

Журнал зарегистрирован в  
Министерстве РФ по делам  
печати, телерадиовещания и  
средствам массовой комму-  
никации

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-57975  
от 28 апреля 2014 г.

ISSN 2409-1650

Главный редактор  
Артюшенко  
Владимир  
Михайлович

Над выпуском работали:  
Паршина Ю.С.  
Пирогова Е.В.

Адрес редакции:  
141070, Королев,  
Ул. Октябрьская, 10а  
Тел. (495)543-34-31

При перепечатке любых ма-  
териалов ссылка на журнал  
«Информационно-  
технологический вестник»  
обязательна

Редакция не несет ответ-  
ственности за достоверность  
информации в материалах, в  
том числе рекламных, предо-  
ставленных авторами для  
публикации

Материалы авторам не  
возвращаются  
Подписано в печать  
21.03.2016

отпечатано  
в типографии

издательства  
«Научный консультант»  
г. Москва, Хорошевское шоссе,  
д.35, к.2

Тираж 300 экз.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

Э.М. Аббасов  
**ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ  
МОДЕЛИ СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
ГЕЛИОУСТАНОВКИ.....3**

И.В. Бугай, Н.П. Мацнев  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С  
ПОВЕРХНОСТЬЮ УПРУГОЙ ОБОЛОЧКИ  
ВРАЩЕНИЯ.....15**

Д.В. Пахомов, С.О. Шкарупа  
**ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР С ПАРОПОРШНЕВЫМ  
ДВИГАТЕЛЕМ ДЛЯ КОТЕЛЬНЫХ.....25**

### **РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ**

Т.С. Аббасова  
**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ  
УСТРОЙСТВ ШИРОКОПОЛОСНЫХ  
БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ.....33**

В.Я. Вилисов, О.Н. Борисова, Н.П. Мацнев  
**МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ОБЪЕКТОВ  
НА ИЗОБРАЖЕНИИ.....47**

В.Н. Соляной, А.И. Сухотерин  
**СТАНОВЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
«РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ОБЪЕКТОВ» В СИСТЕМЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО  
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....56**

Е.А. Хуртин  
**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЙ  
ВИРТУАЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ ПРИ  
ПРОВЕДЕНИИ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ НА  
УСТАНОВКЕ NI ELVIS II.....65**

*РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ*

1. *Соколов Сергей  
Викторович*
2. *Райков Александр  
Николаевич*
3. *Фоминский Вячеслав  
Юрьевич*

*РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ*

1. *Дубинин  
Владимир Сергеевич*
2. *Аббасова  
Татьяна Сергеевна*
3. *Разумовский  
Игорь Михайлович*
4. *Посеренин  
Сергей Петрович*
5. *Бахур  
Андрей Борисович*
6. *Васильев  
Николай Александрович*
7. *Логачева  
Алла Игоревна*
8. *Вокин  
Григорий Григорьевич*
9. *Самаров Ким Леонидович*
10. *Стреналюк  
Юрий Вениаминович*
11. *Щурин  
Константин  
Владимирович*

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И  
УПРАВЛЕНИЕ**

М.Ю. Неустроев  
**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ  
ОБРАЩЕНИИ В ЦЕНТР ОБРАБОТКИ ВЫЗОВОВ....73**

Ю.В. Стреналюк  
**ТИПОВАЯ ФОРМАЛИЗОВАННАЯ  
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ В  
ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....83**

С.О. Цвырко, А.В. Бессонов  
**СОЗДАНИЕ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО  
КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НАРУШИТЕЛЯ.....91**

УДК 629.7

## **Проверка адекватности компьютерной модели следящего электропривода гелиоустановки**

**Э.М. Аббасов**, доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Разработана компьютерная модель следящего электропривода гелиоустановки в среде MatLab Simulink; проведены экспериментальные исследования изготовленного действующего макета следящего электропривода гелиоустановки; показано, компьютерная модель адекватна, так как предсказанные с помощью модели точностные и нагрузочные показатели отличаются от экспериментальных значений не более чем на 15%.*

Компьютерное моделирование, амплитудно-частотные характеристики, экспериментальные исследования.

## **Computer models verify the adequacy of follow-up motors, solar thermal system**

**E.M. Abbasov**, Ph.D., Associate Professor,

State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*A computer model of solar tracking actuator in the medium MatLab Simulink; experimental studies made operable second layout tracking solar electric; It shows a computer model Adek-wadded, as predicted by the model accuracy and performance of the load-differ from the experimental values by no more than 15%.*

Computer simulation, the amplitude-frequency-characterized tics, experimental studies.

Для проверки адекватности компьютерной модели осуществляется процедура верификации. Выходные данные после расчета на компьютере сопоставляются с имеющимися статистическими сведениями о моделируемом объекте или процессе управления. При моделировании проверяется адекватность (соответствие модели моделируемому объекту или процес-

су) по тем свойствам модели, которые сформулированы в постановке задачи исследования [1,2]. Адекватность модели можно проверить с помощью специально разработанных методов расчета, тестирования или проведения экспериментальных исследований.

В работах [3,4] описана разработка электромеханической и структурной схемы следящего электропривода гелиоустановки (СЭП ГУ).

При разработке и дальнейшем исследовании компьютерной модели СЭП ГУ и проверки ее адекватности необходимо учитывать, что в следящем электроприводе гелиоустановки (СЭП ГУ) основной нелинейностью является кинематический люфт. В общем виде условие линейности СЭП ГУ можно записать в виде:

$$|M_{кц.}| = \left| M_{тр.} \pm M_{ветр.} \pm J_{у.в.} \cdot \frac{d\omega_{у.в.}}{dt} \right| \geq M_{мин} \quad (1)$$

где  $M_{кц.}$  – крутящий момент, передаваемый по кинематической цепи, Н·м;  $M_{тр.}$  – суммарный момент вязкого и сухого трения на исполнительном валу, Н·м;  $M_{ветр.}$  – момент ветровой нагрузки на исполнительном валу; Н·м;  $J_{у.в.}$  – момент инерции исполнительного механизма, кг·м<sup>2</sup>;  $\omega_{у.в.}$  – угловая скорость исполнительного вала, рад/с.

Для исследования процесса слежения однодвигательного редукторного СЭП при воздействии возмущения по нагрузке использован метод планирования эксперимента второго порядка для трех факторов.

На рисунке 1 показан общий вид желаемой логарифмической амплитудно-частотной характеристики исследуемого СЭП гелиоустановки с астатизмом второго порядка.

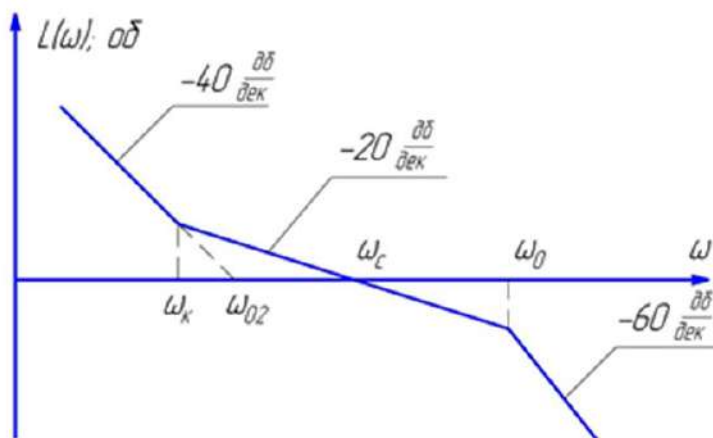


Рисунок 1 – Вид желаемой ЛАЧХ исследуемого СЭП

Динамические свойства, устойчивость, точностные показатели СЭП определяются основными общеструктурными частотами  $\omega_k$ ,  $\omega_{02}$ ,  $\omega_p$ , и  $\omega_2$ . Эти частоты связаны с параметрами СЭП следующим образом:

$$\omega_k = \frac{1}{T_{к1}}$$

$T_{к1}$  – стабилизирующая частота регулятора положения, рад/с;  
 $T_{к1}$  – основная стабилизирующая постоянная времени регулятора положения;

$\omega_{02} = \sqrt{D_{уск}}$  – стабилизирующая частота регулятора положения, рад/с;  $\omega_p$  – граничная частота для высокочастотного участка ЛАЧХ, на которой фаза скоростной подсистемы равна  $-90^\circ$ , рад/с;  $\omega_2$  – частота свободных колебаний исполнительного механизма при заторможенном вале двигателя, рад/с;  $\omega_c$  – частота среза, рад/с.

Соотношения базовых частот для желаемой ЛАЧХ регламентированы. Для линейного СЭП по условию минимальной колебательности при заданной полосе пропускания оптимальными будут следующие соотношения:

$$\frac{\omega_k}{\omega_{02}} \approx 0,6 \div 0,7; \dots \frac{\omega_2}{\omega_{02}} \approx 3,8 \div 4,9 ..$$

В процессе эксперимента частота свободных колебаний исполнительного механизма при заторможенном вале двигателя  $\omega_2$  менялась согласно плану эксперимента:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{C_{к.ц.}}{J_{и.в.}}}, \quad (2)$$

где  $C_{к.ц.}$  – механическая жесткость кинематической цепи,  $J_{и.в.}$  – момент инерции исполнительного вала.

Основные условия проведения эксперимента таковы. На исполнительный вал непрерывно воздействует имитация ветровой нагрузки. Цикл «флюктуация ветра» неизменно повторяется во всех опытах. Скорость объекта слежения принята равной нулю. В идеальном случае исполнительный вал неподвижен. Нелинейный СЭП обрабатывает лишь возмущающие воздействия по нагрузке.

Параметры системы, такие как  $\beta_{тр.в.}$ ,  $K_\delta$ ,  $T_p$ , были взяты в результате литературного обзора, как оптимальные для данной системы СЭП ГУ.  $K_{дк}$  и  $T_{дк}$  были подобраны опытным путём. Остальные – согласно плану эксперимента.

За основу компьютерной модели СЭП ГУ, приведенной на рисунке 2, была принята математическая модель универсального СЭП ГУ по структурной схеме, разработанной в [4].

В состав аналитических зависимостей, аппроксимирующих функции отклика, входят три определяющих показателя системы: парусность  $K$ , частота свободных колебаний исполнительного механизма при заторможенном вале двигателя  $\omega_2$  и относительная величина кинематического люфта  $\Delta\varphi_{к.ц.}^*$ .

Парусность  $K$ :

$$K = \frac{M_H}{J_{И.В.}} \quad (3)$$

где  $M_H$  – номинальный момент на валу двигателя;  $J_{И.В.}$  – момент инерции исполнительного вала.

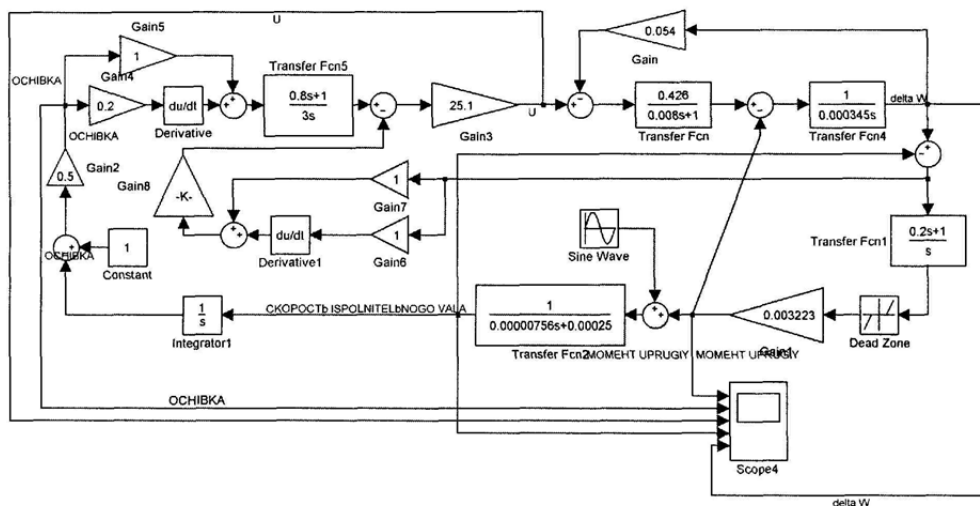


Рисунок 2 – Компьютерная модель СЭП ГУ в системе физико-математического моделирования MatLab&Simulink

Частота свободных колебаний исполнительного механизма при заторможенном бале двигателя  $\omega_2$ :

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{C_{К.Ц.}}{J_{И.В.}}}, \quad (4)$$

где  $C_{К.Ц.}$  – механическая жёсткость кинематической цепи.

Относительная величина кинематического люфта:

$$\Delta\varphi_{К.Л.}^* = \frac{\Delta\varphi}{\omega_H} \quad (5)$$

где  $\Delta\varphi$  – кинематический люфт;  $\omega_H$  – номинальная скорость двигателя.

Факторы варьировались следующим образом. Для изменения частоты свободных колебаний исполнительного механизма при заторможенном вале двигателя менялись  $C_{К.Ц.}$  – механическая жёсткость кинематической цепи и параметры пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора положения – постоянные времени  $T_o$  и  $T_{KI}$ . Параметр  $T_o$  рассчитывался по формуле:

$$T_o = \frac{14,4 \cdot K_\delta K_c}{\omega_2^2} \quad (6)$$

Основная стабилизирующая постоянная времени рассчитывалась по формуле:

$$\frac{1}{T_{K1}} = \omega_K = 0,75 \cdot \frac{\omega_2}{3,8} \quad (7)$$

Малая постоянная времени регулятора положения  $T_{K2}$  оставалась без изменения на всех уровнях частоты свободных колебаний исполнительного механизма при заторможенном валу двигателя. Параметр  $T_{K2}$  определяет свойства регулятора по компенсации инерционности контура скорости, который неизменен во всех опытах эксперимента.

Пределы варьирования  $\omega_2$  соответствующие  $\pm 1$  плана эксперимента.

$$\omega_{2(-1)}=5 \text{ рад/с}; \quad \omega_{2(1)}=17 \text{ рад/с.}$$

Коэффициент парусности  $K$  варьировался за счет изменения момента инерции на исполнительном валу:

$$K_{(-1)}=5000 \text{ Н/кг}\cdot\text{м}; \quad K_{(1)}=13000 \text{ Н/кг}\cdot\text{м.}$$

Третий фактор – относительный кинематический люфт варьировался в пределах:  $\Delta\varphi_{к.л.(-1)}^*=0,01$  (с);  $\Delta\varphi_{к.л.(1)}^*=0,07$  (с).

Область планирования эксперимента представлена в таблице 1.

**Таблица 1 – Пределы изменения варьируемых факторов**

Варьируемые факторы	$K = \frac{M_H}{J_{И.В.}}$	$\omega_2 = \sqrt{\frac{C_{к.л.}}{J_{у.в.}}}$	$\Delta\varphi_{к.л.}^* = \frac{\Delta\varphi}{\omega_H}$
Базовый уровень	9000	11	0,04
Шаг варьирования	4000	6	0,03
Верхний уровень	13000	17	0,07
Нижний уровень	5000	5	0,01

Кодированные значения факторов связаны с истинными значениями факторов соотношениями:

$$X_i = \frac{x_i - x_{icp}}{x_i - x_{i\min}} = \frac{x_i - x_{icp}}{x_{i\max} - x_{icp}} = \frac{2x_i - x_{i\max} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (8)$$

где  $X_i$  – кодированное значение фактора;  $x_i$  – истинное значение

фактора;  $x_{imax}$  – максимальное истинное значение фактора;  $x_{imin}$  – минимальное истинное значение фактора;  $x_{icp}$  – среднее истинное значение фактора.

В работе использован известный ортогональный центрально-композиционный план (ОЦКП) второго порядка – для трех факторов. Согласно плану, проведено 15 опытов при различном сочетании значений варьируемых факторов  $K$ ,  $\omega_2$ ,  $\Delta\varphi_{к.л.}^*$ .

Осциллограммы процессов слежения в модели СЭП с кинематическим люфтом для каждого из опытов обработаны математически.

В каждом опыте определялись: величина среднеквадратичной ошибки  $\delta_{ср.кв}$ , максимальное амплитудное значение ошибки  $\delta_{макс}$ , отношение максимального упругого момента кинематической цепи к максимальному ветровому моменту за цикл  $M_{у.макс}/M_{в.макс}$ .

В качестве примера ниже на рисунке 3 приведена осциллограмма одного из опытов и обработка его результатов.

При обработке данных опыта № 1 варьируемые факторы опыта:

$$K=5000 \text{ Н/кг}\cdot\text{м}; \omega_2=5 \text{ рад/с}; \Delta\varphi_{к.л.}^*=0,01 \text{ (с)}.$$

После проведения всех запланированных экспериментов и получения опытных значений средних квадратов и амплитуд ошибок, а так же относительных величин максимальных упругих моментов в результате подстановки в формулы позволяет получить аналитические выражения для этих величин в следующем виде.

