: добывания информации для вскрытия (обнаружения и распознавания) элементов ОТС; управления ПНД (ПОД), осуществляющих целераспределение и управление элементами по вскрытым ОЭ (ИЭ); управления элементами ПНД (ПОД); функционирования отдельных ИС добывания информации, управления элементами ПНД (ПОД). Исходя из этого, разрушение контуров управления элементами ОТС $\{B\}$ приводит к возрастанию неопределённости условий конфликта и увеличению риска принятия ошибочного или несвоевременного решения.

В этих условиях обеспечение заданной эффективности защиты сложного объекта возможно на основе разрушения и/или искажения информации в иерархических уровнях принятия решений ОТС $\{B\}$ методами и средствами информационной безопасности (ИБ): организационного и/или технического воздействия на средства ОТС $\{B\}$ и информационной защиты средств своей ОТС.

Информационное воздействие на ИС контуров управления элементами ОТС $\{B\}$ оказывает определяющую роль на обоснование стратегий их поведения с учётом мотиваций, определяющих цели применения ОТС. Оно приводит к изменению в желаемую сторону исходных данных, используемых ОТС $\{B\}$ при выборе стратегий поведения, их дезинформации, конструирования на основе различных видов информационного воздействия исходной обстановки, представления ложных направлений изменения информаци-

онной обстановки, обеспечения перехода к менее эффективным методам принятия решения и снижения эффективности функционирования контуров управления элементами ОТС {B}. К техническим методам воздействия, вследствие использования в ОТС {B} различного функционального назначения ИС, относятся разные способы и средства дезинформации, активные и пассивные помехи, ложные цели, ложные ловушки, средства снижения заметности и т.п. Организационные методы воздействия основываются на нейтрализации каналов и источников информации (ИС) на время конфликта путём дезинформации, физической ликвидации, нейтрализации на определённое время, психологического воздействия, переориентации и т.п. Данные средства применяются ОТС избирательно на различных этапах выполнения поставленной задачи путём «навязывания» ОТС {B} информации, обуславливающей выбор ею решений, приводящих к снижению эффективности элементов до некоторого минимального уровня.

Исходя из этого, для разработки постановки задачи требуется провести анализ методов и средств ИБ, способов применения КСБ для обеспечения защиты элементов сложных объектов и методологическое обоснование комплексного и координированного их применения в структуре СИБ для обеспечения с заданной эффективностью защиты сложных объектов, что определило цель и содержание статьи.

2. Методы и средства информационной безопасности

Существующая довольно обширная номенклатура средств ИБ рассматривается с достаточной степенью детальности во множестве публикаций и даёт исчерпывающую информацию о характеристиках и способах их применения.

Организационные методы ИБ, используемые с уровня ОТС применительно к ядрам эпизодов и сценариев, направлены на информационное воздействие на элементы управления контуров принятия решений ОТС {B} — отдельных сотрудников и/или коллектив сотрудников для снижения: а) эффективности их непосредственного функционирования и б) количества и эффективности применения подчиненных им ИЭ (ОЭ).

В интересах ИБ сложных объектов возможно рассмотрение методов и средств: дезинформации о способах и характеристиках облика элементов объекта; дискредитации ОТС {B} и отдельных её членов; психологическое воздействие на группировку и отдельных членов ОТС {B}; нейтрализации на определённое время наиболее ценных членов ОТС {B} и т.п. Номенклатура организационных методов ИБ обширная и применяется избирательно при реализации тех или иных задач по защите элементов объектов.

Все технические средства ИБ классифицируются по способу воздействия на ИС на активные и пассивные. Их характеристика с требуемой степенью детальности представления характеристик приведена в [2, 3].

Средства ИБ составляют основу КСБ, применяемых для защиты различных типов элементарных, объектовых или площадных объектов ФС.

3. Методы и комплексы информационной безопасности

Организационные и технические методы ИБ, переплетаясь и чередуясь по времени и пространству воздействия, образуют информационную структуру элементов ИБ уровня КСБ и СИБ, организационно связанных с защищаемыми элементами объекта.

Основные цели применения КСБ состоят в снижении возможностей ИС получения информации и управления элементами ОТС {B}, которые определяют систему взаимосвязанных по целям и способам их реализации задач ИБ.

Обоснование задач ИБ проводится на основе:

важности ИС — объектов информационного воздействия, определяемой возможностями по вскрытию элементов сложных объектов и управлению элементами ОТС {B}, их количеством и распределением по участкам диапазона условий применения;

возможности реализации задач ИБ с помощью средств ИБ и информационной защиты ИС управления элементами ОТС, связанных с эффективностью и пространственно-временными ограничениями на их применение;

возможностей по комплексированию КСБ и структурно-функциональному сопряжению с элементами взаимодействующих ОТС.

По способам применения КСБ присущи общесистемные признаки: возможность последовательного и параллельного использования при реализации свойственных им функций и задач; необходимость функционирования в различных условиях операции; возможность использования существующих и перспективных средств ИБ; потери в различных формах действий ОТС и расход ограниченного ресурса средств ИБ.

Состав КСБ для защиты элементов сложного объекта, учитывает как условия их применения, так и характеристики средств ИБ и образует комплект ИБ. Число КСБ, необходимое для выполнения одной задачи, характеризуется требуемым составом.

В структуре комплекта ИБ объекта возможно рассмотрение различного типа универсальных и специализированных КСБ [4]. Под универсальными понимаются такие типы КСБ, которые способны решить несколько различных видов задач. В отличие от них специализированные КСБ предназначены для решения какого-либо одного определённого вида задач. Универсальный КСБ может решать многие задачи, но каждую задачу с меньшей эффективностью по сравнению со специализированными КСБ, а значит, и с большими затратами на необходимый их состав.

КСБ могут обеспечивать защиту либо полного состава элементов (ОЭ в районах расположения или ИЭ в ГД) ТС или ОТС, либо элементов (ОЭ, ИЭ) объекта, выполняющих различные задачи. В соответствии с этим КСБ могут использоваться для решения трёх видов задач:

задач индивидуальной ИБ, обеспечивающих защиту отдельного ОЭ в районе расположения или ИЭ в различного типа одиночных действиях;

задач объектовой информационной безопасности (ОБ), реализующих защиту ОЭ в районах расположения или ИЭ в групповых действиях ТС (ОТС меньшего уровня);

задач зональной или общей информационной безопасности (ЗБ), выполняемых в интересах защиты ОЭ в районах расположения или ИЭ в групповых действиях ОТС.

Специфика применения КСБ характеризуется категориями «доминирование» и «суммирование» [4]. Доминирование — способ, когда одни и те же КСБ решают поставленные задачи одновременно в интересах различных типов ОЭ (ИЭ). В соответствии с этим возможно доминирование по КСБ или по задачам (подобные КСБ являются зональными). Суммирование — способ, когда каждый тип КСБ или решаемая каждая задача требует выполнения специфических действий. Доминирование — признак универсальных, а суммирование — специализированных КСБ; граница между ними условна. Тип КСБ определяется его местом в структуре комплекта ИБ объекта, условиями его функционирования и характеризуется способами индивидуальной, объектовой или зональной ИБ. Исходя из этого, вся совокупность КСБ для решения задач ИБ по функциональному назначению и способам применения с учётом практики решения подобных задач, условно объединена в три группы [1]:

комплексы индивидуальной информационной безопасности (КИБ) отдельных точечных объектов типа ОЭ (ИЭ) в различных способах одиночных действий, реализующие воздействия на ИС, как правило, только в направлении главного направления условий применения (могут размещаться непосредственно на защищаемом элементе);

комплексы объектовой информационной безопасности (КОБ) ОЭ (районов расположения ТС, пунктов применения, органов управления и т.п.) или ИЭ в различных способах групповых действий, реализующие информационные воздействия на направлениях условий применения нескольких близко находящихся ИС (могут размещаться на специальных носителях или вблизи от защищаемых объектов);

комплексы информационной зональной безопасности (КЗБ), обеспечивающие защиту нескольких элементов (районов расположения, позиций, ИЭ в ГД и т.п.) объекта на основе воздействия на ИС практически во всём диапазоне условий применения, обеспечивая создание пространственно-распределённых зон безопасности.

Основным способом применения КИБ является реализация индивидуальной защиты ИЭ (сотрудников ОТС) и ОЭ (различного типа средств инженерно-технической укрепленности, охранно-пожарной сигнализации защиты информации, сигнализации, управления и т.п.) сложного объекта. Вместе с тем, большое многообразие ИС — объектов воздействия, функционирующих в широком диапазоне условий применения, с одной стороны, и ограниченные возможности (массогабаритные, энергетические, технологические и т.п.) по размещению средств ИБ на защищаемом элементе, с другой, не позволяют КИБ реализовать эффективное решение всей совокупности задач ИБ. Кроме того, из-за ограниченных возможностей реализации требуемых ТТХ и ряда других факторов (например, демаскировка элемента, возможность наведения на него элементов ОТС {B} и др.) в ряде случаев эффективность применения КИБ может являться недостаточной.

Основным предназначением КОБ и КЗБ является наращивание усилий по решению задач ИБ для обеспечения требуемой эффективности защиты элементов сложного объекта. Применение их для защиты сложных объектов ограничено рядом факторов, связанных с особенностями их применения, основными из которых являются: ограниченная дальность действия, обусловленная их энергетическими возможностями и трудности в планировании и организации их применения в процессе организации защиты. Вместе с тем применение КОБ и КЗБ может в значительной мере дополнительно повысить эффективность совместного их применения с КИБ элементов сложных объектов.

4. Общие положения метода синтеза систем информационной безопасности

В настоящее время для защиты сложных объектов возможно применение всех трёх методов ИБ. Однако их применение, как правило, не учитывает а) имеющейся у потенциальных нарушителей — различного уровня ОТС {B} априорной информации об облике объекта и возможностей её уточнения и б) последующего избирательного применения средств активного воздействия. Это приводит к запаздыванию реакции средств ИБ; нерациональному расходованию ресурса ИБ, так как обеспечить защиту элементов объекта во всех физических полях работы ИС практически невозможно и к неэффективному использованию средств ИБ, поскольку наличие априорной информации позволяет ОТС {B} оптимизировать применение средств активного воздействия на основе ИС, работающих в несовпадающих физических полях и воздействие на которые методами ИБ малоэффективно. Исходя из, этого требуемый эффект дезорганизации ОТС {B} может быть достигнут только при комплексном и координированном воздействии на них средствами ИБ. Это приводит к практической необходимости создания СИБ сложного объекта, эффект применения которой состоит в нарушении временного баланса функционирования контуров управления ОТС {B}, интегрированно проявляющегося в снижении количества и эффективности используемых ею элементов.

Научное обоснование цели, состава, характеристик и способов применения СИБ основывается на результатах синтеза её облика. К настоящему времени разработаны

методы синтеза КСБ и ТС информационной безопасности (ТСБ). Применение этих методов для моделирования СИБ наталкивается на ряд принципиальных трудностей:

СИБ относится к классу ОТС, для которых характерна гибкая функциональная структура и адаптивное управление информационным процессом;

требование обеспечения заданной эффективности применения ОТС предполагает наличие в структуре СИБ большой номенклатуры средств ИБ различного функционального назначения и определённой автономии применения в широком пространственно-временном диапазоне условий;

синтез СИБ основывается на парировании расширяющегося множеств организационных и организационно-технических способов противодействия со стороны ОТС $\{B\}$;

большинство решений в СИБ принимается в условиях жёстких ограничений по времени и высокой степени неопределённости, связанной как со случайным характером информационного процесса, так и с неоднозначностью целей, критериев, способов действий и результатов последствия.

Эти обстоятельства обуславливают структурную сложность методов синтеза СИБ, позволяющих выделить ряд проблемных вопросов исследований.

1. Понятие СИБ связано с понятием конфликта, когда рассматривается вопрос о выживаемости объекта. Поэтому заданная эффективность применения ОТС является внутренним свойством СИБ, обеспечивающим возможность противостоять не только воздействиям внешней среды, но, главное, преднамеренному воздействию ОТС $\{B\}$.

2. Анализ методов синтеза ИБ показывает, что их теория отстаёт от потребностей практики защиты сложных объектов. Их развитие можно представить в виде двух взаимно дополняющих друг друга научных направлений, связанных с синтезом КСБ и ТСБ.

Первое научное направление, абстрагируясь от целей, задач и объектов воздействия, исследует лишь формальные методы поиска оптимальных решений при техническом синтезе КСБ на множестве информационных и информационно-системных показателей эффективности при известных (определённых) законах распределения случайных значений характеристик исследуемых процессов. Процедура принятия решения в них сводится к некоторым задачам математического программирования, позволяющих получать решения в условиях неопределённости алгоритмов функционирования, как правило, отдельных ИС. КСБ рассматривается как некое устройство, объединяющее единством цели совокупность средств управления, добывания информации и ИБ. Методология синтеза направлена, в основном, на решение задач обоснования видов и параметров информационных воздействий и реализующих их средств ИБ при известных законах распределения случайных значений характеристик, алгоритмов функционирования и технических мер защиты ИС от преднамеренного информационного воздействия. Эффективность КСБ гарантируется только для заданных характеристик ИС и типовых условий применения и становится неустойчивой при их изменении.

Второе научное направление сделало значительный шаг в устранении недостатков первого направления и главное внимание уделило задаче синтеза ТСБ. Методология их исследований обеспечивает преобразование информационных и информационно-системных показателей эффективности КСБ в системные и снижение уровня неопределённости при их оценке эффективности с учётом организационно-технического противодействия ОТС $\{B\}$. Основные недостатки направления состоят в: а) упрощённом представлении облика ТСБ; рассматривается, практически, в виде совокупности объединённых единством цели средств ИБ; б) решении задач на одном этапе действий,

без учёта результатов последействия в операции и в) детерминированном представлении алгоритмов управления КСБ для известных составов, характеристик, алгоритмов функционирования и способов применения информационных средств ОТС $\{B\}$. Использование направления позволяет обосновать отдельные элементы ИБ для решения только некоторых задач. Такой подход к фрагментному построению ТСБ приводит к попыткам добиться высокой конечной эффективности за счёт соответствующего увеличения количества её элементов. Это является основным ограничением методов синтеза ТСБ, а ряд особенностей условий применения элементов ИБ условно определяют границы разных постановок и методов решения конкретных научных задач и их отличие друг от друга.

Это обуславливает необходимость разработки соответствующей гибкой и структурно сложной системы моделей синтеза СИБ.

5. Моделирование системы информационной безопасности

Процесс поиска оптимальных решений (множество основных тактико-технических требований (ОТТТ)) на уровнях элементов и СИБ в целом представляет математическую модель, конструктивная структура которой состоит в следующем.

1. Общая задача синтеза ОТТТ к СИБ формулируется как задача оптимального распределения ограниченных неоднородных ресурсов (стоимостных, массогабаритных, энергетических, пространственно-временных и др.) в иерархических задачах с дискретными переменными.

2. Модель предусматривает поэтапное формирование структурированной совокупности ОТТТ от нижнего иерархического уровня элементов к последующему верхнему при выполнении принципа координации по целям, эффективности и ресурсам.

3. Парирование неопределённых факторов обеспечивается использованием логико-эвристических и структурных методов типизации, сценарного метода прогнозирования, метода синтеза за «противника», алгоритмизации стратегий поведения ОТС и других, инвариантно и с достаточной степенью адекватности применяемых при моделировании информационных процессов на каждом уровне конфликта.