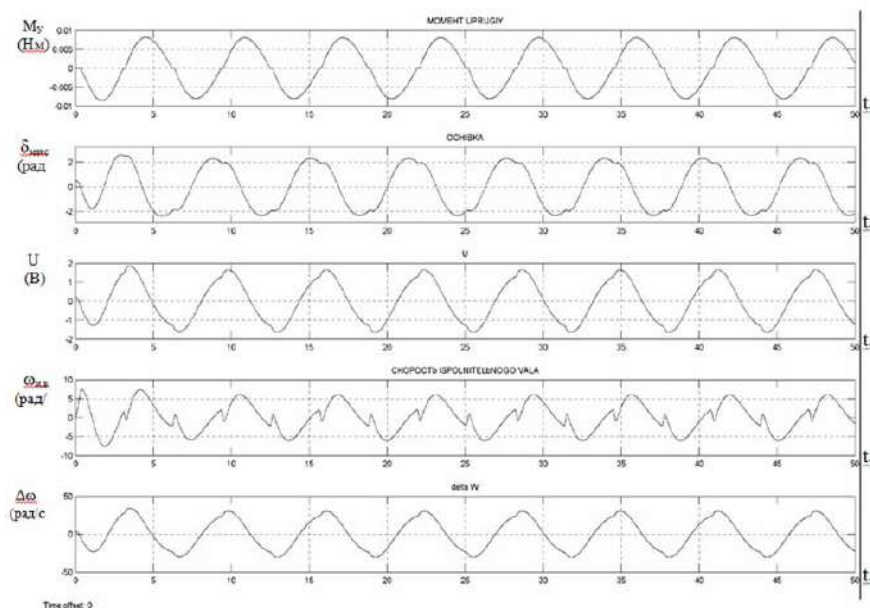


Рисунок 3 – Осциллограмма № 1



Относительная среднеквадратичная величина ошибки:  

$$Y'_{\delta_{\text{ср.кв.}}} = (\delta_{\text{ср.кв.}} / \omega_n) = 8,095 \cdot 10^{-4} + 1,76 \cdot 10^{-4} x_1 - 6,72 \cdot 10^{-4} x_2 + 1,563 \cdot 10^{-4} x_3 + 1,935 \cdot 10^{-4} (x_1^2 - 0,73) + 3,525 \cdot 10^{-4} (x_2^2 - 0,73) + 2,063 \cdot 10^{-4} (x_3^2 - 0,73) - 2,164 \cdot 10^{-4} x_2 x_1 + 7,5 \cdot 10^{-6} x_3 x_1 + 7,832 \cdot 10^{-5} x_2 x_3$$

(3.26) Относительная величина амплитуды ошибки:  

$$Y'_{M_{y,\text{макс}}} = (\delta_{\text{макс}} / \omega_n) = 4,626 \cdot 10^{-3} + 2,101 \cdot 10^{-3} x_3 - 4,902 \cdot 10^{-3} x_2 + 1,36 \cdot 10^{-3} x_3 + 2,706 \cdot 10^{-3} (x_1^2 - 0,73) + 2,82 \cdot 10^{-3} (x_2^2 - 0,73) + 2,239 \cdot 10^{-3} (x_3^2 - 0,73) - 2,794 \cdot 10^{-3} x_2 x_1 + 5,275 \cdot 10^{-5} x_3 x_1 - 9,312 \cdot 10^{-4} x_2 x_3$$

Относительная величина максимального упругого момента приведенного к максимальному ветровому моменту:

$$Y'_{M_{y,\text{макс}}} = (M_{y,\text{макс}} / M_{B,\text{макс}}) = 1,187 + 0,22x_1 - 0,209x_2 + 0,117x_3 + 0,104(x_1^2 - 0,73) + 0,202 \cdot (x_2^2 - 0,73) + 0,131(x_3^2 - 0,73) - 0,121x_2x_1 - 0,038x_3x_1 - 0,066x_2x_3$$

Погрешность в определении величины ошибки слежения в 23% является вполне допустимой при оценке точностных возможностей проектируемого СЭП гелиоустановки.

Пример зависимостей относительной максимальной и среднеквадратичной ошибки от варьируемых факторов приведен на рисунке 4.

Проведены экспериментальные исследования следящего электропривода гелиоустановки.

В случаях, когда рассчитанные для однодвигательного СЭП точностные показатели или ударные нагрузки не удовлетворяют техническим требованиям проектируемой ГУ, необходимо компенсировать кинематический люфт. Способы компенсации могут быть механические или электрические.

В рабочем режиме следящий электропривод работает на незначительном участке пеленгационной характеристики в начале координат. Величина рабочего участка составляет 2% от линейной зоны пеленгационной характеристики. Это позволяет повысить точность слежения на 12% по сравнению с ранее применяемыми устройствами. Разработанный универсальный однодвигательный СЭП без компенсации кинематического люфта с определением оптимальных параметров механической части позволяет снизить стоимость ГУ на 25% от первоначальной проектной стоимости.

На рисунке 5 представлена принципиальная электрическая схема универсальной системы управления ГУ.

Система управления включает в себя три дополнительных платы:

- схема стабилизации тока и напряжения АБ – плата П1;
- схема следящего электропривода – плата П2;

- схема автоматического контроля следящего электропривода при недостаточном уровне солнечной радиации – плата ПЗ.

Адекватность компьютерной модели СЭП ГУ и достоверность полученных регрессий среднеквадратичной и амплитудной ошибок слежения, а также упругого момента, проверялась при помощи эксперимента на действующем макете СЭП ГУ. Электромеханическая и структурная схемы экспериментального СЭП соответствуют аналогичным схемам компьютерной модели. Определяющие обобщенные параметры экспериментального СЭП имеют следующие значения:

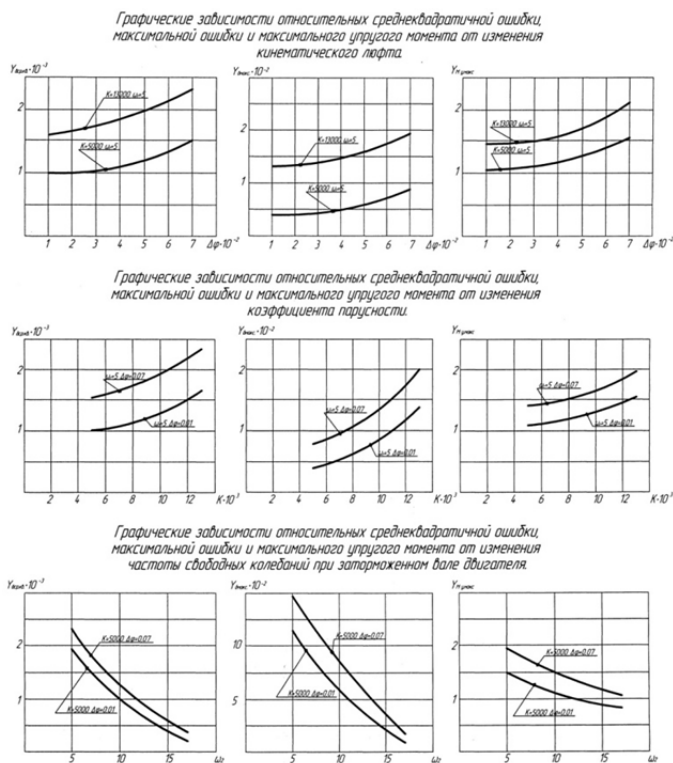
Парусность исполнительного механизма:

$$K = \frac{M_{В.МАКС}}{J_{И.В.}} = 5000 \frac{Н}{кг \cdot м}.$$

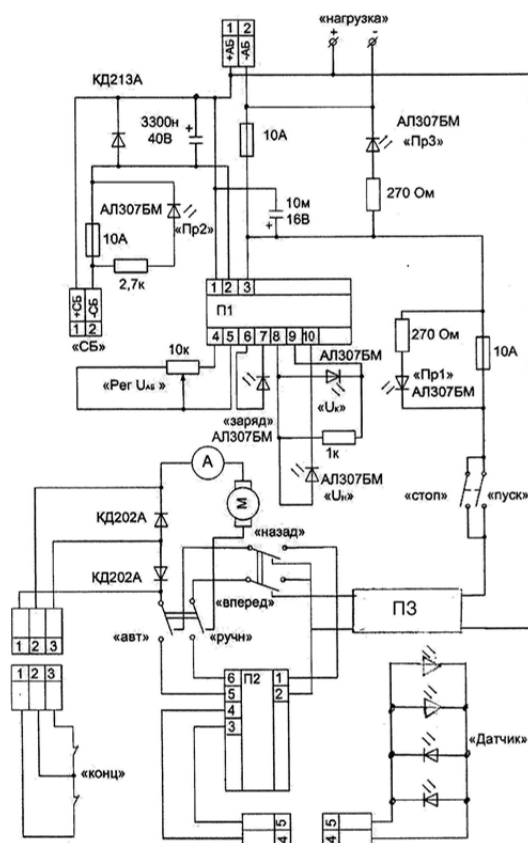
Угловая частота свободных колебаний исполнительного вала  $\omega_2 = 5$  рад/с.

Относительная величина кинематического люфта:

$$\Delta \varphi_{К.Л.}^* = \frac{\Delta \varphi_{К.Л.}}{\omega_H} = 0,07 \text{ с}.$$



**Рисунок 4 – Зависимости относительной среднеквадратичной и максимальной ошибок и максимального упругого момента от варьируемых факторов**



**Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема универсальной системы управления гелиоустановкой**

Для получения действительных значений среднеквадратичной и амплитудной величин ошибки и максимального упругого момента к исполнительному валу прикладывался синусоидально изменяющийся момент нагрузки, вырабатываемый нагрузочным устройством.

Максимальное амплитудное значение нагрузочного момента равно одной десятой номинального момента двигателя слежения. Частота изменения момента нагрузки составляет  $\nu=1,2$  рад/с.

Процесс слежения в экспериментальном СЭП с кинематическим люфтом при синусоидальном изменении момента нагрузки показан на рисунке 6.

Из осциллограммы процесса (рисунок 6) следует, что интересующие нас величины ошибок имеют значения:  $\delta_{ср.кв.}=3,2$  рад;  $\delta_{макс.}=4,6$  рад (величины приведены к валу двигателя). Они отличаются от предсказанных аналитически на 10÷15 процентов.

Значение максимального упругого момента снималось с тензодат-

чика, расположенного на исполнительном валу. Действительное значение максимального упругого момента, приведенного к валу двигателя слежения составляет  $M_{у.макс.}=0,01$  Нм, что примерно соответствует расчетному значению, полученному аналитическим путем и равному  $0,011$  Нм.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что компьютерная модель универсального следящего электропривода (СЭП) гелиоустановки (ГУ) адекватна.

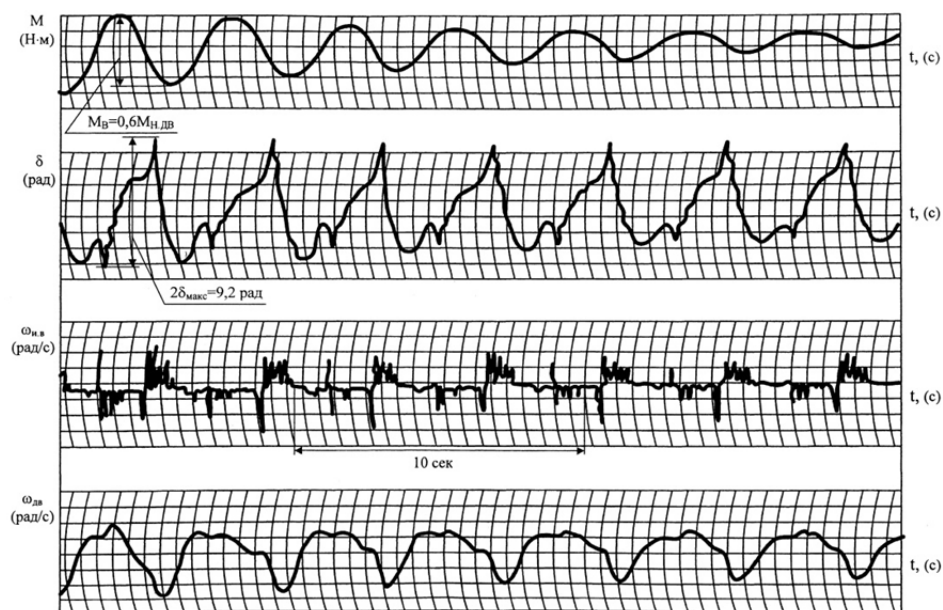


Рисунок 6 – Процесс слежения в экспериментальном СЭП с кинематическим люфтом при синусоидальном изменении нагрузки на исполнительном валу

При улучшении точностных и нагрузочных характеристик улучшается КПД ГУ, качество энергии, полученной путем преобразования из солнечной энергии, экономическая эффективность использования возобновляемых источников энергии, КПД использования программных средств моделирования [5...16].

### Выводы

На основании разработанной компьютерной модели с использованием метода планирования эксперимента получены аналитические и графические зависимости для амплитудных и среднеквадратических величин ошибки, а также ударных моментов нагрузки, возникающих в однодвигательном СЭП с кинематическим люфтом, при среднестатистической ветровой нагрузке. Показано, что существенное влияние на динамические свойства и точностные показатели оказывают кинематический люфт, парусность и частота собственных колебаний исполнительного механизма.

Проведены экспериментальные исследования изготовленного действующего макета СЭП ГУ. Аналитически предсказанные по полученным регрессиям точностные и нагрузочные показатели отличаются от экспериментальных значений не более чем на 15%. Компьютерная модель адекватна. Полученные регрессии действительны.

*Литература*

1. Артюшенко, В. М. Условия эффективного применения виртуальных лабораторий для инженерного образования: сб. тр. по материалам II-ой международной научно-практической Интернет-конференции «Инновационные технологии в современном образовании» 19.12.2014 / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, А. Э. Аббасов / Королев МО, Финансово-технологическая академия, ФТА: Изд-во «Алькор Паблшерс». – 2015. – с. 12-19 (456 с.).
2. Аббасов, А. Э. Оптимизация параметров моделируемых устройств / Инновационные аспекты социально-экономического развития региона / А. Э. Аббасов / сб. тр. по материалам V ежегодной научной конференции аспирантов ФТА. – Королев МО. – 18.12.2014. – С. 10-19.
3. Овсянников, Е. М., Пшеннов, В. Б., Аббасов, Э. М. Расчет гелиоустановки с концентрацией лучистого потока энергии / Е. М. Овсянников, В. Б. Пшеннов, Э. М. Аббасов // Промышленная энергетика. – № 8. – М.: НТФ «Энергопресс». – 2008. – с.46-48.
4. Аббасов, Э. М., Аббасова, Т. С. Исследование структуры и условий работы следящих электроприводов гелиоустановок / Э. М. Аббасов, Т. С. Аббасова // Промышленная энергетика. – 2011. – № 1. – с. 45-49.
5. Аббасова, Т. С. Повышение качества регулирования мощности в системе электроснабжения с солнечной батареей / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – № 2. – т.6. – С. 3-10.
6. Аббасова, Т. С. Оценка влияния КПД гелиоустановки на экологические и экономические показатели / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2011. – № 2. – т. 7, с. 3-9.
7. Аббасова, Т. С. Оптимизация схемы электропитания вычислительного оборудования / Т. С. Аббасова // Нелинейный мир. – 2011. – №3. – т. 9. – с. 137-144.
8. Аббасова, Т. С. Повышение эффективности систем преобразования солнечной энергии / Т. С. Аббасова // Электротехнические комплексы и системы управления, 2011. – №3. – с. 38-44.
9. Аббасова, Т. С. Резервирование электропитания вычислительного оборудования электротехнических комплексов / Т. С. Аббасова //

- Электротехнические комплексы и системы управления. – 2011. – № 4. – с. 35-40.
10. Аббасова, Т. С. Гелиоустановки для автономных объектов / Т. С. Аббасова // Мир транспорта. – 2012. – №1 (39). – с. 42-51.
  11. Аббасова, Т. С. Система наведения концентратора на солнце / Т.С. Аббасова // Мир транспорта. – 2012. – №3 (41). – с. 44-53.
  12. Аббасова, Т. С. Оценка эффективности средств управления отбором энергии от гелиоэлемента и согласования его с нагрузкой / Т. С. Аббасова // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2013. – №1. – с. 32-36.
  13. Овсянников, Е. М., Аббасов, Э. М., Аббасова, Т. С. Техно-экономический анализ использования систем преобразования солнечной энергии в другие виды энергии / Е. М. Овсянников, Э. М. Аббасов, Т. С. Аббасова // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2013. – № 3. – с. 2-6.
  14. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. On-line расчет показателей качества электроэнергии в режиме реального времени / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова // Мир транспорта. – 2013. – № 1 (39). – С. 18-23.
  15. Аббасова, Т. С. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии для информационно-вычислительных комплексов и управляющих систем / Т. С. Аббасова, Н. П. Сидорова, Н. В. Логачева // Вопросы региональной экономики. – № 4. – 2015. – с. 167-177.
  16. Аббасов, А. Э. Оценка качества программного обеспечения для современных систем обработки информации / А. Э. Аббасов, Т. Э. Аббасов // Информационно-технологический Вестник. – № 3(05). – 2015. – с. 15-27.

УДК 501

## **Математическое моделирование взаимодействия излучения с поверхностью упругой оболочки вращения**

**И.В. Бугай**, к.т.н., доцент кафедры  
Математики и естественнонаучных дисциплин,  
**Н.П. Мацнев**, к.т.н., доцент кафедры  
Математики и естественнонаучных дисциплин,  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Предлагается расчетная модель для исследования теплового и механического действий потоков излучений различной физической природы на тонкостенные многослойные конструкции летательных аппаратов. Предполагается, что эти действия могут быть сведены к неравномерному нагреву конструкции, изменению ее толщины и формированию на поверхности нестационарного профиля давления. Приводятся результаты расчетов совместного теплового действия потоков излучений и нестационарного давления на свободно-опертую по контуру ортотропную панель.*

Расчет, нестационарное деформирование, композитные оболочки, механическое и тепловое действия излучений.

## **Mathematical modeling of interaction of radiation with surfaces of the elastic rotating shell**

**I.V. Bugay**, Ph.D., Associate Professor Department of Mathematics and Natural Sciences State,  
**N.P. Matsnev**, Ph.D., Associate Professor Department of Mathematics and Natural Sciences State,  
State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*It is proposed to design a model for the study of the thermal and mechanical action of the flow of radiation of different physical nature in the multilayer thin-walled design of aircraft. It is expected that these actions can be reduced to the uneven heating of the structure, changing its thickness and the formation on the surface of a non-stationary pressure profile. The results of calculations*

*of the joint action of thermal radiation fluxes and non-stationary pressure freely supported along the contour of orthotropic plate.*

The calculation, time-dependent deformation, composite shell, mechanical and thermal effects of radiation.

Расчеты теплового и механического действий, а также деформирования и разрушения конструкции, могут проводиться независимо. Это позволяет свести проблему прогнозирования последствий воздействия излучений к решению трех относительно независимых задач: тепловой (расчету температурного профиля и уноса), газодинамической (расчету толщин отколов и пространственно-временных характеристик нагрузки при механическом действии) и прочностной (расчету на динамическую прочность к нестационарной нагрузке прогретой конструкции переменной толщины).

Разработанный комплекс программ использует многообразный набор данных по свойствам материалов, входящих в многослойную преграду. Удобство и автономность использования обеспечиваются разработанной проблемно-ориентированной базой данных с адаптированным к комплексу программ интерфейсом. Существенным моментом этого комплекса является универсальное использование этих данных для расчета по различным программам, входящим в комплекс и существенно различающихся по предположениям и физическим процессам, которые они моделируют. Ввод новых данных в базу сопровождается комментарием о том, в какой последовательности, для какой группы данных осуществляется ввод и в каких единицах должны вводиться данные.

Такой подход с использованием унифицированной базы данных существенно облегчает подготовку данных для конкретных расчетов, уменьшает количество ошибок, неизбежно возникающих при традиционной системе ввода требующейся информации.