В соответствии с этим рассматривается иерархическая структура последовательно и поэтапно решаемых частных математических задач (моделей синтеза), соответствующих уровням элементов СИБ.

Решение *частных задач по распределению общего ресурса ОТС* (C_o) состоит в выборе вариантов состава (ресурса):

СИБ, включая распределение ресурса (C_x) между комплектами КСБ ОЭ и ИЭ ОТС ($\alpha^1(X^1)$ и $\alpha^2(X^2)$);

СИБ уровня ОТС меньшего уровня (ОСБ), ТСБ и КСБ, включая распределение ресурсов КЗБ на уровне ОСБ, КОБ на уровне ТСБ и КИБ на уровне элементов объекта;

КСБ, включая распределение ресурсов на уровне диапазонов условий применения (ДУП) разнотипных средств ИБ и пространственных секторов при реализации способов ИБ (снижение заметности, создание активных и пассивных помех, ложных целей и т.п.).

Задача поиска оптимального варианта СИБ (множества целесообразных параметров $\{X_s\}$) от средств ОТС $\{B\}$, характеризуемых совокупностью типовых параметров $\{Y_s\}$ в конфликте “ОТС \Leftrightarrow ПНД и ПОД ОТС $\{B\}$ “. В общем виде задача формулируется следующим образом: необходимо определить s_{opt} -й, $s = 1, \dots, S$, оптимальный вариант СИБ, характеризуемый совокупностью параметров $\{X_s\}$ и обеспечивающий

$$\{s^*, k^*\} = \text{Arg}(\{X_s^{opt}\}, \{Y_k^{opt}\}) = \max_{(S:\{X_s\})} \min_{(K:\{Y_k\})} \{[(1-\alpha_s)(\{X_s\})] U_{sk}(\{X_s\}, \{Y_k\})\}; \quad (1)$$

$$s=1, \dots, S; \quad k=1, \dots, K;$$

$$C_{\xi}^X \{X_s\} / C_X = a_s(\{X_s\}) = a_s^1(\{X_s^1\}) + a_s^2(\{X_s^2\}) + a_s^{ACV}(\{X_s^{ACV}\}) < 1;$$

$$X_s^{ACV} \in X_s; \quad X_s^1 \in X_s; \quad X_s^2 \in X_s; \quad U_{sk}(\dots) \geq U^{зад},$$

где $a_s(\{X_s\})$ — относительная доля стоимости s -го варианта СИБ (комплект КСБ), определяемого от общей стоимости состава ОТС; $a_s^1(\{X_s^1\})$, $a_s^2(\{X_s^2\})$, $a_s^{ACV}(\{X_s^{ACV}\})$ — относительные доли стоимостей комплекта КСБ, определяемых совокупностью параметров $\{X_s^1\}$, $\{X_s^2\}$ и $\{X_s^{ACV}\}$ при решении задач ИБ по защите ОЭ, ИЭ объекта и автоматизированном управлении КСБ (АСУ), соответственно; $U_{sk}(\{X_s\}, \{Y_k\})$, $s=1, \dots, S$, $k=1, \dots, K$ — s k -й элемент платёжных матриц ОТС, рассматриваемых в рамках стратегий поведения ОТС $\{X, Y\}$, $X=X(X_1, \dots, X_s)$, $Y=Y(Y_1, \dots, Y_k)$ при распределении их ресурсов $\{C_x, C_y\}$ в задачах на основе теории многошаговых биматричных игр [5].

В задаче (1) предполагается, что совокупность $\{X\}$ параметров СИБ заданы (определены), как наиболее целесообразные и допустимые. Их целесообразность определяется в задаче нижнего уровня (уровня ОСБ), на котором определяется совокупность условно-оптимальных параметров $\{X_s^1\}$, $\{X_s^2\}$, $\{X_s^{ACV}\}$ и соответствующие распределения ресурсов α_s^1 , α_s^2 и α_s^{ACV} для каждого s -го варианта СИБ. Допустимость же вариантов определяется рядом ограничений, основным из которых является стоимость реализации и/или задаваемая эффективность, которая может быть достигнута. В этом смысле ограничение по эффективности носит условный характер и как противоречие может быть разрешено на основе принципа наращивания усилий по ИБ. В связи с этим принципом в качестве исходных вариантов СИБ рассматривается её базовая структура на основе КИБ с последующим наращиванием её КОБ, КЗБ и элементами организационного воздействия на источники информации ОТС $\{B\}$. В этом смысле получаемые рекомендации могут быть использованы при формировании общей концепции ИБ сложных объектов и разработке новых методов и средств ИБ.

Задача поиска условно-оптимального варианта ОСБ в типовом ядре конфликта уровня сценария применительно к её каждому s -му, $s=1, \dots, S$, варианту и распределения ресурсов КЗБ. В данном случае является возможным и целесообразным разделение (в целях понижения сложности) задачи на две самостоятельные, инвариантные по методу их решения при достижении двух целей ИБ: а) цели защиты ОЭ от ПДИ и ПНД и б) цели защиты ИЭ от ПДИ и ПОД ОТС $\{B\}$.

Задача ставится в форме оптимального распределения стоимостного ресурса КСБ сложных объектов на основе использования КИБ, КОБ и КЗБ от средств ОТС $\{B\}$ и выборе оптимального s -го варианта ОСБ (параметров $\{x_s^1\}$ и $\{x_s^2\}$) в виде:

а) в условиях защиты ОЭ сложных объектов от ПДИ и ПНД

$$\text{Arg}(\{x_s^1\}^{opt}, \{\xi_s^1\}^{opt}, \alpha_s^{1*}) = \max_{\{x_s^1, y_k^1\}} \min_{\{y_{sk}^1\}} \{[(1-\alpha_s^1)(\{x_s^1\})] U_{sk}^1(\{x_s^1\}, \{\xi_s^1(\{x_s^1\})\}, \{y_k^1\})\}; \quad (2)$$

при
$$\alpha_s^1 = \xi_{s1}^{e\acute{a}} + \xi_{s1}^{\acute{a}\acute{a}} + \xi_{s1}^{\acute{c}\acute{a}} + \xi_{s1}^{\acute{a}\acute{a}} + \xi_{s1}^{\acute{n}\acute{o}} < 1; \quad \{ \frac{d}{\xi} \} = (\{ \xi_{s1}^{\acute{e}\acute{a}} \}, \{ \xi_{s1}^{\acute{a}\acute{a}} \}, \{ \xi_{s1}^{\acute{c}\acute{a}} \}, \{ \xi_{s1}^{\acute{a}\acute{a}} \}, \{ \xi_{s1}^{\acute{n}\acute{o}} \});$$

$$\{x_{s1}^{n\acute{b}}\} \cap \{x_{s1}^{o\acute{b}}\} \cap \{x_{s1}^{3\acute{b}}\} \cap \{x_{s1}^{o\acute{b}}\} \cap \{x_{s1}^{cy}\} = x_s^1; \quad U_{sk}^1(\dots) \geq U^{зад};$$

б) в условиях защиты ИЭ при реализации ответных (наступательных) действий ОТС

$$\text{Arg} (\{x_s^2\}^{opt}, \{\xi_s^2\}^{opt}, \alpha_s^{2*}) = \max_{\{x_s^2\}, \{\xi_s^2\}} \min_{\{y_k^2\}} \{[(1-\alpha_s^2)(\{x_s^2\})] U_{sk}^2(\{x_s^2\}, \{\xi_s^2(\{x_s^2\}), \{y_k^2\})\};$$

при

$$\alpha_s^2(\{x_s^2\}) = \xi_{s2}^{\hat{a}}(\{x_{s2}^{\hat{a}}\}) + \xi_{s2}^{\hat{a}^0}(\{x_{s2}^{\hat{a}^0}\}) + \xi_{s2}^{\hat{a}^3}(\{x_{s2}^{\hat{a}^3}\}) + \xi_{s2}^{\hat{a}^{\hat{a}}(\hat{a})}(\{x_{s2}^{\hat{a}^{\hat{a}(\hat{a})}}\}) + \xi_{s2}^{\hat{a}^0}(\{x_{s2}^{\hat{a}^0}\}) < 1;$$

$$\{\xi_s^2\} = \{\xi_{s2}^{\hat{a}}\}, \{\xi_{s2}^{\hat{a}^0}\}, \{\xi_{s2}^{\hat{a}^3}\}, \{\xi_{s2}^{\hat{a}^{\hat{a}(\hat{a})}}\}, \{\xi_{s2}^{\hat{a}^0}\};$$

$$\{x_{s2}^{\hat{a}^0}\} \cap \{x_{s2}^{\hat{a}^0}\} \cap \{x_{s2}^{\hat{a}^3}\} \cap \{x_{s2}^{\hat{a}^0}\} \cap \{x_{s2}^{\hat{a}^0}\} = x_s^2;$$

$$U_{sk}^2(\dots) \geq U^{2\text{зад}}; s = 1, \dots, S, \quad k = 1, \dots, K.$$

С точки зрения методического подхода подзадачи а) и б) в задаче (2) являются инвариантными при их решении и использовании результатов для решения задачи (1) верхнего уровня (формирования допустимых вариантов СИБ, оценки их эффективности и выбора оптимального варианта) и нижнего уровня (при выборе сочетания оптимальных ресурсов КИБ и КОБ).

В свою очередь, сложность задачи (2) при аналитическом решении обусловлена нелинейным характером целевой функции и иерархической зависимостью различных групп дискретных параметров. Для разрешения этих условий предлагается использование модифицированных методов погрупповой оптимизации и других, предложенных для поиска оптимальных решений в одно- и двухуровневых системах. В целях обеспечения устойчивости решений (в математическом смысле «сходимости») необходимыми и достаточными условиями являются дифференцируемость целевой функции, а также монотонная зависимость целевой функции верхнего уровня от функций нижнего уровня. Для получения решений в иерархических ОТС необходимыми и достаточными условиями «сходимости» может быть *поуровневая аналитическая зависимость* монотонно связанных целевых функций от нижних уровней до самого верхнего.

С учётом этого, решение задачи (2) может быть сведено к поэтапной процедуре поиска общего решения частных задач, рассматриваемых как уровни исследования.

Задача определения условно-оптимальных вариантов ТСБ в типовом ядре конфликта уровня эпизода, являющаяся частью задачи (2), решается инвариантно при оптимизации подзадачи (1), (2), индексы (1,2) убраны с целью исключения загромождения записи, состоит в определении оптимальных составов КИБ и КОБ и параметров АСУ, обеспечивающих

$$\text{Arg} (\xi^{\hat{a}}, \xi^{\hat{a}^0}, \xi^{\hat{a}^0})^* = \max_{\{x_i\}, \{y_j\}, \{\omega_m\}} \min_{\{\beta\}} \{(1 - \xi^{\hat{a}} - \xi^{\hat{a}^0} - \xi^{\hat{a}^0}) R(\xi^{\hat{a}}, \xi^{\hat{a}^0}, \xi^{\hat{a}^0}, \{\beta\})\}, \tag{3}$$

при $\xi^{\hat{a}}(\{z_k\}), \xi^{\hat{a}^0}(\{h_l\})$ — заданы (на каждом шаге итераций верхнего уровня);

$$\xi^{\hat{a}}(\{x_i\}) + \xi^{\hat{a}^0}(\{y_j\}) + \xi^{\hat{a}^0}(\{\omega_m\}) < 1;$$

$$\xi^{\hat{a}} = \sum_{i=1}^I (C_i/C) x_i; \quad \xi^{\hat{a}^0} = \sum_{j=1}^J (C_j/C) y_j; \quad \xi^{\hat{a}^0}(\{\omega_m\}) = \{\xi_m^{\hat{a}^0}, m = 1, \dots, M\};$$

$$R(\dots) \geq R_{\text{зад}},$$

где $\{x_i\}, \{y_j\}, \{\omega_m\}$ — матрицы номенклатурно-количественного состава ТСБ, включающие разнотипные i -е, $i = 1, \dots, I$, и j -е, $j = 1, \dots, J$, варианты КИБ, КОБ и m -й, $m = 1, \dots, M$, вариант системы управления, соответственно; $\xi^{\hat{a}}, \xi^{\hat{a}^0}, \xi^{\hat{a}^0}$ — относительные доли стоимостей, входящих в состав ТСБ КИБ, КОБ и АСУ относительно общей стоимости ОЭ или ИЭ объекта уровня ТС, соответственно; $R(\dots)$ — относительное математическое ожидание числа выполненных задач ИБ, выраженное в сто-

имостных характеристиках сохранённых ОЭ (ИЭ) относительно их общей стоимости в структуре ТС.

Задача определения условно-оптимальных вариантов КСБ в типовом ядре конфликта уровня ситуации, являющаяся частью задачи (3) применительно к ТС, состоит в определении состава КИБ и варианта системы управления, обеспечивающих

$$Arg(\xi^{\text{эá}}, \xi^{\text{иó}}) = \max_{\{x_i\}, \{\omega_m\}} \min_{\{\beta\}} [(1 - \xi^{\text{эá}} - \xi^{\text{иó}}) \pi(\{x_i\}, \{\omega_m\}, \{\beta\})], \quad (4)$$

при $\xi^{\text{áá}}(\{y_j\})$ — определены (на каждом шаге итерации);

$$\sum_{i=1}^I (C_j / C) x_i + \xi_m^{\text{иó}}(\omega_m) < 1; \quad \pi(\dots) \geq \pi_{\text{зад}}; \quad \{\beta\} \in \Omega,$$

где $\pi(\dots)$ — средняя вероятность защиты ОЭ или ИЭ сложного объекта; остальные обозначения аналогичны задаче (3).

Данные задачи обеспечивают решение общей задачи технико-экономического обоснования целесообразных вариантов состава, структуры, способов применения и соответствующих ОТТТ к КСБ. Главным результатом её решения является определение относительной важности задач ИБ от подсистем и средств различного целевого и функционального предназначения ОТС $\{B\}$ на всех уровнях конфликта на основе оптимального распределения ограниченного ресурса для решения задач ИБ с использованием критерия «эффективность-стоимость». Здесь же осуществляется окончательный выбор оптимальных параметров ТСБ на основе комплексов ИБ, добывания информации, управления и связи, являющихся основными её элементами.

Вторая группа частных задач технического синтеза, составляющая исходный нижний уровень, формулируется как *задача уточнения* ОТТТ к комплексам ИБ, добывания информации, управления и связи в части выявления и исследования системоопределяющих их свойств, реализующих интегративные свойства СИБ. Эти задачи решаются в рамках задачи технического синтеза КСБ на основе известных методов [например, 2, 3].