#### **Расчет параметров теплового и механического действий излучений**

*Тепловое действие.* Взаимодействие излучений может вызывать различные физико-химические превращения (ФХП). Так как теплофизические свойства связующего и наполнителя конструкционных композитов в большинстве случаев отличаются друг от друга, то и характер их теплового разрушения будет существенно различным. Поэтому математическая модель теплового действия потоков энергии должна учитывать структуру материала. Такой моделью, в частности, является модель слоистого композита [1, 2], где имеются два источника слоистости: физический (наполнитель и связующее имеют свой характер разрушения; однородный материал расслаивается при переходе его части в другое фазовое состояние) и



конструкционный (пакеты преграды состоят из разнородных материалов – слоев).

Уравнение переноса энергии твердой фазы с учетом ФХП и переноса тепла газовым потоком продуктов разложения связываются для каждого подслоя материала. Система этих уравнений с соответствующими граничными и начальными условиями решается методом конечных разностей по неявной схеме [5]. Полученная система нелинейных алгебраических уравнений решается итерационным методом Ньютона, а на каждом шаге итерации для трехдиагональной системы линейных уравнений применяется метод прогонки [5]. Для контроля устойчивости и точности счета в процессе вычислений проверялось выполнение закона сохранения энергии. Для проверки правильности численного алгоритма и программ, реализующих модель нагрева и теплового разрушения композитных материалов при многократном воздействии потоков излучений, проводилось тестирование на ряде задач, имеющих аналитическое решение [6].

*Механическое действие.* Для расчета параметров действия потоков излучений допустимо использование одномерной плоской модели [3], которая основана на численном решении нестационарных уравнений механики сплошной среды. Используемая система уравнений движения, траектории частиц, неразрывности и энергии позволяет единым образом описать процессы в конденсированном и газообразном состояниях вещества. Эта система уравнений дополняется широкодиапазонными уравнениями состояния [7], определяющими уравнениями деформирования и разрушения, а также моделями пористости [8]. Особое внимание при реализации программы расчета волновых процессов было уделено ее адаптации к определяющим уравнениям состояния гетерогенных защитных покрытий, построенным методом элементарной ячейки [9].

Для численного решения полученная система уравнений аппроксимируется явной консервативной конечно - разностной схемой [10]. Все сеточные функции состояния (внутренняя энергия, давление и удельный объем) определяются в центрах расчетных ячеек, а скорости и координаты частиц отнесены к их границам. В случае равномерной сетки рассматриваемая конечноразностная схема имеет второй порядок точности по обеим переменным и условно устойчива.

#### **Модель многослойной ортотропной упругой оболочки вращения**

Уравнения движения оболочки вращения записываются в следующем виде (где:  $s$  – координата вдоль образующей поверхности приведения;  $\varphi$  – угловая координата) [11]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial(RN_s)}{\partial s} + \frac{\partial N_{\varphi s}}{\partial \varphi} - \frac{dR}{ds} N_{\varphi} + k_1 R Q_s = m_{sh} R \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial N_{\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial(RN_{s\varphi})}{\partial s} + \frac{dR}{ds} N_{\varphi s} + k_2 R Q_{\varphi} = m_{sh} R \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \\ \frac{\partial(RQ_s)}{\partial s} + \frac{\partial Q_{\varphi}}{\partial \varphi} - R(k_1 N_s + k_2 N_{\varphi}) + p(s, \varphi, t) = m_{sh} R \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \\ Q_s = \frac{1}{R} \frac{\partial(RM_s)}{\partial s} + \frac{1}{R} \frac{\partial M_{\varphi s}}{\partial \varphi} - \frac{dR}{R ds} M_{\varphi}, \\ Q_{\varphi} = \frac{1}{R} \frac{\partial M_{\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{1}{R} \frac{\partial(RM_{s\varphi})}{\partial s} + \frac{dR}{R ds} M_{\varphi s}, \\ k_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{d\theta}{ds} \quad k_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{\cos(\theta)}{R}, \quad \theta = \text{arctg} \left( \frac{d^2 X / ds^2}{d^2 R / ds^2} \right), \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $N_s, N_{\varphi}, N_{s\varphi}, N_{\varphi s}$  – усилия,  $M_s, M_{\varphi}, M_{s\varphi}, M_{\varphi s}$  – моменты,  $Q_s, Q_{\varphi}$  – перерезывающие силы в поверхности приведения, отнесенные к единице длины дуг соответствующих координатных линий;  $R(s)$  – радиус кривизны параллельного круга;  $\theta$  – угол между радиусами кривизны нормального сечения и параллельного круга;  $X=X(s), R=R(s)$  – параметрическое задание образующей оболочки вращения,  $p(s, \varphi, t)$  – давление механического действия потоков излучения.

Напряжения в слое ортотропной оболочки на расстоянии  $z$  от поверхности приведения записываются в виде [12]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_s = \frac{E}{1-\nu^2 - g^2} [(1+g)(\varepsilon_s + \kappa_s z) + \nu(\varepsilon_{\varphi} + \kappa_{\varphi} z)], \\ \sigma_{\varphi} = \frac{E}{1-\nu^2 - g^2} [(1-g)(\varepsilon_{\varphi} + \kappa_{\varphi} z) + \nu(\varepsilon_s + \kappa_s z)], \\ \sigma_{s\varphi} = \sigma_{\varphi s} = \frac{E}{2(1+\psi)} [\omega + \tau z], \end{array} \right. \quad (2)$$

где приведенные модуль Юнга  $E$ , коэффициент Пуассона  $\nu$  и поправочные коэффициенты  $g, \psi$  определяются по известным характеристикам ортотропного материала  $E_1, E_2, \nu_{12}, \nu_{21}, G_{12}$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\nu_{12}}{E_1} = \frac{\nu_{21}}{E_2} = \frac{\nu}{E}, \\ \frac{1}{E_1} = \frac{1-\mathcal{G}}{E}, \\ \frac{1}{E_2} = \frac{1+\mathcal{G}}{E}, \\ \frac{1}{G_{12}} = \frac{2(1+\psi)}{E}, \end{array} \right. \quad \text{откуда} \quad \left\{ \begin{array}{l} E = \frac{2 E_1 E_2}{E_1 + E_2}, \\ \nu = \frac{E_2 \nu_{12} + E_1 \nu_{21}}{E}, \\ \mathcal{G} = \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2}, \\ \psi = \frac{E}{2G_{12}} - 1. \end{array} \right. \quad (3)$$

Из (2) следует, что параметры  $\nu, \mathcal{G}, \psi$  должны удовлетворять неравенствам:

$$\nu^2 + \mathcal{G}^2 < 1, \quad \psi > -1.$$

Используя (2) и интегрируя по толщине многослойной оболочки, находим:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_s = \int \sigma_s (1 + k_2 z) dz = B_g^+ \varepsilon_s + B_{\nu 2} \varepsilon_\varphi + S_g^+ \kappa_s + S_{\nu 2} \kappa_\varphi, \\ N_\varphi = \int \sigma_\varphi (1 + k_1 z) dz = B_{\nu 1} \varepsilon_s + B_g^- \varepsilon_\varphi + S_{\nu 1} \kappa_s + S_g^- \kappa_\varphi, \\ M_s = \int \sigma_s (1 + k_2 z) z dz = S_g^+ \varepsilon_s + S_{\nu 2} \varepsilon_\varphi + D_g^+ \kappa_s + D_{\nu 2} \kappa_\varphi, \\ M_\varphi = \int \sigma_\varphi (1 + k_1 z) z dz = S_{\nu 1} \varepsilon_s + S_g^- \varepsilon_\varphi + D_{\nu 1} \kappa_s + D_g^- \kappa_\varphi, \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{s\varphi} = \int \sigma_{s\varphi} (1 + k_2 z) dz = B_{\psi 2} \omega + S_{\psi 2} \tau, \\ N_{\varphi s} = \int \sigma_{s\varphi} (1 + k_1 z) dz = B_{\psi 1} \omega + S_{\psi 1} \tau, \\ M_{s\varphi} = \int \sigma_{s\varphi} (1 + k_2 z) z dz = S_{\psi 2} \omega + D_{\psi 2} \tau, \\ M_{\varphi s} = \int \sigma_{s\varphi} (1 + k_1 z) z dz = S_{\psi 1} \omega + D_{\psi 1} \tau, \end{array} \right. \quad (5)$$

где введенные жесткостные характеристики ортотропной оболочки находятся интегрированием по толщине в каждой точке оболочки:

$$\begin{aligned} B_g^+ &= \int \frac{E(1+\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_2 z) dz, \quad S_g^+ = \int \frac{E(1+\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_2 z) z dz, \quad D_g^+ = \int \frac{E(1+\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_2 z) z^2 dz, \\ B_g^- &= \int \frac{E(1-\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_1 z) dz, \quad S_g^- = \int \frac{E(1-\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_1 z) z dz, \quad D_g^- = \int \frac{E(1-\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_1 z) z^2 dz, \\ B_{\nu 1} &= \int \frac{E\nu}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_1 z) dz, \quad S_{\nu 1} = \int \frac{E\nu}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_1 z) z dz, \quad D_{\nu 1} = \int \frac{E\nu(1+\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_1 z) z^2 dz, \\ B_{\nu 2} &= \int \frac{E\nu}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_2 z) dz, \quad S_{\nu 2} = \int \frac{E\nu}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_2 z) z dz, \quad D_{\nu 2} = \int \frac{E\nu(1+\mathcal{G})}{1-\nu^2-\mathcal{G}^2} (1+k_2 z) z^2 dz. \end{aligned} \quad (6)$$

Отметим, что усилия и моменты из (5) с жесткостями (6) тождественно удовлетворяют уравнению равновесия моментов относительно оси  $z$ :

$$N_{s\varphi} - N_{\varphi s} + k_1 M_{s\varphi} - k_2 M_{\varphi s} = 0.$$

Входящие в соотношения (4), (5) параметры деформаций опреде-

ляются по полям перемещений [11]:

$$\begin{cases} \varepsilon_s = \frac{\partial u}{\partial s} + k_1 w, \\ \varepsilon_\varphi = \frac{\partial v}{R \partial \varphi} + \frac{dR}{R ds} u + k_2 w, \\ \omega = \frac{\partial u}{R \partial \varphi} + R \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{v}{R} \right). \end{cases}$$

$$\begin{cases} \kappa_s = -\frac{\partial^2 w}{\partial s^2} + \frac{dk_1}{ds} u - k_1^2 w, \\ \kappa_\varphi = -\frac{\partial}{R \partial \varphi} \left( \frac{\partial w}{R \partial \varphi} \right) - \frac{dR}{R ds} \frac{\partial w}{\partial s} + \frac{dk_1}{ds} u - k_2^2 w, \\ \tau = -\frac{2}{r} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial s \partial \varphi} - \frac{dR}{R ds} \frac{\partial w}{\partial \varphi} \right) + (k_1 - k_2) \left[ \frac{1}{R} \frac{\partial u}{\partial \varphi} - R \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{v}{R} \right) \right]. \end{cases} \quad (7)$$

Начальные условия для системы уравнений (1), (4) – (7) записываются в виде:

$$u|_{t=0} = v|_{t=0} = w|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \frac{\partial v}{\partial t}|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial t}|_{t=0} = V_0(s) = \frac{I_p(s)}{m_{sh}}. \quad (8)$$

где  $I_p(s)$  – распределенный импульс давления механического действия излучений.

В качестве граничных условий при  $\varphi = \pm\pi/2$  требуется выполнение соотношений симметрии:

$$v|_{\varphi=\pm\pi/2} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial \varphi}|_{\varphi=\pm\pi/2} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial \varphi}|_{\varphi=\pm\pi/2} = 0, \quad \frac{\partial^3 w}{\partial \varphi^3}|_{\varphi=\pm\pi/2} = 0. \quad (9)$$

На краях оболочки задаются следующие основные граничные условия [11]:

а) свободный край

$$N_s|_{s=0} = 0, \quad M_s|_{s=0} = 0, \quad N_{s\varphi} + k_2 M_{sm}|_{s=0} = 0, \quad Q_s + \frac{1}{R} \frac{\partial M_{s\varphi}}{\partial \varphi}|_{\varphi=\pm\pi/2} = 0; \quad (10)$$

б) шарнирно-закрепленный край

$$M_s|_{s=0} = 0, \quad u|_{s=0} = v|_{s=0} = w|_{s=0} = 0; \quad (11)$$

в) абсолютно-заделанный край

$$-\frac{\partial w}{\partial s} + k_1 u|_{s=0} = 0, \quad u|_{s=0} = v|_{s=0} = w|_{s=0} = 0; \quad (12)$$

**Конечно-разностные соотношения для расчета деформирования ортотропной оболочки вращения переменной толщины**

Явная конечно-разностная схема строится аналогично одномерной схеме, рассмотренной в [13-18]. Перерезывающие силы  $Q_s, Q_\varphi$  и усилия определяются в серединах соответствующих сторон, перемещения и моменты – в узлах, моменты  $M_{s\varphi}, M_{\varphi s}$  – в центрах ячеек (рис. 1). Уравнения движения в конечных разностях имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \left( m_{sh} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \right)_{ij} &= \frac{2(R_{i+1/2} N_{s\ i+1/2\ j}^n - R_{i-1/2} N_{i-1/2\ j}^n)}{(\Delta s_i + \Delta s_{i-1}) R_i} + \frac{2(N_{\varphi\ s\ i\ j+1/2}^n - N_{\varphi\ s\ i\ j-1/2}^n)}{(\Delta \varphi_j + \varphi_{j-1}) R_i} + k_{1i} \bar{Q}_{sij} - \left( \frac{dR}{Rds} \right)_i \bar{N}_{\varphi ij}^n, \\ \left( m_{sh} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \right)_{ij} &= \frac{2(N_{\varphi\ i\ j+1/2}^n - N_{\varphi\ i\ j-1/2}^n)}{(\Delta \varphi_j + \varphi_{j-1}) R_i} + \frac{2(R_{i+1/2} N_{s\ \varphi\ i+1/2\ j}^n - R_{i-1/2} N_{s\ \varphi\ i-1/2\ j}^n)}{(\Delta s_i + \Delta s_{i-1}) R_i} + k_{2i} \bar{Q}_{\varphi ij} + \left( \frac{dR}{Rds} \right)_i \bar{N}_{\varphi s ij}^n, \\ \left( m_{sh} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right)_{ij} &= \frac{2(R_{i+1/2} Q_{s\ i+1/2\ j}^n - R_{i-1/2} Q_{s\ i-1/2\ j}^n)}{(\Delta s_i + \Delta s_{i-1}) R_i} + \frac{2(Q_{\varphi\ i\ j+1/2}^n - Q_{\varphi\ i\ j-1/2}^n)}{(\Delta \varphi_j + \varphi_{j-1}) R_i} - k_{1i} \bar{N}_{sij}^n - k_{2i} \bar{N}_{\varphi ij}^n + p_{ij}^n, \\ Q_{s\ i+1/2\ j}^n &= \frac{R_{i+1} M_{s\ i+1\ j}^n - R_i M_{sij}^n}{R_{i+1/2} \Delta s_i} + \frac{2(M_{\varphi\ s\ i+1/2\ j+1/2}^n - M_{\varphi\ s\ i+1/2\ j-1/2}^n)}{(\Delta \varphi_j + \Delta \varphi_{j-1}) R_i} - \left( \frac{dR}{Rds} \right)_i \bar{M}_{\varphi\ i+1/2\ j}^n, \\ Q_{\varphi\ i\ j+1/2}^n &= \frac{M_{\varphi\ ij+1}^n - M_{\varphi ij}^n}{R_i \Delta \varphi_j} + \frac{2(M_{s\ \varphi\ i+1/2\ j+1/2}^n - M_{s\ \varphi\ i-1/2\ j+1/2}^n)}{(\Delta s_i + \Delta s_{i-1}) R_i} + \left( \frac{dR}{Rds} \right)_i \bar{M}_{\varphi\ s\ i\ j+1/2}^n, \end{aligned} \right. \quad (13)$$

где средние величины с черточкой наверху вычисляются по соотношениям:

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{Q}_{sij} &= \frac{1}{2} (Q_{s\ i+1/2\ j}^n + Q_{s\ i-1/2\ j}^n), & \bar{Q}_{\varphi ij} &= \frac{1}{2} (Q_{\varphi\ s\ i\ j+1/2}^n + Q_{\varphi\ s\ i\ j-1/2}^n), \\ \bar{N}_{sij} &= \frac{1}{2} (N_{s\ i+1/2\ j}^n + N_{s\ i-1/2\ j}^n), & \bar{N}_{\varphi ij} &= \frac{1}{2} (N_{\varphi\ i\ j+1/2}^n + N_{\varphi\ i\ j-1/2}^n), \\ \bar{N}_{s\ \varphi\ ij} &= \frac{1}{2} (N_{s\ \varphi\ i+1/2\ j}^n + N_{s\ \varphi\ i-1/2\ j}^n), & \bar{N}_{\varphi\ s\ ij} &= \frac{1}{2} (N_{\varphi\ s\ i\ j+1/2}^n + N_{\varphi\ s\ i\ j-1/2}^n), \\ \bar{M}_{\varphi\ i+1/2\ j}^n &= \frac{1}{2} (M_{\varphi\ i+1\ j}^n + M_{\varphi\ ij}^n), & M_{\varphi\ s\ i\ j+1/2}^n &= \frac{1}{2} (M_{\varphi\ s\ i+1\ j+1/2}^n + M_{\varphi\ s\ i\ j+1/2}^n), \end{aligned} \right. \quad (14)$$