Задача синтеза КСБ ставится инвариантно по отношению к их различным типам (см. выше типы i, j, k, l, m для КИБ, КОБ, КЗБ, элементов организационного воздействия на ИС и системы управления) в форме задач оптимального распределения технических, технологических и пространственно-временных ресурсов при определении номенклатурно-количественного состава средств и основных ТТХ КСБ, аналогично задачам (1) — (4) для типового ядра конфликта уровня дуэли в виде

$$Arg(\{n_i(\{x_k\}), \{\alpha_m^{\text{cy}}\})^{\text{opt}} = \max_{\{n_i(\{x_k\}), \{\alpha_m^{\text{cy}}\}} \min_{\{b\}} P(\{n_i(\{x_k\}), \{\alpha_m^{\text{cy}}\}, \{b\}), \quad (5)$$

при
$$\sum_{i=1}^I (g_{ik} / G_o) n_i + (g_m^{\text{cy}} / G_o) a_m^{\text{cy}} \leq 1; \quad \sum_{i=1}^I (\mathcal{E}_i / \mathcal{E}_o) n_i + (\mathcal{E}_m^{\text{cy}} / \mathcal{E}_o) a_m^{\text{cy}} \leq 1;$$

$$\{t_i\} \text{ — заданы; } \quad m=1, \dots, M, \quad k=1, \dots, K,$$

где $\{n_i(\{x_k\})\}$ — матрица состава n_i -го количества i -го типа, $i=1, \dots, I$, КСБ с $\{x_k\}$ вариантом основных ТТХ, $k=1, \dots, K$; $\{\alpha_m^{\text{cy}}\}$ — вектор параметров m -го, $m=1, \dots, M$, варианта системы управления средствами КСБ; $\{b\}$ — совокупность ТТХ средств ОТС $\{B\}$ применительно к типовой ситуации; $P(\dots)$ — вероятность воздействия на ИС элементов ОТС $\{B\}$; g_{ik}, \mathcal{E}_{ik} — массогабаритные и энергетические характеристики i -го средства ИБ с k -м вариантом соответствующих ТТХ; $g_m^{\text{cy}}(\alpha_m^{\text{cy}}), \mathcal{E}_m^{\text{cy}}(\alpha_m^{\text{cy}})$ — массогабаритные и энергетические характеристики m -го варианта системы управления средствами

ИБ; $\{t_i\}$ — вектор временных ограничений на функционирование КСБ (быстродействие, ограничения по совместимости работы и др.); G_o, \mathcal{E}_o — заданные ограничения на массогабаритные и энергетические характеристики размещения средств КСБ.

В задаче (5) при формировании структуры СИБ требуется **учитывать системопределяющие свойства КСБ** (взаимные эффекты от совместного применения разнотипных КСБ, условий совместимости работы в форме ограничений на излучение, демаскирующие признаки и др.). Основными внутренними, но системозначимыми параметрами КСБ являются диапазоны рабочих частот, пространственные сектора и направления воздействия. В рамках массогабаритных и энергетических ограничений при размещении средств ИБ на специализированных носителях возникает дополнительная задача о распределении ресурса при определении энергетических потенциалов, переизлучаемых или маскирующих характеристик средств организационного и технического информационного воздействия по участкам диапазона условий применения.

Исходя из этого, в рамках задачи (5) возникает частная задача:

$$\text{Arg}(\{x_{kj}^{opt}\}) = \max_{\{x_{kj}\}} \min_{\{b\}} p(x_{kj}, b), \quad (6)$$

при

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (g_k / G_o) x_{kj} \leq 1; \quad \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (\mathcal{E}_k / \mathcal{E}_o) x_{kj} \leq 1,$$

где x_{kj} — количество элементарных (передатчик помех, пачка пассивных помех, элемент ложной цели и т.п.), средств ИБ, формирующих помехи (или снижение заметности, меры помехозащищённости ИС) по k -м, $k=1, \dots, K$ участкам ДУП и j -м, $j=1, \dots, J$ пространственным секторам; g_k, \mathcal{E}_k — массогабаритные и энергетические характеристики «элементарных» средств ИБ; G_o, \mathcal{E}_o — заданные массогабаритные и энергетические параметры на размещение средств ИБ; $p(\dots)$ — вероятность подавления элементов сложных объектов.

Задачи (5) и (6) составляют двухуровневую задачу оптимального распределения ограниченного ресурса и могут быть решены с использованием метода погрупповой оптимизации. Сформулированные задачи (1) — (6) составляют систему частных математических постановок моделей синтеза СИБ.

Таким образом, проведённый анализ методов и средств ИБ показал, что перспективным направлением обеспечения заданной эффективности защиты сложных объектов от различного типа несанкционированных угроз является комплексное и координированное применение КСБ в структуре СИБ. Решение проблемы её синтеза должно основываться на гибкой и структурно сложной системе моделей синтеза КСБ, ТСБ, ОСБ и СИБ в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мистров Л.Е., Сербулов Ю.С. Методический подход к системному представлению многоцелевого конфликта функциональных иерархических систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2005. — № 3 — Т. 3. — С. 26 — 30.
2. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. — М.: Сов. радио, 1968. — 444 с.
3. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба.—М.: Воениздат, 1989. — 350 с.

4. Мистров Л.Е., Сербулов Ю.С. Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем. — Воронеж: Научная книга, 2007. — 232 с.

5. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. — М.: Наука, 1988. — 208 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ СТАТЬИ:

Мистров Леонид Евгеньевич. Профессор кафедры правовой информатики, информационного права и естественнонаучных дисциплин. Доктор технических наук, доцент.

Центральный филиал ГОУ ВПО «Российская академия правосудия».

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 95. Тел. (4732) 367-836.

Mistrov Leonid Evgenyevich. The professor of chair of Legal Computer Science, the Information Right and Natural-science Disciplines. Doctor of technical sciences, assistant professor.

Central branch GOU VPO «Russian Academy of Justice».

Work address: Russia, 394006, Voronezh, 20 Years of October str., 95. Tel. (4732) 367-836.

Ключевые слова к статье: сложный объект; элемент; комплекс; техническая система; организационно-техническая система; нарушитель; несанкционированная угроза; защита; информационная безопасность; средство; метод; синтез; задача; способ; постановка задачи; эффективность; координация; модель.

Key words: complicated object; an element; a complex; technical system; organizational-technical system; the infringer; not authorized threat; protection; information safety; means; a method; synthesis; a problem; a way; problem statement; efficiency; coordination; model.

УДК 681.326.74.06

ИЗДАНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО ИНСТИТУТА МВД РОССИИ

Международная научно-практическая конференция «Обеспечение законности и правопорядка в странах СНГ»: сборник материалов. — Ч. 1. Юридические науки. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2009. — 357 с.

В сборнике содержатся материалы, представленные на Международной научно-практической конференции «Обеспечение законности и правопорядка в странах СНГ», состоявшейся 19-20 мая 2009 г. Издание представляет интерес для профессорско-преподавательского состава, адъюнктов образовательных учреждений МВД России и сотрудников правоохранительных органов.



А.Ф. Самороковский,
кандидат технических наук



А.С. Меренков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

USING OF THE SOFTWARE FOR AN ESTIMATION OF RADIATING CONDITIONS IN DIVISIONS OF LAW-ENFORCEMENT BODIES

Рассматривается использование компьютерной программы «Оценка радиационной обстановки», разработанной в Воронежском институте МВД России для улучшения качества подготовки курсантов образовательных учреждений МВД России и сотрудников ОВД для действий в кризисных ситуациях.

Using of the computer program «Estimation of radiating conditions», developed in the Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia for improvement of quality of training of cadets of educational institutions of the Ministry of Interior of Russia and employers of Law-enforcement bodies for actions in crisis situations is considered.

В условиях стремительно развивающейся экономики, появления новых видов вооружения, большого количества ядерных объектов военного назначения и радиационно-опасных объектов актуальным является совершенствование методики оценки радиационной обстановки при применении ядерного оружия и авариях на объектах топливно-энергетического комплекса. Сотрудники органов внутренних дел должны уметь точно и правильно оценивать радиационную обстановку в этих условиях, принимать грамотные решения для того, чтобы минимизировать потери личного состава и гражданского населения, а также определить время начала аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Поэтому очень важно уделять большое внимание подготовке сотрудников к действиям в различных кризисных ситуациях. Для повышения качества подготовки курсантов образовательных учреждений МВД России и сотрудников ОВД была создана программа «Оценка радиационной обстановки».

Она является приложением к учебному пособию «Оценка радиационной обстановки» и предназначена для выполнения инженерных задач по расчёту уровней радиации при заражении местности, степени облучения личного состава, определению времени начала безопасных работ на заражённой территории и других действий по оценке радиационной обстановки на заражённой местности.

Программа позволяет производить расчёты при любых значениях параметров ядерного взрыва и радиации, строить графики и схемы в цветном изображении, а результаты вычислений можно показывать на экране монитора и распечатать на принтере.

Оценка радиационной обстановки проводится в два этапа. Вначале выявляется радиационная обстановка в районе дислокации ОВД прогнозированием или по данным разведки, а затем решаются основные задачи, определяющие влияние этой обстановки на действия личного состава ОВД и жизнедеятельность населения.

Перечень основных задач при оценке радиационной обстановки прогнозированием и по данным разведки одинаков.

Особенность оценки заключается в том, что уровни радиации меняются во времени по закону $P_t = P_0 (t/t_0)^{-1,2}$ (рис. 1), где P_t – уровень радиации в момент времени t ; P_0 – уровень радиации через время t_0 после взрыва (рис. 1).

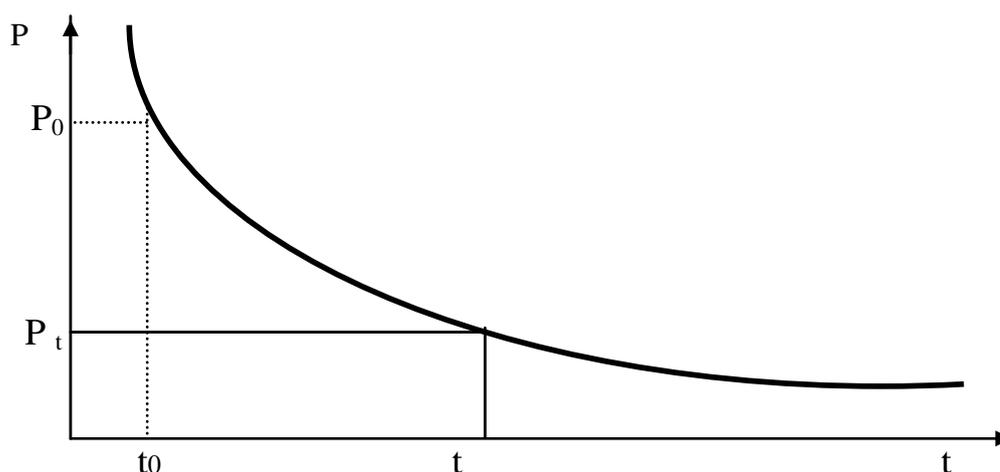


Рис.1. График спада радиационной активности

Методика предполагает использование заранее рассчитанных таблиц и имеет некоторые опорные точки:

- уровень радиации, измеренный через 1 час после взрыва при помощи дозиметра;
- коэффициент спада активности (уровней радиации) через час после взрыва, равный 1,2;
- время от момента взрыва.

Компьютерная программа состоит из двух окон: графика спада радиационной активности и окна выбора задач. В первом окне отображается зависимость уровня радиации от времени, прошедшего с начала взрыва, или схема прогнозируемых зон заражения (по выбору пользователя). Окно выбора задач предназначено для изменения параметров графика спада радиационной активности и выполнения расчётных задач по оценке текущей радиационной обстановки.

Для начала работы с программой следует установить параметры графика спада радиационной активности, соответствующие условию задачи.

Это можно сделать несколькими способами.

Если известен уровень радиации через час после взрыва, то для изменения параметров графика необходимо выполнить следующие действия:

В окне задач выбрать «Ввод уровня радиации через час после взрыва».

Установить уровень радиации (в рад/ч), соответствующий задаче.

Если известны параметры взрыва (тип, мощность взрыва, средняя скорость ветра в точке взрыва) и координаты объекта, относительно которого производится расчёт, то для изменения параметров графика можно произвести построение схемы прогнозируемых зон заражения и отметить на ней местоположение объекта (рис. 2):

В окне задач выбрать «Ввод параметров взрыва» (рис.3).

Установить тип ядерного взрыва, соответствующий задаче.

Установить мощность ядерного взрыва, соответствующую задаче.

Установить среднюю скорость ветра, соответствующую задаче.

Ввести координаты точки относительно центра взрыва, в которой производится измерение, в поля «X» и «Y».

Программа позволяет решать следующие задачи по оценке радиационной обстановки:

Задача № 1 «Определение уровня радиации в укрытии».

При выполнении данной задачи программа отображает уровень радиации в выбранной точке графика в соответствии с коэффициентом ослабления укрытия Косл. (рис. 4):

В окне задач выбрать «Определение уровня радиации в укрытии».

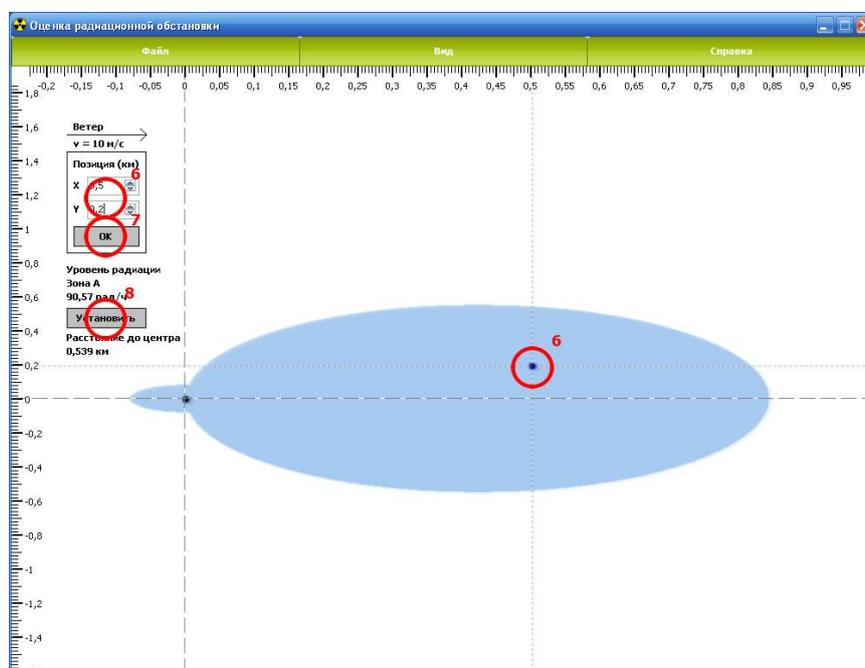


Рис. 2. Изменение местоположения объекта

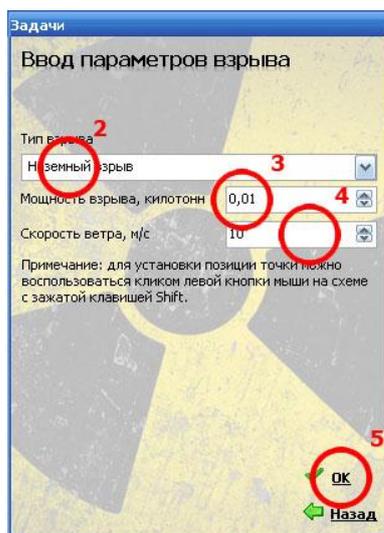


Рис.3. Ввод параметров взрыва

Передвигая оранжевую стрелку на графике спада радиационной активности, можно увидеть уровень радиации в данной точке с учётом коэффициента ослабления укрытия в столбце «Рад». Коэффициенты ослабления показаны в столбце «К.осл.».