Параметры деформации (7) определяются в тех узлах, в которых они требуются для определения усилий или моментов по соотношениям (4), (5), в соответствующих точках определяются и жесткостные характеристики (6). Например, для моментов  $M_{s\varphi}, M_{\varphi s}$ , определенных в центрах ячеек получаем:

$$M_{i+1/2\ j+1/2\ \varphi s}^n = S_{\psi\ i+1/2\ j+1/2} \omega_{i+1/2\ j+1/2}^n + D_{\psi\ i+1/2\ j+1/2} \tau_{i+1/2\ j+1/2}^n, \quad (15)$$

$$\omega_{i+1/2\ j+1/2}^n = \frac{1}{R_{i+1/2}} \frac{u_{i+1\ j+1}^n + u_{i\ j+1}^n - u_{i+1\ j}^n - u_{i\ j}^n}{2\Delta \varphi_j} + \frac{R_{i+1/2}}{2\Delta s_i} \left( \frac{v_{i+1\ j+1}^n}{R_{i+1}} - \frac{v_{i\ j+1}^n}{R_i} + \frac{v_{i+1\ j}^n}{R_{i+1}} - \frac{v_{i\ j}^n}{R_i} \right), \quad (16)$$

$$\tau_{i+1/2,j+1/2}^n = -\frac{2}{R_{i+1/2}} \left( \frac{w_{i+1,j+1}^n - w_{i+1,j}^n - w_{i,j+1}^n + w_{i,j}^n}{\Delta s_i \Delta \varphi_j} - \left( \frac{dR}{R ds} \right)_{i+1/2} \frac{w_{i+1,j+1}^n - w_{i+1,j}^n + w_{i,j+1}^n - w_{i,j}^n}{2\Delta \varphi_j} \right) + \quad (17)$$

$$+ (k_{1i+1/2} - k_{2i+1/2}) \left[ \frac{1}{R_{i+1/2}} \frac{u_{i+1,j+1}^n + u_{i+1,j}^n - u_{i,j+1}^n - u_{i,j}^n}{2\Delta \varphi_j} - \frac{R_{i+1/2}}{2\Delta s_i} \left( \frac{v_{i+1,j+1}^n}{R_{i+1}} - \frac{v_{i,j+1}^n}{R_i} + \frac{v_{i+1,j}^n}{R_{i+1}} - \frac{v_{i,j}^n}{R_i} \right) \right].$$

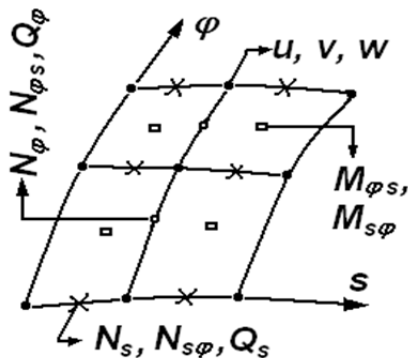


Рисунок 1 – Расчетная сетка

Рассматриваемая конечно-разностная схема имеет второй порядок аппроксимации по времени и пространственным переменным на равномерных сетках. Используя критерий Неймана [10], для рассматриваемой конечно-разностной схемы получаем практические условия устойчивости в виде (здесь минимум берется по всем расчетным ячейкам):

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta t &\leq \min \left( \frac{R \Delta s \Delta \varphi}{\sqrt{(D_g^+ / \beta^2 + \beta^2 D_g^- + D_{\psi 1} + D_{\psi 2}) / m_{sh}}} \right), \\ \Delta t &\leq \min \left( \sqrt{\frac{m_{sh}}{B_g^+}} \Delta s, \sqrt{\frac{m_{sh}}{B_g^-}} R \Delta \varphi \right), \quad \beta = \frac{\Delta s}{R \Delta \varphi}. \end{aligned} \right. \quad (18)$$

Таким образом, предлагаемый комплекс программ позволяет оценивать работоспособность тонкостенных композитных конструкций с учетом их многослойности и ортотропности при совместном тепловом и механическом действии излучений различной физической природы.

#### Литература

1. Острик, А. В. Математическая модель разрушения композитных оболочек высокого давления под действием лучистых потоков энергии / А. В. Острик, С. С. Слободчиков // Математическое моделирование. – 1995. – Т. 7. – № 10. — С. 33-46.
2. Горшков, А. Г. Воздействие высокоинтенсивного потока энергии на элементы конструкций из композиционного материала / А. Г. Горшков, А. А. Дергачев // Механика композитных материалов и конструк-

- ций. – 1996. – Т. 2. – № 1. – С. 51-68.
3. Грибанов, В. М. Тепловое и механическое действие рентгеновского излучения на материалы и преграды / В. М. Грибанов, А. В. Острик, С. С. Слободчиков // В монографии «Физика ядерного взрыва»: В 2-х томах. Том 2. Действие взрыва. – М.: МО РФ ЦФТИ. – 1997. – 256 с. – С. 131-194.
  4. Грибанов, В. М. Численный код для расчета многократного комплексного действия излучений и частиц на многослойный многофункциональный гетерогенный плоский пакет / В. М. Грибанов, А. В. Острик, Е. А. Ромадинова // Черноголовка: ИПХМ РАН. – 2006. – 92 с.
  5. Годунов, С. К. Разностные схемы. Введение в теорию / С. К. Годунов, В. С. Рябенский // Изд.2. – М.: Наука. – 1977. – 440 с.
  6. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков // М.: Машиностроение. – 1984. – 264 с.
  7. Бушман, А. В. Модели широкодиапазонных уравнений состояния при высоких плотностях энергии / А. В. Бушман, И. В. Ломоносов, В. Е. Фортов // Препринт МВТ АН СССР. – М. – 1990. – № 6 с. 287.
  8. Херрманн, В. Определяющие уравнения уплотняющихся пористых материалов / В. Херрманн // Механика. – М. – 1976. – № 7. – С. 178-216.
  9. Острик, А. В. Квазистатическая модель установления давления в многокомпонентном пористом гетерогенном материале при воздействии излучения / А. В. Острик, Е. А. Острик // Математическое моделирование. – 2001. – Т. 13. – № 6. – С. 93-98.
  10. Рихтмайер, Р. Разностные методы решения краевых задач / Р. Рихтмайер, К. Мортон // М.: Мир. – 1972. – 418 с.
  11. Амбарцумян, С. А. Общая теория анизотропных оболочек / С. А. Амбарцумян // М.: Наука. – 1974. – 448 с.
  12. Работнов, Ю. Н. Механика деформированного твердого тела / Ю. Н. Работнов // М.: Наука. – 1988. – 712 с.
  13. Witmer, E. A. [et. all] Large dynamic deformations of beams, rings, plates and shells // AIAA J. – 1963. – 1(8). – pp. 1848-1857.
  14. Верховенцев, В. Н. Физика ядерного взрыва / В. Н. Верховенцев, В. М. Лоборев, В. Е. Фортов и др. // В 5 т. – Т.1. – Развитие взрыва. – М.: Физматлит. – 2010. – 832 с.
  15. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / Под общ. ред. В. С. Авдеевского, В. К. Кошкина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. – 1992. – 528 с.
  16. Бугай, И. В. Моделирование действия потоков излучения на многослойную упругую оболочку вращения / И. В. Бугай // Прикладная информатика. – 2013. – № 3 (45). – С. 91-98.

17. Бугай, И. В. Расчет совместного теплового и механического действия излучений на ортотропную оболочку / И. В. Бугай // Вестник Московского авиационного института. – 2013. – Т. 20. – № 1. – С. 194-199.
18. Гнедовец, А. Г. Компьютерное моделирование роста тонкопленочных покрытий, сформированных импульсным лазерным осаждением при разных давлениях инертного газа / А. Г. Гнедовец, В. Ю. Фоминский, Р. И. Романов, Н. П. Мацнев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – № 9. – С. 3-9.



УДК 621.1

## **Электродгенератор с паропоршневым двигателем для котельных**

**Д.В. Пахомов**, студент,  
**С.О. Шкарупа**, зав. лабораторией,  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*В данной статье рассматривается вопрос использования паропоршневых двигателей в котельных. Применение таких двигателей может обеспечить работу котельных независимо от теряющих надежность внешних электросетей, в связи с глобальным изменением климата, что обеспечивает обеспечение надежности теплоснабжения в этих условиях.*

Паропоршневой двигатель, котельная, автономная работа от центральных электросетей, электродгенератор.

## **Generator with engine paroporshnevym for boiler**

**D.V. Pakhomov**, student,  
**S.O. Shkarupa**, head. laboratory,  
State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*This article discusses the use paroporshnevyh engine or boiler rooms. The use of such engines can provide the work of boiler, regardless of losing the reliability of the external power grid, due to global climate change, providing ensuring the reliability of heat supply in these conditions.*

Paroporshnevoy engine, boiler, autonomous operation of the central power grids, electric.

Для России актуальной задачей является обеспечение работы котельных независимо от внешней электросети, т.к. всё их вспомогательное оборудование имеет электропривод. Перерыв электроснабжения приводит к авариям в системах теплоснабжения («разморозка» теплотрасс и оборудования котельных). В отличие от других причин типа порывов теплосетей, которые в принципе устранимы, например, их обновлением, погод-

ные причины нарушения теплоснабжения из-за перерывов электроснабжения котельных не устранимы при получении котельными электроэнергии от сети. Более того, наблюдается рост амплитуды природных явлений: дождь – в ливень, снег – в буран, ветер – в ураган, мороз – в стужу и т.д. [1]. «За последние 20 лет ушедшего столетия число природных катаклизмов, и, в первую очередь, ураганных ветров и наводнений выросло в четыре с лишним раза, а объем наносимого ими ущерба в восемь раз» – отмечается в докладе страховой компании «Мюнхен-Ре». По данным страховых выплат (а они адекватны природе вещей) амплитуда годовых потерь от климатических аномалий от 30 до 90 млрд. долларов. По оценке Всемирной метеорологической ассоциации годовые потери от климатических аномалий к 2020 году достигнут 350 млрд. долларов [1]. Исследования корпорации «Дженерал Эксидент» показали, что по мере увеличения амплитуды природных бедствий их разрушительный ущерб растет в геометрической прогрессии. Рост скорости ветра на 10% при урагане увеличивает ущерб в среднем на 150% [1].

Возвратимся в Россию, в своем интервью [2] С. К. Шойгу сообщает, что его министерством поставлены задачи ряду институтов Академии наук и его центру прогнозирования «Антистихия» по прогнозированию событий, как в России, так и в мире. На основе их данных С. К. Шойгу говорит: «Идёт серьезное изменение климата на планете, я бы сказал, аномальное его изменение. В результате ни наши прогнозисты, ни центры прогнозов в других странах просто не могут предполагать, что происходит: снег идёт там, где его никогда не было, наводнения, которые должны были начаться с весенним таянием снегов, идут сейчас, ураганы сметают целые города». Интересно, что некоторые попытки спрогнозировать климат будущего предпринимались ещё в 1994г., указывалось на то, что он через 15 лет, по мере согревания Земли, станет более резким: будет больше ураганов, засух и наводнений, поздних заморозков и летних бурь. Правда, все это тогда были только предположения, и делающие их не забывали напоминать, что может и ничего не произойти [3].

Теперь же первые результаты глобального потепления налицо. Примером такой аварии является ледяной дождь 26 декабря 2010г., когда 2/3 территории Московской области осталась без электроснабжения в течение месяца. По данным Ростехнадзора 28% тяжёлых аварий в системах теплоснабжения обусловлено перерывами сетевого электроснабжения.

Известно решение проблемы независимого электроснабжения паровых котельных с помощью паросиловых установок паротурбинного и паровинтового типов, однако они могут применяться в очень ограниченном количестве паровых котельных, имеющих пароперегреватели, так как не могут работать на пароводяной смеси, которую вырабатывают наиболее распространенные паровые котлы БИКЗ в связи с их работой с давле-

нием пара ниже номинального. Кроме того большинство коммунальных котельных является водогрейными. Научная новизна данного проекта заключается в том, что предлагаемый паропоршневой двигатель (ППД) способен работать не только на пароводяной смеси, но и на перегретой воде. Данная работа выполняется при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Договор (соглашение) № 7309 ГУ2015 о предоставлении гранта на выполнение научно-исследовательских работ от 8 сентября 2015 года.

Положительным эффектом от внедрения данного проекта является не только увеличение надежности теплоснабжения, обусловленное независимостью котельных от теряющих надежность централизованных электросетей, но и значительная экономия энергоресурсов, в частности топлива, обусловленное тем, что механическая энергия в котельной производится на тепловом потреблении с коэффициентом использования теплоты сгорания топлива практически равном КПД котла (для газовых котлов до 98%), в то время как даже на ТЭЦ этот коэффициент не превышает 60%, а на конденсационных паротурбинных тепловых электростанциях не более 49%. Кроме того, может отсутствовать преобразование механической энергии в электрическую при непосредственном приводе насосов, дымососов, дутьевых вентиляторов ППД.

Возможны несколько вариантов использования ППД в котельных.

1. ППД приводит электрогенератор, который обеспечивает электроэнергией все оборудование котельных. Упрощенная тепловая схема такой котельной приведена на рисунке 1.

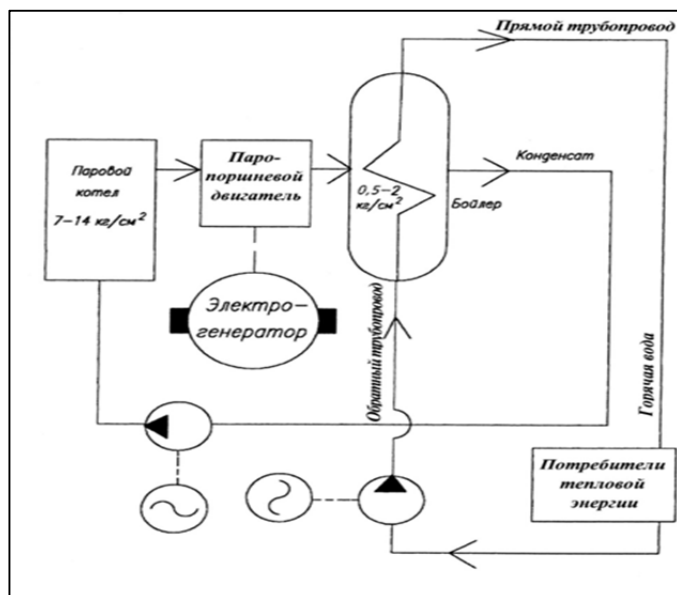
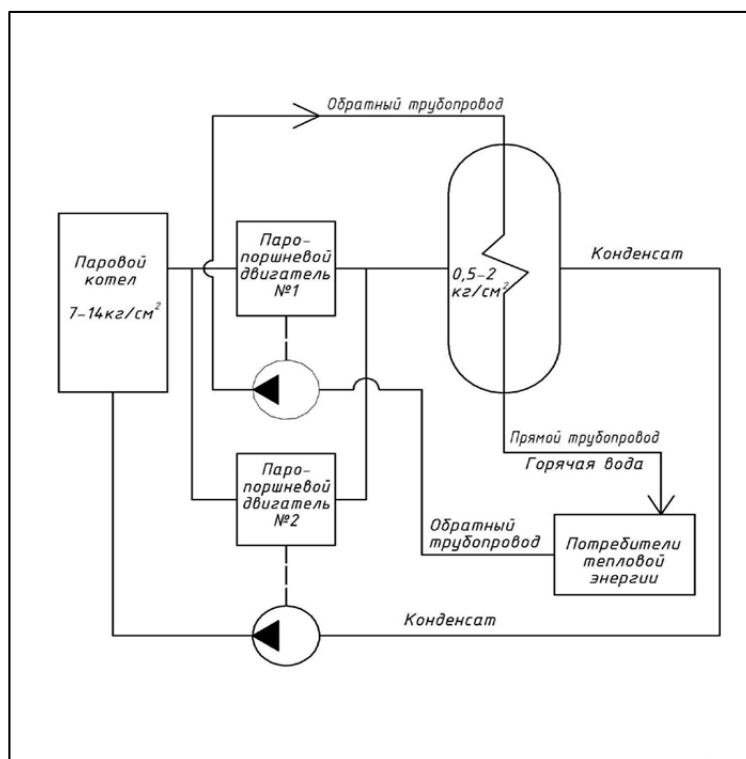


Рисунок 1 – Упрощенная тепловая схема автономной от электросети паровой котельной с выработкой и потреблением электроэнергии

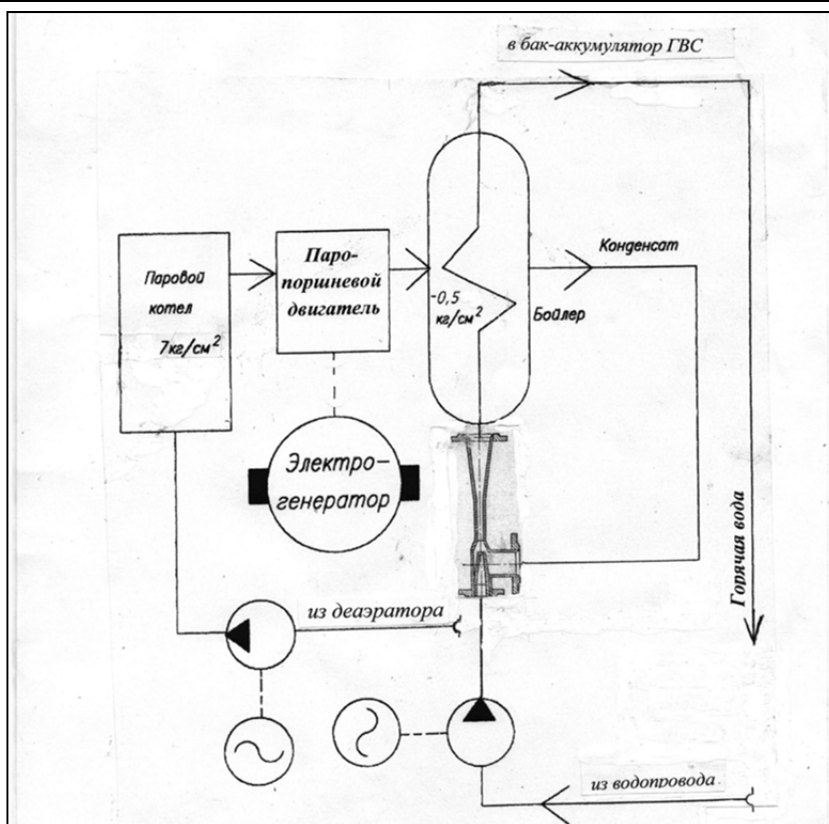
Схема на рисунке 1 работает так: паровой котёл нагревает воду до состояния пара, пар из котла идёт через паропоршневой двигатель (ППД), приводя его в действие, далее пар проходит в бойлер. В бойлере пар конденсируется, отдавая тепловую энергию обратной воде потребителя (остывшая батарейная вода), после чего сконденсированный пар (вода) насосом подается обратно в котел.

2. Несколько ППД приводят все вспомогательное оборудование котельной, заменяя электродвигатели. Упрощенная тепловая схема такой котельной приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Упрощенная тепловая схема автономной от электросети паровой котельной с непосредственным использованием механической энергии без преобразования ее в электрическую**

3. ППД используется в системе горячего водоснабжения, что дает возможность обеспечить круглогодичную эффективную работу ППД в условиях котельной, используя тепловую энергию выхлопного пара ППД для горячего водоснабжения. Тепловая схема этого варианта применительна к конкретной котельной изображена на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Упрощенная тепловая схема паровой котельной с круглогодичной выработкой электроэнергии в системе горячего водоснабжения**

Этот подход, кроме всего прочего, позволяет иметь разрежение примерно  $0,5 \text{ кг/см}^2$  на выхлопе ППД, что безусловно увеличит мощность ППД. Согласно этой схеме использования ППД выхлопной пар из ППД проходит в один из трёх, простаивающих в настоящее время, горизонтальных бойлеров горячего водоснабжения (2шт. ПП2-17-7-IV; 1шт. ПП2-24-7-IV). Конденсат этого пара отсасывается эжектором, в качестве которого может быть использован серийный элеватор №3 Мосэнерго. Его рабочей средой является водопроводная вода, давление которой повышено работающим в настоящее время насосом ГВС. Смешанные в эжекторе холодная вода и конденсат дают воду с температурой ниже  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Такая вода проходит в бойлер где, подогревается до температуры обеспечивающей работу систему ГВС, с учётом того, что эта вода после бойлера отправляется в бак-аккумулятор ГВС. В настоящее время вода, проходящая в бак-аккумулятор ГВС после пластинчатого теплообменника, бесполезно дросселируется задвижкой, что обеспечивает подачу горячей воды в бак-аккумулятор ГВС в количестве  $27-37,4 \text{ м}^3$  в час, в зависимости от времени

суток и дня недели, согласно показаниям водосчётчика. В предлагаемом варианте тепловой схемы часть воды, идущей в бак-аккумулятор, дросселируется в сопле эжектора и её энергия полезно используется для создания разрежения в горизонтальном бойлере и, следовательно, на выхлопе из ППД. Другая часть воды, поступающая в бак-аккумулятор, как и прежде, будет проходить через пластинчатый теплообменник, что на рисунке 3 не показано.

Замер санэпидемстанцией концентрации масла в воде выхлопного конденсата ППД показал, что она в несколько раз ниже, чем СанПин для питьевой воды. Дальнейшее разбавление около 1-ой тонны конденсата более чем 27-ю тоннами водопроводной воды может снизить концентрацию масла до величины недоступной для измерения приборами санэпидемстанции. В перспективе, с ростом цены нефтепродуктов, в том числе применяемого смазочного масла, оно будет заменено на одно из растительных масел, например рапсовое стоимость которого уже сейчас сопоставима с применённым в экспериментальном образце ППД турбинным маслом. Применение пищевого растительного масла в ППД полностью исключит обсуждение вопросов требований к горячей воде при использовании ППД.

Предлагаемые варианты использования ППД в котельных обеспечивают значительную экономию средств на оплату электроэнергии теплоснабжающими организациями, что создаёт предпосылки к снижению тарифов на теплоснабжение. Так, например, по данным за 2011 год ОАО «Теплосеть» г. Королёв затратило около 14 млн. руб. в месяц на оплату электроэнергии. С этой организацией ООО «Новая энергия» в 2011 г. заключило договор на разработку, поставку и наладку электрогенератора с паровым приводом. Он предназначался для обеспечения работы освещения и КИПиА котельной «Текстильщик» и рассматривался как первый шаг обеспечения независимости котельной от внешнего электроснабжения. Удалось успешно выполнить изготовление и монтаж экспериментального образца в соответствии с первым этапом работ договору и даже приступить к испытаниям. Но после смены руководства ОАО «Теплосеть» работы были прекращены. Это показывает на незаинтересованность теплоснабжающих организаций в модернизации систем теплоснабжения. На обращение к тогдашнему руководителю администрации города Е.И. Логвиненко было получено ответное письмо о том, что применение экспериментальных образцов тепловых установок на теплоэнергетических предприятиях категорически запрещается Федеральным законом № 116 от 20.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Правилами безопасности ПБ 10-573-03, Правилами технической эксплуатации тепловых энергоустановок от 01.10.2003. И о том, что даже в случае получения всех разрешительных документов на испытание экспериментального образца паропоршневого двигателя, то ОАО «Тепло-

сеть» необходимо для обслуживания данной установки увеличить штат котельных специально обученным, аттестованным в Ростехнадзоре персоналом. Это в свою очередь приведёт к дополнительным затратам, которые не включены в тариф на тепловую энергию. Следует отметить, что в упомянутых документах мы не обнаружили указаний о невозможности проведения НИР в котельных. С другой стороны ОАО «Теплосеть» нами было предложено заключить энергосервисный контракт, по которому обслуживание электрогенератора с паровым приводом берёт на себя малое предприятие.

После этого 2 раза сменилось руководство г. Королёв и ОАО «Теплосеть». Обращение к новому руководителю администрации города Ю. А. Копцику привело к получению письма о том, что проведение экспериментально-конструкторских работ по внедрению ППД малой мощности на действующей котельной «Текстильщик», обеспечивающей тепловой энергией на отопление и горячее водоснабжение население микрорайона города, в том числе объектов первой категории, не допускающих перерывов в подаче расчётного количества теплоты и снижение температуры воздуха в помещениях (СниП 4-02-2003. Тепловые сети п. 4.2) и другим объектам, относящиеся к объектам жизнеобеспечения, недопустимо. Однако, в этом письме Ю. А. Копцика предложено вернуться к испытаниям ППД в котельной «Текстильщик» после того как будет профицит тепловой энергии в этой котельной (сейчас дефицит). Но эти понятия относятся к расчётным режимам работы теплосети (температура окружающего воздуха минус 26 °С, согласно СниП «Климатология»). Предлагается продолжить испытания ППД при температуре окружающего воздуха не ниже минус 5 °С. В этих условиях будет профицит тепловой энергии в этой котельной, тем более что речь идёт о затрате тепловой мощности менее 0,2 Гкал/час. В настоящее время рассматривается вопрос о обсуждении этой проблемы на заседании общественной палаты г. Королёв с приглашением администрации города.

#### *Литература*

1. Корякин, Ю. И. Климат и энергоглобализация – путь к гармонии? / Ю. И. Корякин // Новости теплоснабжения. – 2001. – № 8.
2. Санин, Г. Бампер государства / Г. Санин // Итоги 8 февраля 2005.
3. Корецкий, А. Через 15 лет все будет по-другому / А. Корецкий // Энергетик. – 1995. – № 1.
4. Дубинин, В. С., Лаврухин, К. М., Шкарупа, С. О., Хромченко, П. А., Титов, Д. П., Трохин, И. С. Котельные России должны работать без использования сетевой электроэнергии / В. С. Дубинин, К. М. Лаврухин, С. О. Шкарупа, П. А. Хромченко, Д. П. Титов, И. С. Трохин // Промышленная энергетика. – 2008. – № 7.

5. Дубинин, В. С., Лаврухин, К. М., Шкарупа, С. О., Хромченко, П. А., Степанова, Т. А., Титов, Д. П., Алханов, Д. В., Погорельский, Е. И., Трохин, И. С. Сравнительная оценка газопоршневых, паротурбинных и паропоршневых электростанций / В. С. Дубинин, К. М. Лаврухин, С. О. Шкарупа, П. А. Хромченко, Т. А. Степанова, Д. П. Титов, Д. В. Алханов, Е. И. Погорельский, И. С. Трохин // Промышленная энергетика. – 2008. – № 8.



УДК 621.39

## **Оптимизация приемо-передающих устройств широкополосных беспроводных систем связи**

**Т.С. Аббасова**, к.т.н., доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Рассмотрена задача отыскания оптимальной конструкции антенного модуля для приема и обработки информации в специализированных беспроводных системах; подобраны оптимальные размеры антенного излучателя; подтверждение результатов теоретических исследований получено путем моделирования и расчета параметров с помощью программы трехмерного электромагнитного моделирования СВЧ-устройств Ansoft HFSS и табличного процессора MS Excel, а также на основе экспериментальной проверки.*

Широкополосные беспроводные системы, обработка информации, трехмерное моделирование.

## **Optimization transceiver broadband wireless drivers**

**T.S. Abbasova**, Ph.D., Associate Professor,

State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*The problem of finding the optimal design of the antenna module for receiving and processing information in specialized wireless systems; The optimal size of the antenna radiator; confirmation of the results obtained by theoretical studies of modeling and calculation of parameters using a three-dimensional electromagnetic simulation of microwave devices Ansoft HFSS and spreadsheet MS Excel, as well as on the basis of experimental verification.*

Broadband wireless systems, information processing, three-dimensional modeling.

**Проблемы развития беспроводных широкополосных систем связи**

На современном этапе развития телекоммуникаций поставлена за-

дача расширения рабочей полосы частот, совершенствования традиционных узкополосных и широкополосных систем, создания сверхширокополосных систем связи. Особое место в технологиях приема, обработки и передачи информации занимают беспроводные технологии, с помощью которых можно организовать связь в труднодоступных районах, между подвижными объектами и мобильными измерительными пунктами, для приема и обработки телеметрической информации, в малогабаритных антенных системах, в системах мониторинга и управления [1...3]. Основным фактором, сдерживающим развитие современных широкополосных беспроводных систем связи и локации, является отсутствие высокоэффективных антенн с требуемыми техническими характеристиками для излучения как традиционных узкополосных и широкополосных сигналов, так и сверхширокополосных (СШП), короткоимпульсных сигналов (несинусоидальных колебаний).

Технология разработки сверхширокополосных (многомодовых многоуровневых) антенных решеток (в том числе фазированных антенных решеток – ФАР) с элементами, линейные размеры которых больше длины волны (равны или больше  $1,0 \lambda$ ) более эффективна для создания широкополосных систем, чем существовавшие до нее подходы к проектированию беспроводных сетей с антеннами, линейные размеры которых не превышают половину длины рабочей волны. Конструкция антенн современных широкополосных систем очень сложна, так как они выполняют функции электронного сканирования окружающего пространства (ФАР) с более высокой скоростью обзора пространства, а также осуществляют первоначальную обработку поступающей информации (суммирование сигналов, преобразование частот, усиление и т.д.) непосредственно в фидерном тракте антенны. Перспективным решением данной проблемы является переход от традиционных конструкций излучателей к печатным с применением специальных композитных материалов, состоящими из двух и более компонентов, с особыми волновыми и электрическими свойствами [4]. В отличие от обычных металлических сплавов, так часто применяемых в технике беспроводной связи, композиционные материалы отличаются более высокими значениями удельных характеристик, а также меньшей склонностью к трещинообразованию. Применение таких материалов может повысить прочность и жесткость конструкции [5]. Кроме повышения показателей жесткости и прочности, необходим подбор оптимальных размеров антенного излучателя для увеличения коэффициента усиления антенны (КУ), уменьшения коэффициента стоячей волны (КСВ), увеличения эффективной площади модуля антенны. Под эффективной площадью понимают величину, характеризующую способность приемной антенны собирать падающее на неё электромагнитное излучение, т.е. её эффективность.

В связи с этим, весьма актуальной представляется задача экспериментального подтверждения увеличения эффективной поверхности антенного модуля с электрическим сканированием и применением КМ.

Необходимо провести численное и компьютерное моделирование антенн новых конструкций, экспериментальные испытания для проверки адекватности компьютерных моделей и обоснования целесообразности изготовления ФАР на основе исследуемой антенны. Использование новейших информационных технологий трехмерного моделирования с визуализацией 2D и 3D-образов позволяет быстро и точно провести расчеты моделируемых устройств и определить оптимальные параметры [6].

### **Экспериментальное подтверждение повышения эффективной площади антенного модуля на основе волнового канала**

По установившейся терминологии ФАР называется многоканальная антенна, у которой к каждому излучателю подключен передатчик (усилитель мощности) или приемник. Будет исследована возможность применения широко распространенной антенны типа волновой канал для построения ФАР.

Основной трудностью при проведении экспериментальных исследований по оценке коэффициента усиления антенн является многолучевой характер распространения радиоволн, обусловленный влиянием подстилающей поверхности (земли). Из-за наличия вблизи антенн поверхности земли связь между ними осуществляется не только прямым лучом, соединяющим фазовые центры передающей и приемной антенн, но и лучом, отраженным от поверхности земли [7].

Измерение и расчет КУ предложено проводить по следующей методике. Две антенны – измерительная и передающая – расположены друг напротив друга в одинаковых условиях излучения и прием, и разнесены на достаточно большое расстояние  $r \geq r_{\min}$ :

$$r_{\min} = \frac{2D^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $D$  – максимальный размер раскрыва антенны;  $\lambda$  – длина волны.

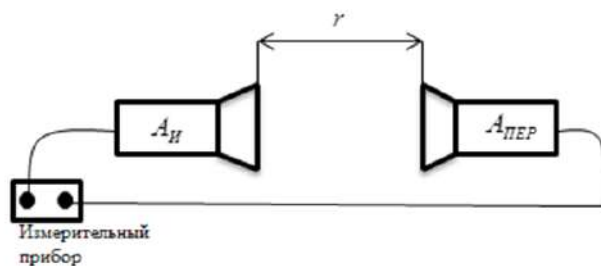
Высота антенн подобрана так, чтобы влияние отражения от земли было исключено. Приемная измерительная антенна располагается на одинаковой высоте с передающей антенной, как показано на рисунке 1.

Между двумя антеннами замеряется отношение мощностей  $P_{\text{ПР}} / P_{\text{ПЕР}}$ .

Численное значение КУ приемной антенны определяется:

$$G_{\text{ПР}} = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot r^2}{\lambda^2 \cdot G_{\text{ПЕР}} \cdot (P_{\text{ПР}} / P_{\text{ПЕР}})} \quad (2)$$

где  $r$  – расстояние между антеннами;  $\lambda$  – длина волны;  $G_{ПЕР}$  – коэффициент усиления передающей антенны;  $P_{ПР} / P_{ПЕР}$  – отношение мощности приемного сигнала к мощности передающего.



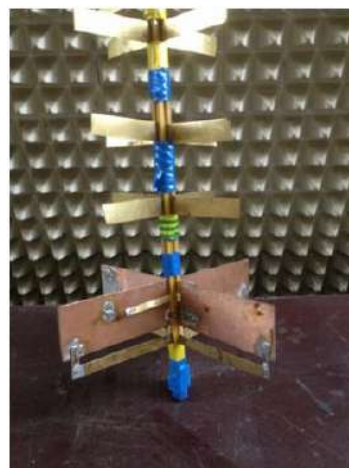
**Рисунок 1 – Схема расположения передающей и приемной антенн**

Измерения КУ выполняются в рабочих частотах 635, 1050, 2300, что соответствует рабочим диапазонам ДI, ДII и ДIV приемно-регистрирующих станций телеметрической информации, и в диапазоне 3500 МГц.

Для приема сигнала в рабочем диапазоне частот ДI, ДII предлагается использовать излучатель типа волнового канала. Волновой канал представляет собой петлевую вибраторную антенну со структурой из директорских пластин, которые служат для согласования антенны и фидера в диапазоне частот ДII и для соответствующего усиления излучателя в данном диапазоне. На рисунке 2 представлена фотография лабораторного макета излучателя для одной поляризации, а на рисунке 3 – для двух поляризаций.



**Рисунок 2 – Фотография лабораторного макета волнового канала ДI, ДII для одной поляризации**



**Рисунок 3 – Фотография лабораторного макета волнового канала ДI, ДII для двух поляризаций**

Число излучателей, их длина, ширина, а также расстояния между ними были получены в ходе экспериментальных исследований, проведенных в Научно-производственном объединении «Измерительная техника». Изготовление излучателей диапазонов волн Д1, ДП предлагается производить из фольгированного стеклотекстолита СФ-2Н-50Г-1,5 I кл. ГОСТ 10316-78.

В ходе выполнения было проведено математическое моделирование излучателя в программе трехмерного электромагнитного моделирования СВЧ-устройств Ansoft HFSS. В ходе моделирования были подобраны оптимальные размеры излучателя. На рисунке 4 представлена трехмерная модель излучателя.

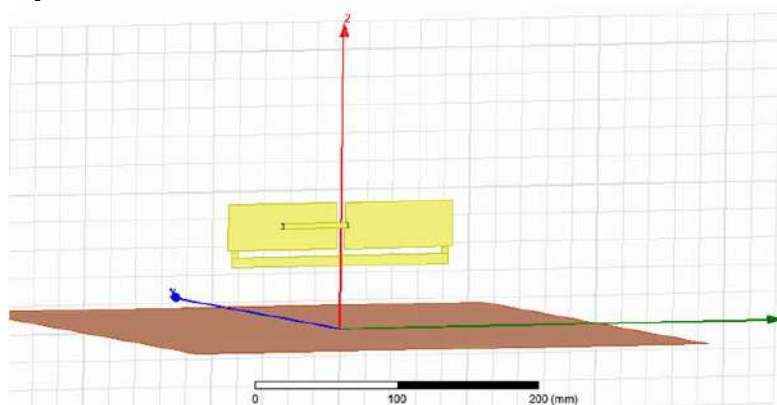


Рисунок 4 – Трехмерная модель излучателя типа волнового канала

В качестве точки питания задан Lumpedport (рисунок 5). Физически он представляет собой кабель, экран которого припаян к плечу излучателя, а центральная жила к трансформатору.

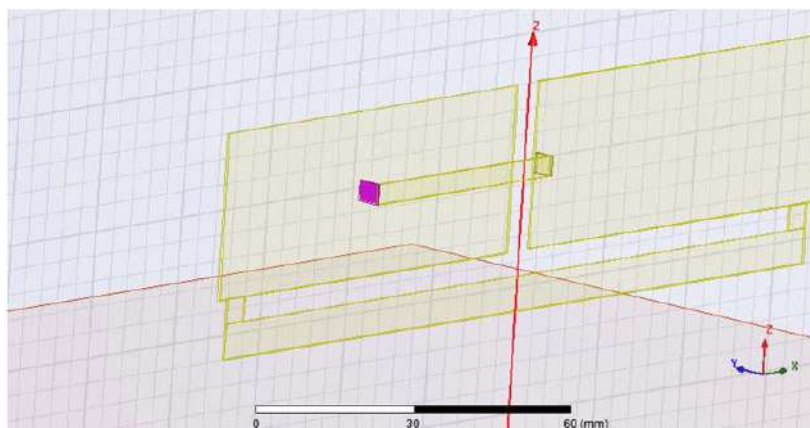


Рисунок 5 – Точка питания излучателя

На рисунках 6 и 7 приведены рабочие характеристики излучателя, которые получены в среде моделирования Ansoft HFSS и показывают зависимость КУ и КСВ антенны от частоты.