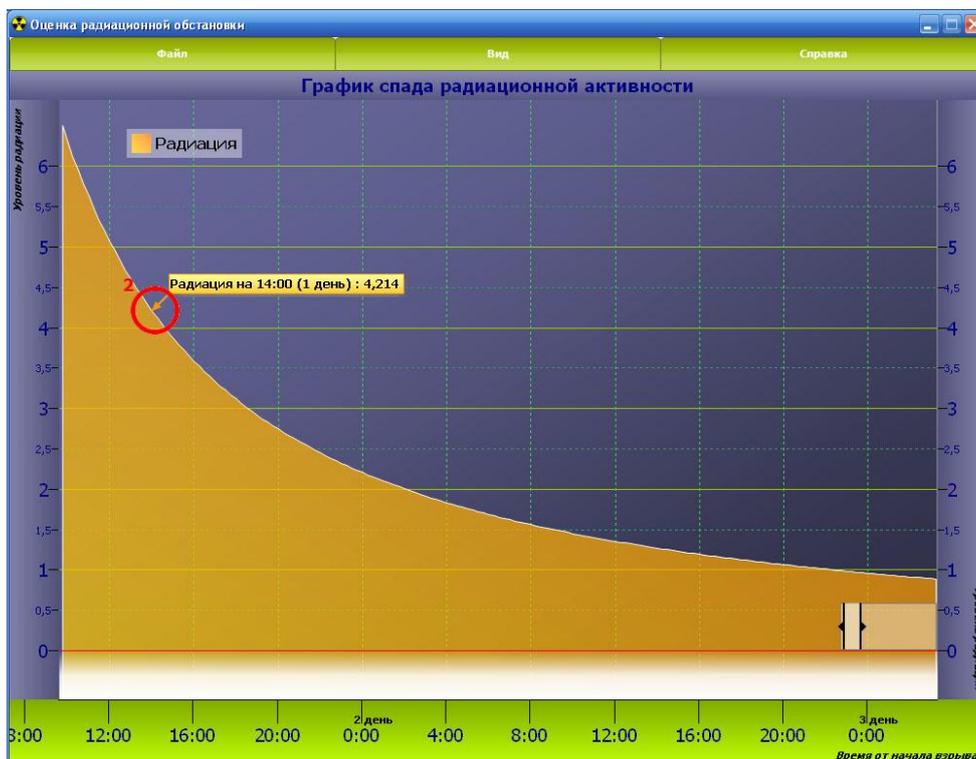


Рис. 4. Установка точки на графике для определения уровня радиации

Задача № 2 «Определение дозы облучения и поражения личного состава».

Производится расчёт дозы облучения, полученной личным составом при нахождении на заражённой территории в течение определённого времени, а также последствий облучения личного состава:

В окне задач выбрать «Определение дозы облучения и поражения личного состава при нахождении на местности (в укрытии)» (рис. 5).

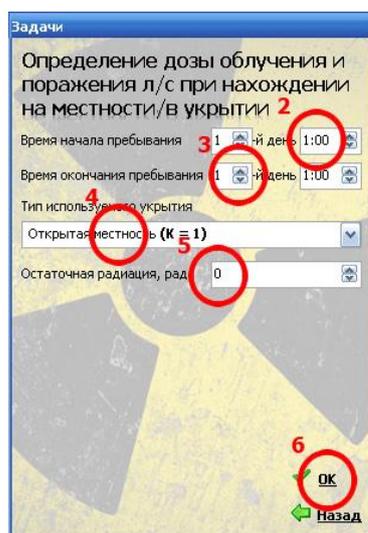


Рис. 5. Определение дозы облучения и поражения личного состава

Ввести время начала пребывания личного состава на заражённой территории, отсчитанное от времени начала ядерного взрыва.

Ввести время окончания пребывания личного состава на заражённой территории, отсчитанное от времени начала ядерного взрыва.

Выбрать тип укрытия, в котором находился личный состав (при отсутствии укрытия выбрать «Открытая местность»).

Если личный состав ранее подвергался воздействию радиации, указать уровень остаточной радиации, иначе установить 0.

Задача №3 «Определение времени начала спасательно-восстановительных работ».

Производится расчёт оптимального времени безопасного начала работ на заражённой территории с учётом максимально допустимого уровня радиации, который может получить личный состав:

1. В окне задач выбрать «Определение времени начала работ».
2. Ввести необходимую продолжительность работ на заражённой территории.
3. Ввести максимально допустимый уровень радиации, который может быть получен личным составом.
4. При работах в укрытии выбрать тип укрытия, иначе выбрать «Открытая местность».

Задача № 4 «Определение потерь личного состава».

При выполнении данной задачи программа отображает процент потерь личного состава (со смертельным исходом) с учётом полученной дозы облучения:

1. В окне задач выбрать «Определение потерь личного состава».

2. Ввести уровень радиации, который был получен личным составом.

Программой также предусмотрена возможность печати графиков, схем и результатов расчётов в доступной и удобной форме (рис. 6).

Доза облучения и поражение личного состава	
Условия	
Радиация через 1 час после взрыва	200 рад/ч
Время начала пребывания	1-й день 1:00
Время окончания пребывания	1-й день 5:30
Тип укрытия	Артиллерия, инженеры, тыл (К = 2)
Остаточная радиация	12 рад
Результат	
Полученная радиация	Лучевая болезнь I степени (157,06 рад)
Степень поражения личного состава	Могут отсутствовать признаки первичной реакции, но у большинства облученных через несколько часов наблюдается тошнота, возможна однократная рвота.

Рис. 6. Результаты расчётов

В настоящее время в подразделениях органов внутренних дел используется компьютерная программа «АРМ «Авария-Радиация»», которая позволяет производить необходимые вычисления для оценки радиационной обстановки. Однако она имеет отдельные недостатки:

1. Отсутствует графическое отображение результатов расчёта.
2. Отсутствует возможность печати результатов.
3. Расчёты могут быть выполнены только по некоторым табличным значениям, причём выбор промежуточных значений произвести невозможно.

Компьютерная программа «Оценка радиационной обстановки» позволяет устранить выше перечисленные недостатки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Положения об организации и ведении гражданской обороны в системе МВД России: Приказ МВД России от 6 октября 2008 года №861.
2. Новиков В.А. Методическое пособие для подготовки офицерского состава по радиационной, химической и биологической защите.— Чита: СВО УВРХБЗ, 2003.
3. Выявление и оценка наземной радиационной обстановки при ядерных взрывах.— М.: РХТУ, 1988.
4. Зайковский И.П. Основы защиты ОВД в системе РСЧС и ГО РФ.— Тверь: ТФМУ МВД России, 2002.
5. Справочник по расчёту поражения объектов ядерным оружием и оценке радиационной обстановки.— Ч. 2. — М.: Воениздат, 1963.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЬИ:

Самороковский Андрей Федорович. Начальник кафедры тактико-специальной подготовки. Кандидат технических наук.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. 8-905-656-16-34.

Меренков Антон Сергеевич. Курсант 4 курса радиотехнического факультета.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. 8-904-211-10-81.

Samorokovskiy Andrey Fedorovich. The chief of the Tactics and Special Training chair.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. 8-905-656-16-34.

Merenkov Anton Sergeevich. The cadet of the 4 year of Radioengineering Department.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. 8-904-211-10-81.

Ключевые слова к статье: компьютерная программа; оценка радиационной обстановки; действия в кризисных ситуациях.

Key words: the computer program; estimation of radiating conditions; action in crisis situations.

ББК 68.516

ИЗДАНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО ИНСТИТУТА МВД РОССИИ

Лазарев И.В. Пассивные радиокомпоненты радиоэлектронных средств: учебное пособие. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2010. — 96 с.

В учебном пособии рассмотрены физические принципы построения, параметры и характеристики пассивных радиокомпонентов (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, трансформаторов, реле и линий задержки), применяемых для изготовления основных узлов радиоэлектронных средств. Приводятся сведения об их стандартизации и маркировке. Учебное пособие предназначено для курсантов высших учебных заведений и соответствует разделам учебной программы «Радиоматериалы и радиокомпоненты» специальности 210302.65 – Радиотехника.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

И. И. Иванов, П. П. Петров, С.С. Сидоров

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Настоящая инструкция одновременно является примером оформления статьи, подготовленной в «Вестник Воронежского института МВД России». В ней содержатся требования, предъявляемые к форматированию текста, оформлению библиографического описания, а также примеры составления ключевых слов и сведений об авторах¹.