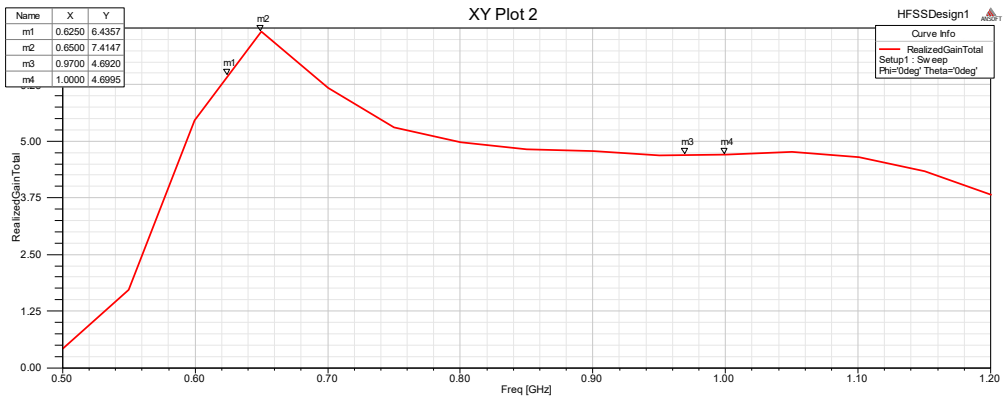


Рисунок 6 – График зависимости КУ от частоты

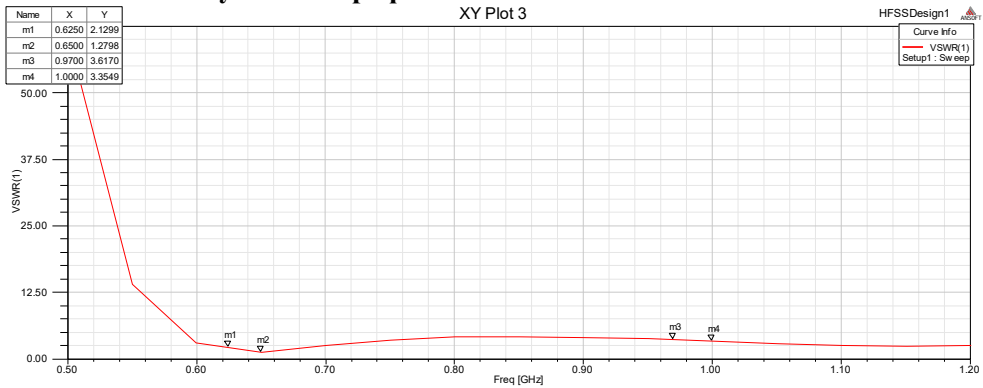


Рисунок 7 – График зависимости КСВ от частоты

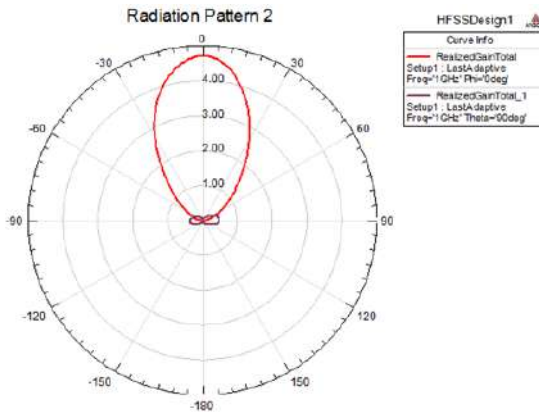


Рисунок 8 – Диаграмма направленности одиночного излучателя в полярной системе координат на диапазоне ДП

На рисунке 6 видно, что КУ антенны на диапазоне ДП сравнительно небольшой при условии, что антенна пока не имеет директорских пластин, однако это наиболее оптимальный результат из рассмотренных в процессе моделирования размеров конструкции излучателя.

График КСВ на рисунке 7 показывает, что на диапазоне ДП антенна согласована (значение КСВ почти не превышает 2), но на ДП наблюдается увеличение до 3.

Диаграмма направленности антенного излучателя, представленная на рисунке 7 в трехмерной системе координат и на рисунке 8 в полярной системе координат, имеет четко выраженный максимум главного лепестка и низкий уровень боковых.

После проведения математического моделирования были выполнены измерения характеристик реального антенного излучателя для того, чтобы выяснить, соответствуют ли смоделированные антенные параметры реальным.

На рисунке 9 представлен КСВ излучателя в исследуемых диапазонах частот.

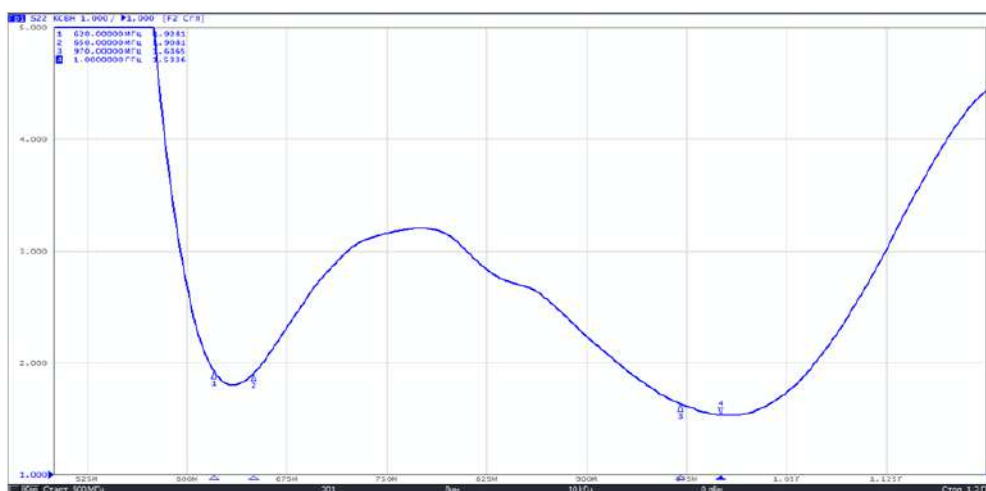


Рисунок 9 – График КСВ реального одиночного излучателя

Различия по КСВ между моделью и реальной антенной обусловлены тем, что в модели используется чисто активный порт без индуктивностей и емкостей, которые возникают в результате пайки кабеля.

Значение КУ на диапазонах ДП, ДП рассчитывается согласно формуле (2).

Прохождение сигнала между двумя антеннами представлено на рисунке 10.

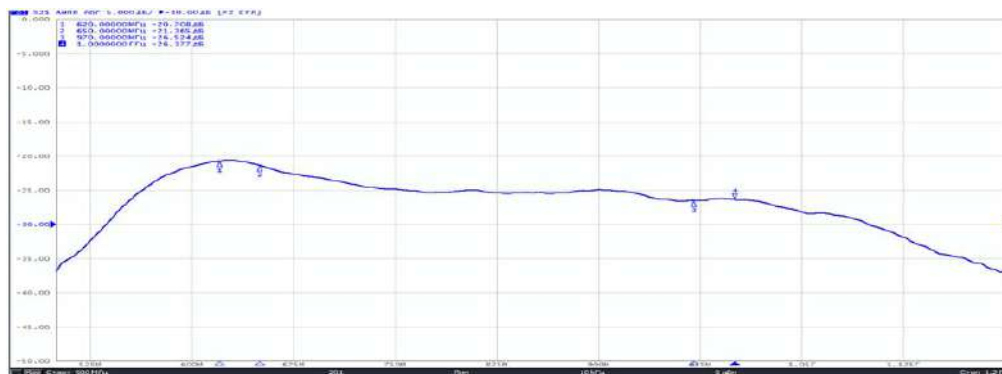


Рисунок 10 – Прохождение сигнала между двумя антенными излучателями

Расчет КУ выполнен в программной среде Microsoft Excel. Все результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет КУ

$f$ [ГГц]	$R_{пр}/R_{пер}$ [dB]	$R_{пр}/R_{пер}$ [ед]	$c$	$\lambda$ [м]	$\pi$	$R$ [м]	$G_{пер}$ [ед]	$G_{пр}$ [ед]
0,625	20,7	117,4897555	30	0,48	3,14	2,1	5,19	4,951856
0,65	21,4	138,0384265	30	0,461538	3,14	2,1	4,81	4,918775
0,97	26,4	436,5158322	30	0,309278	3,14	2,1	3,68	4,527631
1	26,4	436,5158322	30	0,3	3,14	2,1	3,67	4,825133

В таблице 2 представлена сравнительная характеристика результатов КУ, полученные путем моделирования, с результатами, полученными путем измерения реального макета.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика измерения коэффициента усиления

$f$ [ГГц]	КУ компьютерной модели [ед]	КУ реального макета [ед]
0,625	6,4357	4,9519
0,65	7,4147	4,9188
0,97	4,6920	4,5276
1	4,6995	4,8251

Как видно из таблицы 2, на диапазоне ДІ коэффициент усиления совпадает с некоторой погрешностью, а на диапазоне ДІІ совпадает полностью.

Путем добавления директорских пластин над излучателем удалось



добиться согласования антенны с фидерной линией, а также усиления на диапазоне ДП (рисунки 11 и 12).

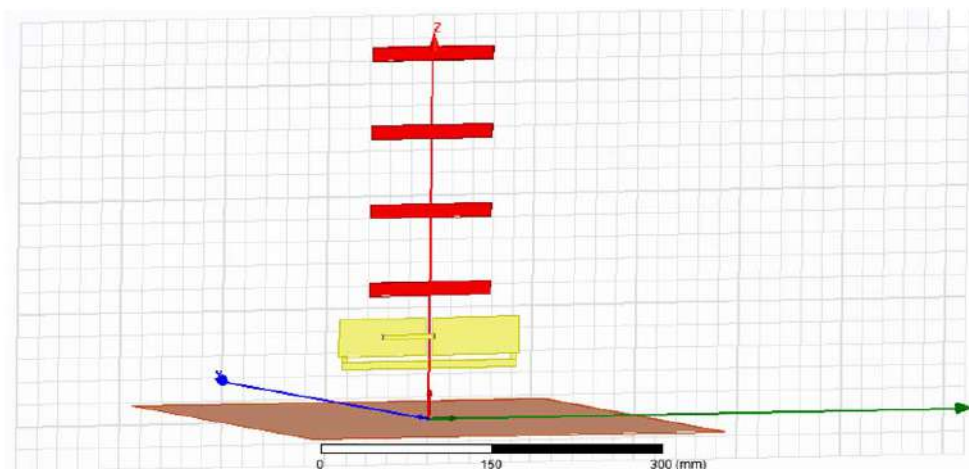


Рисунок 11 – Трехмерная модель излучателя со структурой

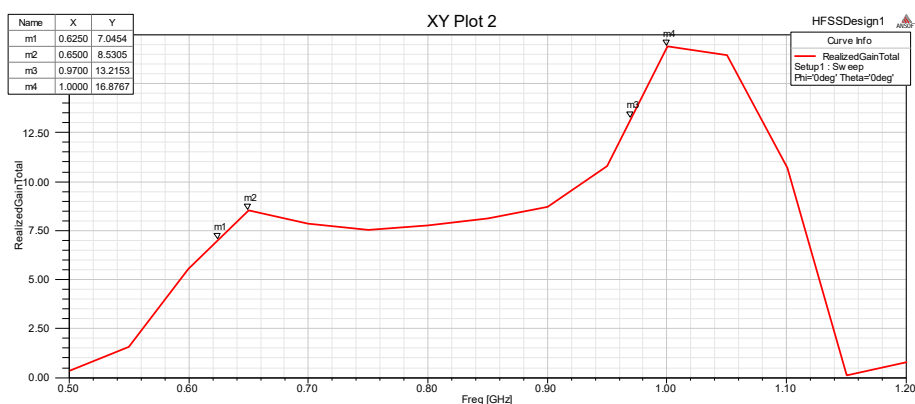
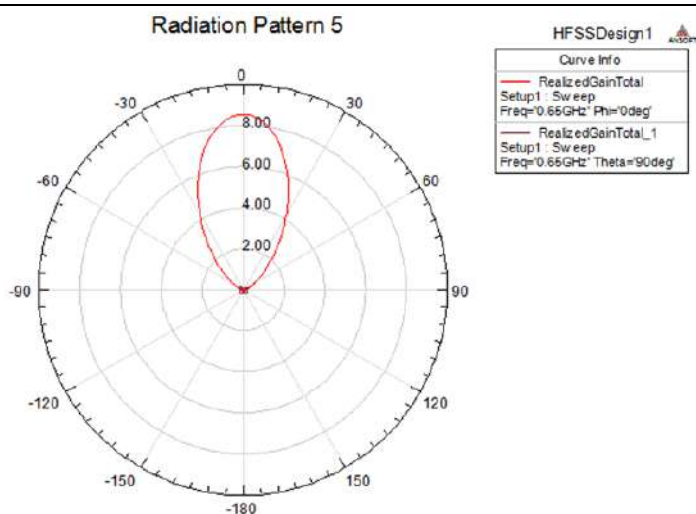


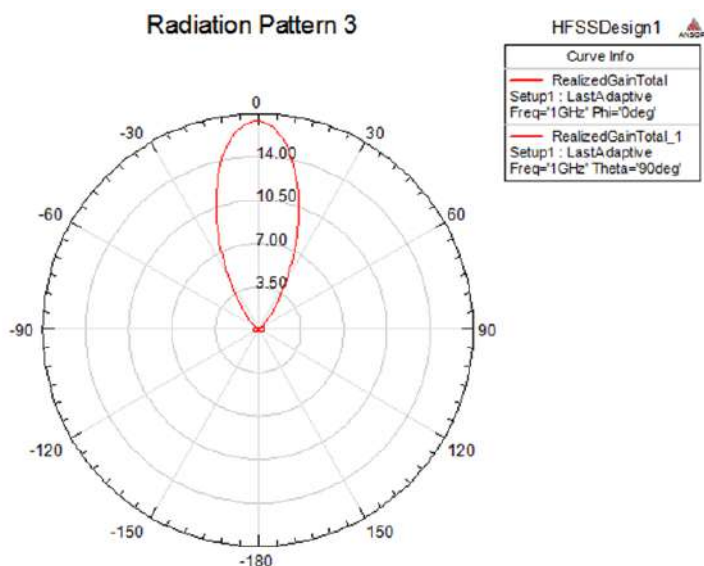
Рисунок 12 – График зависимости КУ излучателя со структурой из трех директоров от частоты

Как видно из полученных графиков, КУ заметно увеличился за счет добавления структуры из директоров, а КСВ антенны согласован на диапазоне ДП. Наиболее оптимальной является структура из четырех директоров, поскольку при таком расположении излучателей КУ антенны достигает наибольшего значения.

Диаграммы направленности данного излучателя представлены на рисунках 13 и 14.



**Рисунок 13 – Диаграмма направленности одиночного излучателя в полярной системе координат на диапазоне ДД**



**Рисунок 14 – Диаграмма направленности одиночного излучателя в полярной системе координат на диапазоне ДД**

Из приведенных графиков следует, что ДН такой антенны имеет большой уровень главного лепестка, и низкий уровень боковых лепестков.

На рисунке 15 представлены графики КУ и КСВ лабораторного макета излучателя со структурой из четырех директоров и в таблице 3.



Рисунок 15 – Графики КУ и КСВ одиночного излучателя со структурой из четырех директоров

Таблица 3 – Расчет КУ

f [Гц]	Рпр/Рпер [дБ]	Рпр/Рпер [ед]	c	$\lambda$ [м]	$\pi$	R [м]	Спер [ед]	Гпр [ед]
0,625	19,2	83,17637711	30	0,48	3,14	1,95	5,19	6,03113
0,65	19,3	85,11380382	30	0,461538	3,14	1,95	4,81	6,878403
0,97	20,6	114,8153621	30	0,309278	3,14	1,95	3,68	14,84231
1	20,4	109,6478196	30	0,3	3,14	1,95	3,67	16,56304

Сравним результаты моделирования с результатами реальных измерений в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика измерения коэффициента усиления

f [Гц]	КУ компьютерной модели [ед]	КУ реального макета [ед]
0,625	7,0454	6,03113
0,65	8,5305	6,878403
0,97	13,2153	14,84231
1	16,8757	16,56304

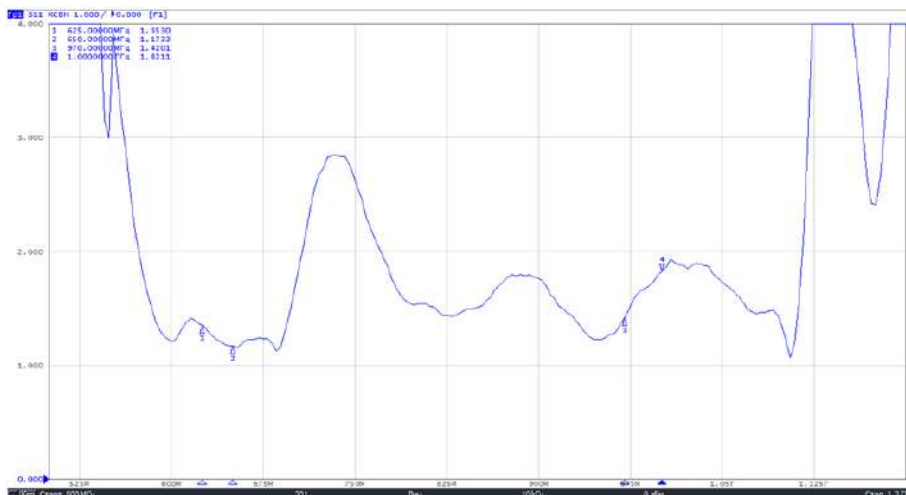
Как видно из таблицы 4, значение КУ на диапазоне ДІ различается на 1-2 единицы, а на диапазоне ДІІ почти совпадает.



**Рисунок 16 – Фотография лабораторного макета синфазной антенной решетки на базе волнового канала**

На верхней частоте ДШ-диапазона 1050 МГц был рассчитан КУ данной решетки. Излучатели сперва были расположены друг от друга с шагом  $\lambda$  и были измерены основные характеристики ( $K_{СВ}$ , КУ,  $S_{эф}$ ), а затем шаг был увеличен до расстояния  $2\lambda$ , и проделаны повторные измерения. Увеличение шага необходимо для того, чтобы проследить взаимовлияние излучателей друг на друга.

Результаты испытаний антенной решетки представлены на рисунке 17 и в таблице 5.



**Рисунок 17 – График КСВ антенной решетки с шагом  $\lambda$**

Таблица 5 – Расчет КУ

	f [ГГц]	R <sub>пр</sub> /R <sub>пер</sub> [dB]	R <sub>пр</sub> /R <sub>пер</sub> [ед]	G <sub>пер</sub> [ед]	G <sub>пр</sub> [ед]	Sэф[m2]	КИП
Решетка с шагом $\lambda$	1,025	17,8	60,25596	10	38,8395	0,253	0,704
Решетка с шагом $2\lambda$	1,025	18	63,09573	10	42,72687	0,279	0,776

Как видно из полученных результатов, при увеличении расстояния между излучателями происходит увеличение КУ, а вместе с тем и эффективной площади и коэффициента использования поверхности (КИП). Однако, располагая излучатель на расстоянии равном или чуть меньшим, чем длина волна, удастся поместить большее количество излучателей и получить суммирование антенной ячейки кратное четырем и, тем самым, добиться максимального КИП.

Использование приемо-передающих устройств с оптимизированной конструкцией улучшает эффективность функционирования систем связи [8...11].

#### **Выводы**

Получены оптимальные конструкции антенных систем на основе антенны типа волновой канал для создания фазированной антенной решетки с цифровым сканированием луча. Результаты компьютерного моделирования в трехмерной среде и результаты экспериментальных данных по определению КУ, КСВ, КИП исследуемого приемо-передающего устройства незначительно отличаются друг от друга (от 1 до 2 единиц) или совпадают.

#### *Литература*

1. Уманский, Р. Ю. Исследование тенденций и проблем развития сетей беспроводного широкополосного доступа / Р. Ю. Уманский, А. М. Мансурова // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – Т. 5. – № 12. – с. 116-118.
2. Семенов, А. Б. Эволюция и направления развития систем интерактивного управления СКС / А. Б. Семенов // Вестник связи. – 2005. – № 10. – с. 37-43.
3. Привалов, В. И. Повышение эффективности центров обработки данных для информационных систем / В. И. Привалов, Ю. В. Боковой, В. М. Зимин, Е. С. Харламова, В. А. Четкин, Е. П. Шевченко // Двойные технологии № 4. – 2014. – с. 75-78.
4. Шумов, А. В. Применение композитных материалов в радиолокационной технике. Отражатель антенного устройства Доплеровского ме-

- теорологического радиолокатора / А. В. Шумов, А. А. Плахотниченко, М. В. Титова // электронное издание «НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ», ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н. Э. Баумана». Эл № ФС 77 - 48211. – 2014. – № 12.
5. Мэттьюз, Ф., Ролингс, Р. Композитные материалы. Механика и технология / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс // М.: Техносфера. – 2004. – 408 с.
  6. Аббасов, А. Э. Оптимизация параметров моделируемых устройств / Инновационные аспекты социально-экономического развития региона // А. Э. Аббасов / сб. тр. По материалам V ежегодной научной конференции аспирантов ФТА. – Королев МО. – 18.12.2014. – с. 10-19.
  7. Волошин, В. А., Габриэльян, Д. Д., Оводов, О. В. Синтез амплитудно-фазового распределения в антенных решетках с произвольным контуром антенны / В. А. Волошин, Д. Д. Габриэльян, О. В. Оводов // 2010. – № 2(153). – с.44-47.
  8. Стреналюк, Ю. В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / О. А. Копылов, Ю. В. Стреналюк, Е. Д. Штрафина // Королев: ФТА. – 318 с.
  9. Артюшенко, В. М. Мультимедийные гибридные сети / В. М. Артюшенко, А. К. Гуреев, В. В. Абраменков, К. А. Енютин: монография // М.: МГУС, – 2007. – 94 с.
  10. Artyushenko, V. M., Abbasova, T. S. Increasing noise immunity of electric communication channels in high-speed telecommunication systems // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2014. – Т. 11. – С. 277-279.
  11. Аббасова, Т. С. Обеспечение помехозащищенности беспроводных устройств телекоммуникационных систем / Т. С. Аббасова // Информационно-технологические технологии. – 2015. – Т. 13. – № 1. – С. 88-93.

УДК 681.3.07

## Метод распознавания типов объектов на изображении

**В.Я. Вилисов**, д.э.н., к.т.н., профессор,

**О.Н. Борисова**, к.ф.-м.н., доцент,

**Н.П. Мацнев**, к.т.н., доцент кафедры Математики и естественнонаучных дисциплин,

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Предложен алгоритм статистического анализа изображений для выявления типов объектов. Исследование выполнено в контексте изображений лесного массива. Алгоритм позволяет в заданной области выявить регионы локализации некоторого множества типов объектов. Для каждого региона решается задача классификации, т.е. определяется тип объекта. При классификации используются методы регрессионного, кластерного, корреляционного анализа. Работоспособность и эффективность алгоритма проверена на примере в режиме имитационного моделирования.*

Лидар, изображение, распознавание, порода деревьев, лес.

## Recognition method of types of objects in the image

**V.Y. Vilisov**, D.Sc. in economics, Ph.D., Professor,

**O.N. Borisova**, Ph.D., associate professor,

**N.P. Matsnev**, Ph.D., Associate Professor,

Department of Mathematics and Natural Sciences State,  
State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*The algorithm for statistical image analysis to identify the types of objects. The study was performed in the context of the image of the forest. The algorithm allows a predetermined area to identify regions of the localization of a plurality of types of objects. For each region, solved the problem of classification, ie It is determined by the type of object. In the classification used in the regression, cluster, correlation analysis. The efficiency and effectiveness of the algorithm is checked on the example in simulation mode.*

Lidar, image, recognition, forest.

### Введение

Задача распознавания объектов на некотором снимке, изображении является актуальной во многих прикладных областях, в частности, в робототехнике при анализе сцен и решении навигационных задач по изображениям или видеоряду. При мониторинге поверхности Земли в разнообразных народнохозяйственных целях решаются многочисленные задачи анализа изображений в различных частотных спектрах. Одной из таких групп задач является мониторинг лесных массивов для получения количественных характеристик (оценок) пород деревьев на тех или иных территориях. В качестве источников изображений могут быть как фото/видео камеры, так и специальные средства, например, лидары [5] – лазерные радары, работающие в режиме локации и позволяющие, в отличие от фото и видео аппаратуры, получать изображения даже в условиях плохой видимости и облачности. Лидар (*LIDAR* англ. *Light Identification Detection and Ranging* – световое обнаружение и определение дальности) – это технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах.

Лидарные комплексы позволяют получать изображения в цифровой форме, причем по каждому исходящему и принятому импульсу имеется широкий набор данных, в частности, координаты точки отражения ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), время GPS, интенсивность отраженного сигнала, номер отражения, число отражений, угол сканирования и др. Именно данные лесных массивов, полученные лидаром, и послужили исходной информацией для решения задачи распознавания пород деревьев по данным изображения (рис. 1).

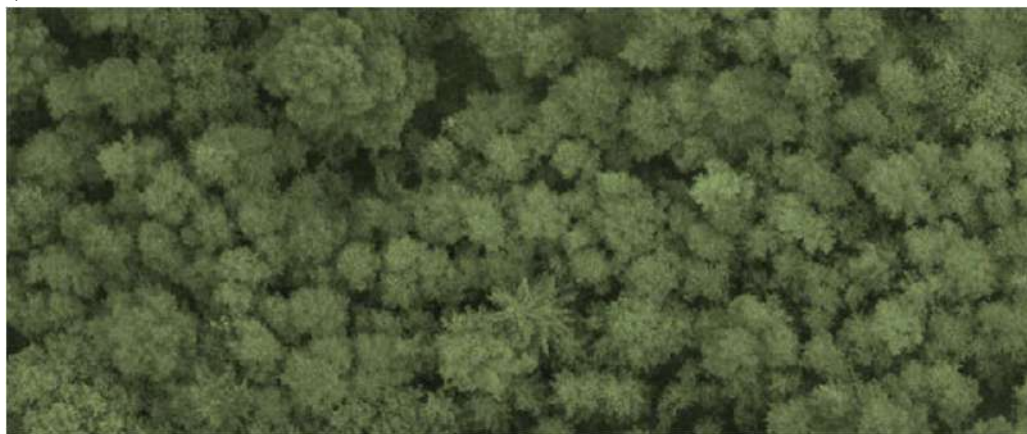


Рисунок 1 – Фрагмент изображения леса

Существенная доля исследований, выполненных для решения раз-



нообразных задач распознавания, основана на использовании идей перцептрона Эшби-Розенבלата или нейросетевых структур, в частности Когнитрона Фукушимы [10].

Многие алгоритмы распознавания используют в качестве ключевых элементов группы образов. Но существует достаточно много публикаций [1, 5-9], свидетельствующих об относительно высокой сложности реализации подобных проектов либо о недостаточной эффективности распознавания. Важным качеством прикладных алгоритмов распознавания является оптимальное соотношение сложности их реализации и эффективности результатов.

В работе, на примере задач анализа изображений лесных массивов предлагается вариант алгоритма корреляционного распознавания с предварительным обучением.

### **Исходные данные, предположения и допущения**

Приведем описание основных предпосылок, используемых в данном исследовании.

1. В массиве данных снимка для каждой его точки известны две координаты ( $x, y$ ) и интенсивность, или яркость, ( $d$ ). Будем считать, что большим значениям интенсивности соответствуют и большие значения показателя  $d$ . Т.е. вершина, как наиболее яркая часть кроны будет иметь максимальное значение  $d$ . В данных снимка, полученных с лидара,  $d \in [0; 255]$ . При этом, если направление освещенности Солнцем является существенным, то будем считать, что можно выполнить предварительную корректировку значений интенсивности всех точек снимка, приведя к такому виду, когда вершине соответствует максимальное значение  $d$ . Если такая корректировка невозможна, то модификация алгоритма позволит компенсировать асимметрию освещенности.

2. При описании алгоритма будем считать, что все деревья представлены в виде сверху, т.е. их кроны являются практически симметричными, а вершины находятся в центрах крон.

3. Основная гипотеза, на которой строится приводимый ниже алгоритм распознавания пород заключается в следующем. Каждая порода имеет свою форму кроны, которая в разных ее точках по-разному рассеивает свет. Изменение интенсивности от вершины к периферии отличается для различных пород. Т.е. функция  $d(r)$ , отражающая изменение интенсивности по радиусу (от вершины до произвольной точки кроны) имеет свою характерную форму для различных пород деревьев. Аналогичный подход используется при моделировании, анализе и представлении сцен [7-9] с использованием различных объемных фигур (многогранники, сферы, эллипсоиды, конусы и др.). Эти зависимости, применительно к кронам, должны учитывать их абсолютные размеры, обусловленные, в том числе, возрастом. Одним из способов учета возраста (для унификации

множества распознаваемых деревьев) может быть нормирование абсолютных размеров приведением их к интервалу  $[0; 1]$ .

4. Функции интенсивности  $d_i(r)$  для каждой  $i$ -ой породы из числа  $n$  рассматриваемых, априори неизвестны. Они могут быть определены в результате процедуры обучения (настройки) моделей на основании предъявления Оператору (Учителю) экземпляров пород на изображении. В процессе обучения по ряду предъявлений для каждой породы необходимо построить функции  $d_i(r)$ , как средние и стандартные отклонения  $\sigma_i(r)$ . Функции  $d_i(r)$  должны стать эталонными функциями интенсивности (ЭФИ) для последующего сравнения с ними тестируемых экземпляров. Функции  $\sigma_i(r)$  могут быть использованы для оценивания значений ошибок распознавания (ошибок первого и второго рода).

5. Распознавание типа породы, к которой может относиться произвольная точка изображения, может быть выполнена на основе построения экземпляра  $d_t(r)$  тестовой функции интенсивности (ТФИ) и последующего его сравнения с эталонными (ЭФИ). Сравнение может проводиться на основе, например, меры, представленной коэффициентом корреляции или суммарной квадратичной невязкой.

В рамках приведенных предпосылок и с использованием элементов предложенных в работе алгоритмов могут быть решены следующие задачи.

1. Для любой выбранной точки на изображении определить породу дерева. При этом результат может быть представлен:

- номером, типом наиболее вероятной породы;
- набором вероятностей того, что точка принадлежит тому или иному типу пород.

В зависимости от целей исследования могут представлять интерес и такие показатели качества оценок как:

- вероятность ошибки первого рода (ложной тревоги – что точка принадлежит не объявленной породе, а какой-то другой);
- вероятность ошибки второго рода (ложному пропуску – что фактическая порода не будет объявлена).

2. Для любого выбранного диапазона на изображении определить количественные и/или площадные доли пород. В рамках этой задачи могут быть построены оценки возрастных долей по каждой из пород (если известны эмпирические зависимости размера кроны от возраста).

Рассмотрим, каким образом может быть решена первая из этих двух задач. Для ее решения необходимо построить алгоритмы, реализуемые на двух следующих этапах:

- **настройка:**
  - алгоритм обучения, т.е. построения эталонных функций интенсивности (ЭФИ) для пород деревьев всех типов;

- текущего *оценивания*:
  - алгоритм построения функции интенсивности анализируемой, априори неизвестной, породы;
  - алгоритм распознавания (идентификации) неизвестной породы по ее функции интенсивности.

Рассмотрим каждый из трех перечисленных алгоритмов и приведем результаты имитационного эксперимента с их использованием.

#### Алгоритм обучения

1. Оператор (учитель) указывает  $K_i, i = \overline{1, n}$  объектов каждого -го типа для построения эталонных функций  $d_i(r)$ .

2. По каждому  $k_i$  дереву (имеющему видимую крону радиуса  $R_i$ ) каждой  $i$ -й породы выполняются следующие однотипные действия.

2.1. Визуально оператор выбирается точка, соответствующая центру кроны (ЦК). Заметим, что некоторым усложнением алгоритма за счет включения специальных поисковых процедур, например, Бокса-Уилсона [2-4], можно построить и строгую процедуру выявления координат ЦК из произвольной начальной точки региона, соответствующего конкретному экземпляру дерева.

2.2. От ЦК вдоль исходящих радиусов с дискретным шагом определяются значения интенсивности, что составит, по множеству радиусов, ансамбль реализаций случайной функции  $d(r)$ . Далее следует определить среднюю  $d_a(r)$  по ансамблю функцию  $d_i(r)$  (для нормированной версии –  $r \in [0; 1]$ ).

Фрагмент данных, полученных в режиме имитационного моделирования для 5-ти реализаций, определенных по радиальным сечениям  $r_1 \dots r_5$ , приведен в таблице 1.

#### Алгоритм построения функции интенсивности

В рабочем регионе изображения выделить множество крон и построить для каждой из них среднюю функцию интенсивности  $d(r)$ , которая может быть аппроксимирована аналитической (регрессионной) функцией интенсивности (АФИ) второго порядка вида:

$$d(r) = a + br + cr^2. \quad (1)$$

Здесь, как и для ЭФИ, будем считать переменную и аргумент нормированными:  $d, r \in [0; 1]$ , откуда, очевидно, в (1) для всех типов крон коэффициент  $a = 1$ . Поскольку интенсивность монотонно убывает для любых типов деревьев, коэффициент  $b$  всегда будет неположительным, а коэффициент  $c$  может быть любым по знаку. Таким образом, все породы будут отличаться значениями двух коэффициентов:  $b$  и  $c$ , которые можно представить в виде точек на плоскости  $(b, c)$ . Тогда различные породы будут образовывать компактные кластеры (см. рис. 2).

Таблица 1 – Таблица радиальных измерений

Радиус	r1	r2	r3	r4	r5	ЭФИ	
Угол	0°	60°	120°	180°	240°	Средн.	
$d_i(r)$	$d_1(r)$	$d_2(r)$	$d_1(r)$	$d_1(r)$	$d_1(r)$	$d_a(r)$	
r	0	0.90	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98
	0.01	0.91	1.00	0.90	1.00	0.89	0.94
	0.02	0.97	0.93	0.89	1.00	0.92	0.94
	0.03	1.00	1.00	0.89	1.00	1.00	0.98
	0.04	0.95	1.00	1.00	0.98	0.93	0.97
	0.05	0.88	0.99	1.00	0.94	0.99	0.96
	0.06	0.86	0.99	0.99	0.87	0.87	0.92
	0.07	0.99	0.92	0.97	0.90	1.00	0.96
	0.08	0.88	0.90	0.85	0.90	0.85	0.88
	0.09	0.91	1.00	0.93	0.83	0.86	0.91
	0.1	0.90	1.00	0.89	0.93	0.99	0.94

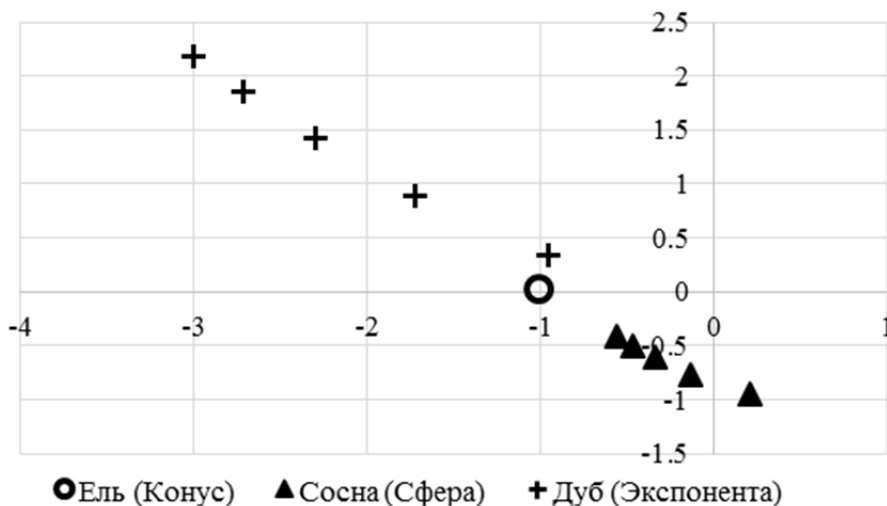


Рисунок 2 – Кластеры пород

Аппроксимацию функций интенсивности можно выполнить, например, средствами опции «Регрессия» надстройки «Анализ данных» MS Excel. В тех случаях, когда квадратичная модель будет иметь неудовлетворительные показатели аппроксимации (например,  $R^2$ ), то степень полинома (1) можно увеличить, что позволит более тонко представить

функцию интенсивности.