Аннотация на английском языке²

1. Статья представляется в одном экземпляре, заверенном подписью автора(-ов) с обратной стороны первой страницы, отпечатанном на одной стороне листов формата А4 (210x297 мм) на лазерном принтере.

Статья должна быть снабжена аннотациями на русском и английском языках. К статье должна быть приложены сведения об авторах на русском и английском языках с указанием Ф.И.О., места работы (название организации в именительном падеже), занимаемой должности, учёной степени, учёного звания и полного почтового (служебного и домашнего) адреса (*пример см. ниже*), а также **адреса электронной почты**.

Статья должна быть снабжена фотографией автора(-ов) со следующими параметрами: формат — ***.tif**, разрешение — **200 dpi** (точек на дюйм), физический размер — **4,5 x 6 см**; иметь в названии файла фамилию автора, *например*: Ivanov.tif.

К статье также прилагается список ключевых слов на русском и английском языках, наиболее полно характеризующий её тематику (*пример см. ниже*). В соответствии с тематикой статьи автором указывается её **УДК**.

Предоставляемая электронная версия статьи в виде файла MS Word в формате ***.doc** должна соответствовать распечатке и включать вышперечисленные сведения об авторе(-ах) и ключевые слова. Файл должен иметь в названии фамилию автора(-ов), *например*: Ivanov.doc, Ivanov-Petrov.doc.

К статье прилагаются следующие сопроводительные документы:

- 1) выписка из протокола заседания кафедры (при ее наличии по месту работы автора) с рекомендацией к опубликованию;
- 2) экспертное заключение об отсутствии сведений, запрещенных к опубликованию в открытой печати, заверенное гербовой печатью учреждения;
- 3) внешняя (по отношению к месту работы автора) рецензия, подготовленная специалистом, имеющим соответствующую научную квалификацию в данной области, заверенная в установленном порядке.

¹ Аннотация к статье на русском языке.

² Аннотация на английском языке составляется автором и приводится в обязательном порядке.

2. Объём статьи не должен превышать:
 - по направлениям «Юриспруденция», «Профессиональная подготовка кадров для органов внутренних дел», «Психология, философия, история органов внутренних дел» — **12 стр.**;

- по направлениям «Радиотехника», «Информационная безопасность» — **9 стр.**

3. Все поля на страницах должны быть одинаковы и равны **25 мм**. Номера страниц не проставляются.

4. Статья должна быть набрана шрифтом нормальной жирности, прямого начертания гарнитуры Times New Roman и с одинарным межстрочным интерлиньяжем (интервалом). Абзацный отступ должен быть одинаков и равен **1,25 см**.

Кегль (размер) основного шрифта должен быть равен:

- для статей по направлениям «Юридические науки», «Гуманитарные науки», «Психология и педагогика» — **14 пунктов**;

- для статей по направлениям «Радиотехнические науки», «Информационная безопасность» — **12 пунктов** (в т.ч. — в формулах, подготовленных при помощи формульного редактора MS Equation).

5. Рисунки и таблицы (кегель используемого шрифта — **12 пунктов**) должны быть размещены в тексте после абзацев, содержащих ссылки на них.

Таблица 1
Заголовок таблицы

Боковик таблицы	Головка таблицы			
	Текст	Текст	Текст	Текст

Размещение таблиц, рисунков, диаграмм, схем и другого иллюстративного материала на страницах с альбомной (горизонтальной) ориентацией не допускается. **Графики, диаграммы не должны иметь сплошную (в т.ч. цветную) заливку.**

Размеры рисунков должны быть по возможности минимальны, но обеспечить их дальнейшее качественное полиграфическое воспроизведение.

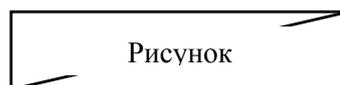


Рис. 1. Название рисунка

Отступ от рисунка до текста сверху и снизу должен быть равен 10 мм. Подрисуночная подпись ставится по центру страницы без абзацного отступа. Рисунки

должны выполняться средствами MS Word, иметь общую группировку всех объектов, входящих в него, быть центрированы относительно полосы набора.

6. Название статьи набирается на русском и английском языках **полужирным шрифтом ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ** без абзацного отступа и центрируется относительно полосы набора.

7. Единицы физических величин должны соответствовать системе единиц СИ. Названия химических элементов в тексте пишутся полностью.

8. Формулы подготавливаются при помощи формульного редактора MS Equation. Нумерация формул осуществляется арабскими цифрами в круглых скобках, выровненными по правому краю текста, *например*:

$$A = B + C : (2K^2 + n_3). \quad (1)$$

9. Нумерация ссылок на литературу осуществляется арабскими цифрами в квадратных скобках, *например*: «Как указано П.П. Петровым [2], данный эффект проявляется при ...».

10. Библиография должна быть оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.05.- 2008 «Библиографическая ссылка». Список использованной литературы, на которую ссылается автор, приводится в конце статьи (*см. пример ниже*). **Сноски (как внизу каждой страницы, так и в конце статьи) не допускаются.**

11. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И.И. Физика. — М.: Наука, 1985. — 167 с. (*указывается автор, место издания, издательство, год выпуска, общее количество страниц в книге*).

2. Математика / под ред. П.П. Петрова. — М.: Высшая школа, 1993. — 125 с. (*указывается, под чьей редакцией осуществлён выпуск издания*).

3. Сидоров С.С., Антонов А.А. Проблемы воспитания несовершеннолетних // Милиция. — 1997. — № 2. — С.25—26. (*указываются авторы, название статьи, сведения об ответственности, периодическое издание (журнал или газета), год выпуска и номер издания, номера страниц, где опубликован материал*).

4. Курс общей физики: учеб. пособие для студентов вузов. — 2-е изд., перераб. — Т. 1. Механика / под общ. ред. П.П. Попова. — М.: Наука, 1987. — 345 с. (*указываются вид многотомного издания и название отдельного тома*)

5. Ковалев К.К. Оборудование с пневмовакуумным приводом: дис. ... канд. техн. наук. — М., 1982. — 212 с. (*ссылка на диссертацию*).

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СВЕДЕНИЙ ОБ АВТОРАХ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ(-АХ) СТАТЬИ³:

Иванов Иван Иванович. Профессор кафедры теоретической физики. Доктор физико-математических наук, доцент.

Воронежский государственный педагогический университет.

E-mail: aspo@vspu.ac.ru

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. Ленина, 86. Тел. (4732) 208-916.

Петров Петр Петрович. Доцент кафедры гражданского, трудового и финансового права. Кандидат юридических наук, доцент.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732) 312-651.

Сидоров Сергей Сергеевич. Преподаватель кафедры организации деятельности подразделений вневедомственной охраны.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Россия, 394065, Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (4732)476-472.

Ivanov Ivan Ivanovich. Professor of the chair of Theoretical Physics. Doctor of sciences (physics and mathematics), assistant professor.

Voronezh State Pedagogical University.

Work address: Russia, 394006, Voronezh, Lenin str., 86. Tel. (4732) 208-916.

Petrov Pyotr Petrovich. Assistant professor of the chair of Civil, Labor and Financial Law. Candidate of sciences (jurisprudence / law), assistant professor.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 312-651.

Sidorov Sergey Sergeyeovich. Lecturer of the chair of Organization of Activity of Non-department Units.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (4732) 315-972.

Ключевые слова к статье: фазоманипулированный сигнал; мешающие сигналы; фазовый детектор; алгоритм обработки.

Key words: phase-manipulated signal; interfering signals; phase detector; processing algorithm.

УДК 517.9 (указывается автором).

Домашний почтовый адрес (полностью)⁴:

Подпись(-и), дата _____ «__» _____ 200__ г.

³ Оформляются на отдельном листе и включаются в состав основного файла. Не входит в объём статьи.

⁴ Сведения о домашнем адресе в «Вестнике» не публикуются.