По данным имитационного эксперимента функция интенсивности для одной из трех пород (ель, сосна, дуб) приведены на рисунке 3.

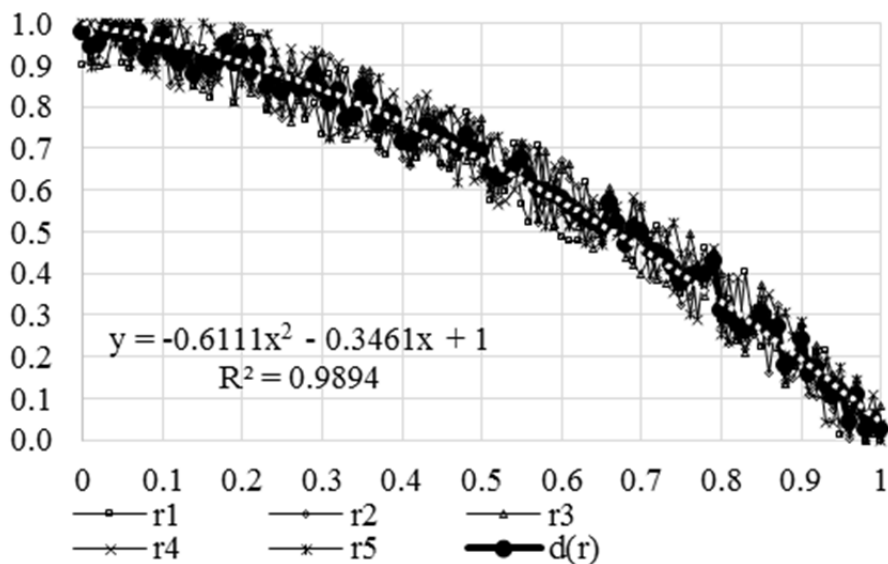


Рисунок 3 – Функция интенсивности сосны

#### Алгоритм распознавания породы

Распознавание строится на основе вычисления значений показателей соответствия пар функций интенсивностей. Одним из элементов пары является ЭФИ эталона, а вторым – функция интенсивности тестируемой кроны. В табл. 2 приведены значения таких показателей как коэффициент корреляции и сумма квадратов невязок. В таблице 2 приведены данные для имитации распознавания ели.

#### Имитационный эксперимент

Анализ, проведенный на данных имитационного эксперимента (см. рис. 4) показал, что для тех же трех типов пород деревьев, по коэффициенту корреляции (табл. 2) распознано 100% случаев, а по сумме квадратов невязки – лишь 30%.

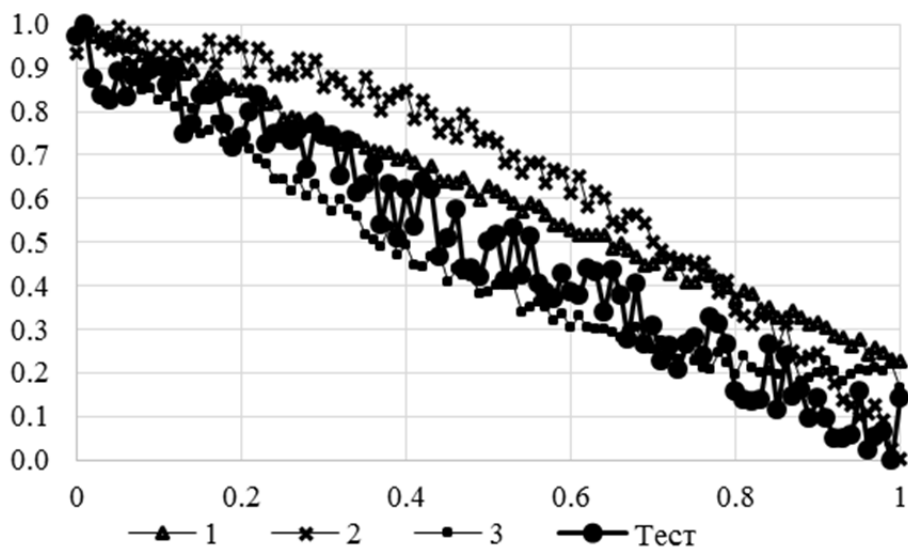


Рисунок 4 – Эталонные и тестовая функции интенсивности

Таблица 2 – Таблица радиальных измерений

№ п/п	Коэффициент корреляции	Сумма квадратов невязок
1	0.981	1.387
2	0.951	1.835
3	0.944	0.961

### Выводы

1. Предложенный метод анализа изображений, на предмет распознавания объектов, в режиме имитационного эксперимента, по основным параметрам близкого к реальным, показал свою работоспособность.

2. В состав метода включены хорошо зарекомендовавшие себя алгоритмы статистического анализа, что позволяет считать элементы метода в достаточной степени апробированными.

3. В качестве задач дальнейшего исследования метода представляется целесообразным проанализировать его эффективность для других типов изображений, например, ситуационных сцен в робототехнике, а также проанализировать вопросы распознавания в режиме *on-line*.

### Литература

1. Вапник, В. Н. Теория распознавания образов / В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис // М.: Наука. – 1974. – 416 с.
2. Вилисов, В. Я. Адаптивные модели исследования операций в экономике / В. Я. Вилисов // М.: Энит. – 2007. – 286 с.

3. Вилисов, В. Я. Анализ динамики обучения робота в условиях нестационарности критериев / В. Я. Вилисов // Информационно-технологический вестник. – 2014. – № 2. – С. 34-39.
4. Вилисов, В. Я. Анализ эффективности обучения робота в условиях целевой нестационарности / В. Я. Вилисов // Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины. Сборник научных статей по материалам XI Международной научно-технической конференции: в 2 частях. – 2014. – Часть 2. – С. 282-287.
5. Гонсалес, Р. С. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Э. Вудс // М.: Техносфера. – 2005. – 1070 с.
6. Горелик, А. Л. Методы распознавания / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин // М.: Высшая школа. – 2004. – 260 с.
7. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен / Р. Дуда, П. Харт // М.: Мир. – 511 с.
8. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг // М.: Изд. дом «Вильямс». – 2007. – 1408 с.
9. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2006. – 752 с.
10. Fukushima, K. Neocognitron for Handwritten Digit Recognition / K. Fukushima // Neurocomputing. – 2003. – № 51. – pp. 161-180.

**Становление направления «Радиоэлектронная  
безопасность функционирования информационных  
объектов» в системе дополнительного профессионального  
образования по информационной безопасности**

**В.Н. Соляной**, к.в.н., доцент,

**А.И. Сухотерин**, к.в.н., доцент,

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Целью проведенных исследований по вышеуказанной тематике является обобщение опыта разработки и внедрения нового направления дополнительного профессионального образования по информационной безопасности. Выявлены особенности по востребованности и подготовки профессиональных кадров в области информационной безопасности для региона Московской области. Обоснована целесообразность реализации на базе Технологического университета (г. Королев) программы ДПО по подготовке кадров в области ИБ по направлению «Радиоэлектронная безопасность функционирования информационных объектов» с профилем – Организация и технологии радиоэлектронной защиты». Выявлены потенциальные потребители разработанной образовательной программы. Представлена в общем виде структура, объем, содержание и целесообразный алгоритм реализации программы. Показаны ожидаемые трудности практической реализации разработанной программы ДПО. Приведен ожидаемый эффект от внедрения дополнительной профессиональной образовательной программы.*

Информационная безопасность, дополнительное профессиональное образование, учебный план, учебные модули и дисциплины, методическое обеспечение образовательных программ, потребители образовательных услуг, алгоритм реализации программы.

**Becoming direction «Radio-electronic security operation of  
information objects» in the system additional professional  
Education Information Security**

**V.N. Solyanoy**, candidate of military sciences, senior researcher,

**A.I. Sukhoterin**, candidate of military sciences, senior researcher,



State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*The aim of the research on the above topics is to summarize the experience of the development and implementation of a new direction of additional vocational training on information security. The features on demand, and professional training in the field of information security for the region, Moscow region. The expediency of implementation at the University of Technology (Korolev) DPO program on training in the field of information security in «radio-electronic security operation in-informational objects» with a profile – Organization and technology of radio-electronic protection». Identified potential customers to develop educational programs. Presented in the form of general structure, volume, content and suitable algorithm for implementation of the program. Showing the expected difficulties of practical implementation of the program developed by the DPO. An expected effect of the introduction of additional professional education program.*

Information security, additional vocational education, curriculum, training modules and discipline, methodical support of educational programs, consumers of educational services, the algorithm of the program.

Глобальные информационные процессы, происходящие в мире, внедрение передовых международных подходов в сфере образования [1,2,3,4,5] с широким использованием современных образовательных информационных технологий предъявляют новые требования по подготовки высококвалифицированных трудовых кадров. Данное положение находит свое проявление и в области подготовки профессионалов по информационной безопасности (ИБ) для большинства сфер деятельности государства.

Наряду с существующим высшим и средним профессиональным образованием подготовки кадров находит свое дальнейшее развитие система дополнительного профессионального образования (повышения квалификации и профессиональная переподготовка) по информационной безопасности.

Проведенный анализ востребованности и подготовки кадров по ИБ в регионе Московской области выявил следующие особенности:

- недостаточную практическую подготовку бакалавров и магистров по инженерной деятельности на базе Технологического университета (г. Королев);

- необходимость в повышении квалификации и переподготовке работающих кадров по специфическим для региона направлениям подготовки в ракетно-космической сфере (в космосе, в воздухе и на земле);

- не в полной мере, в существующих образовательных процессах и непосредственно в практической деятельности современных организационно-производственных структур, рассматриваются вопросы радиоэлектронной безопасности функционирования информационных объектов региона.

С учетом вышеизложенных особенностей в Технологическом университете (г. Королев) разрабатываются и планируются реализовать в 2015/2016 учебном году дополнительные профессиональные программы по подготовки кадров в области ИБ по направлению «Радиоэлектронная безопасность функционирования информационных объектов» с профилем – Организация и технологии радиоэлектронной защиты». Трудоемкость обучения по данной программе – 250 часов. Успешно закончившим программу слушателям присваивается квалификация – Специалист по радиоэлектронной безопасности (аналитика, организация, эксплуатация). Реализация данного направления дополнительного профессионального образования (ДПО) следует рассматривать как образовательный эксперимент [5,6,7,8,].

По окончании обучения по вышеуказанной дополнительной профессиональной программе, студенты Технологического университета, обучающиеся по направлению подготовки 10.03.01 – Информационная безопасность (квалификация / степень – бакалавр, профиль – Организация и технология защиты информации), получают возможность по расширению своего трудоустройства путем повышения основных и приобретения новых компетенций.

Потенциальными потребителями образовательных услуг разрабатываемой дополнительной профессиональной программы по направлению «Радиоэлектронная безопасность функционирования информационных объектов» в перспективе могут выступать;

- государственные гражданские и муниципальные служащие, используемые в своей деятельности современные электронно-информационные технологии по обработке закрытого информационного ресурса;

- руководители и специалисты учреждений, предприятий и организаций, сферы деятельности которых прямо или опосредовано связаны с обеспечением ИБ (защитой информации);

- уволенные в запас военнослужащие и члены их семей;

- граждане региона, желающие получить перспективные профессии;

- преподаватели и студенты высшего и среднего профессионального образования, образовательных учреждений;

- иностранные граждане (мигранты) и другой контингент.

Структурно учебно-методическое обеспечение реализации данного

направления ДПО строится по модульному принципу в виде трех логически взаимосвязанных учебных модулей, общей трудоемкостью по 72 часа каждый и заключительного модуля по итоговой аттестации, объемом 34 часа. Все учебные модули состоят из двух учебных дисциплин, трудоемкостью по 36 часов каждая.

Разработанный комплекс учебно-методической документация включает следующие основные материалы: программу профессиональной переподготовки (с учебным планом); программы реализации каждого учебного модуля. В таблице 1 представлен в обобщенном виде фрагмент учебного плана рассматриваемой дополнительной профессиональной программы [10,11,12,13].

Анализируя содержание представленного фрагмента учебного плана ПДО (табл. 1) можно сформулировать следующие положения:

- первый модуль учебных дисциплин направлен на изучения базовых теоретических основ сферы обеспечения радиоэлектронной безопасности функционирования современных информационных объектов;

- второй модуль раскрывает ключевые положения обеспечения радиоэлектронной безопасности при реализации, прежде всего, оборонительной стратегии информационной безопасности, то есть в основном пассивных мер по поддержанию достигнутого уровня защиты информации;

- третий модуль раскрывает базовые меры по радиоэлектронной безопасности при реализации как наступательной стратегии обеспечения ИБ (активные ответные и встречно – ответные меры), так и в ходе реализации упреждающей стратегии ИБ (активные упреждающие меры).

Применительно к реализации данной программы ДПО со студентами университета, обучающимися по основной образовательной программе (направлению подготовки 10.03.01 – Информационная безопасность, квалификация /степень – бакалавр, профиль – Организация и технология защиты информации) последовательное изучение модулей проводится по следующей схеме:

- 1-ый модуль дополнительной программы изучается на третьем семестре (2 курс) освоения основной образовательной программы (ООП);
- 2-ой модуль дополнительной программы изучается на четвертом семестре (2 курс) освоения ООП;
- 3-ий модуль дополнительной программы изучается на четвертом семестре (3 курс) освоения ООП;
- Итоговая аттестация освоения дополнительной программы осуществляется на 5-ом семестре (3 курс) до начала зачетной и экзаменационной сессий по ООП.

Данный алгоритм реализации программы ДПО позволит миними-

зировать значительную учебную нагрузку студентов по одновременному освоению программ ООП и ДПО.

Материально-техническое обеспечение реализации рассматриваемой профессиональной программы предусматривает использование объединенной лабораторной базы по информационной безопасности и радиоэлектронным системам и средствам Технологического университета и Колледжа космического машиностроения и технологий, входящего в состав университета и осуществляющих подготовку радиотехников.

Адаптируя эти положения, применительно к практической реализации требуемых мер по обеспечению радиоэлектронной безопасности функционирования информационных объектов предприятий (организаций, учреждений), видно, что рассмотренные меры в учебных модулях наиболее характерны:

- в первом модуле – для малых предприятий;
- во втором модуле – для средних предприятий;
- в третьем модуле – для крупных предприятий.

**Таблица 1 – Фрагмент учебного плана разработанной программы ДПО**

Наименование модуля и дисциплин	Общая трудоемк., час.	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.			СРС, час.
			Лекции	Лабор. работы	Прак. занятия, семинар	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1. Теоретические основы электромагнитных волн, современных радиоэлектронных систем и радиоэлектронной безопасности</b>	72					
1.1. Теоретические основы электромагнитных волн и современные радиоэлектронные системы	36	18	8	4	6	18
1.2. Основы теории радиоэлектронной безопасности (радиоэлектронной борьбы)	36	18	8	4	6	18
<b>2. Аналитико-информационное обеспечение радиоэлектронной безопасности функционирования информационных объектов</b>	72					
2.1. Организация и ведение радиоэлектронной разведки, анализ радиоэлектронной обстановки на информационных объектах	36	18	8	4	6	18

2.2. Организация технического контроля функционирования радиоэлектронных объектов	36	18	8	4	6	18
<b>3. Организация и технологии радиоэлектронного поражения и радиоэлектронной защиты</b>	<b>72</b>					
3.1. Разработка, организация и применение (эксплуатация) систем радиоэлектронного поражения	36	18	8	4	6	18
3.2. Разработка, организация и применение (эксплуатация) систем радиоэлектронной защиты	36	18	8	4	6	18
<b>Итоговая аттестация</b>	<b>34</b>	<i>междисциплинарный экзамен + дипломная работа (проект)</i>				
<b>Итого</b>	<b>250</b>					

С другой стороны, с учетом вышеизложенного материала, просматривается следующая концепция построения комплекса необходимых программ ДПО по направлению «Радиоэлектронная безопасность функционирования информационных объектов»:

- программа повышения квалификации, со сроком обучения 72 часа. Категория слушателей – сотрудники различных структурных подразделений, допущенных к работе с конфиденциальной информацией с использованием специальных радиоэлектронных систем и средств;

- программа профессиональной переподготовки, со сроком обучения 250 часов. Категория слушателей – сотрудники и руководители специальных структурных подразделений, занимающиеся защитой конфиденциальной информацией с использованием специальных радиоэлектронных систем и средств.

Наряду с наличием положительных моментов реализации изложенной образовательной программы, следует указать на наличия существующих проблем по данной концепции, в частности:

- существующая пассивность современного кадрового рынка по отношению к программам дополнительного образования;

- имеющиеся в стране в настоящее время демографические проблемы;

- отсутствие в кадровом обеспечении ДПО системы мотивации привлечения профессорско-преподавательского состава, корпоративных клиентов, ведущих ученых и специалистов – практиков, слушателей;

- не активно ведутся работы по подготовке учебно-методических комплексов (УМК) и электронных УМК, особенно с учетом инновационных подходов (электронного образования, использование дистанционных образовательных технологий);

- отсутствие механизмов ценообразования на услуги ДПО;
- не в полной мере ведется работа по реализации программ ДПО для малого и среднего бизнеса в области ИБ и другие отрицательные моменты.

Выявленные и указанные проблемы не являются препятствиями для отказа реализации рассмотренной программы ДПО, они определяют первоочередные задачи, которые следует решать в Технологическом университете совместными усилиями администрации образовательного учреждения, существующей структуры по ДПО университета и кафедр, участвующих в реализации профессиональных программ.

В целом, реализация направления «Радиоэлектронная безопасность» в системе дополнительного профессионального образования по информационной безопасности позволит:

- наиболее полно удовлетворить потребности слушателей в повышении их квалификации, профессиональной переподготовке, профессиональном обучении и дополнительном образовании;
- максимально полно обеспечить потребности градообразующих и других предприятий (организаций и учреждений) региона Московской области в профессиональных кадрах;
- повысить качество, конкурентоспособность и эффективность образовательных услуг, представляемых университетом;
- расширить социальное партнерство и сектор рынка образовательных услуг дополнительного образования.

#### *Литература*

1. Федеральный закон Российской Федерации: «Об образовании» (от 29 декабря 2012 г. №273).
2. Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2011 № 1944-р «О перечне направлений подготовки (специальностей) в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, специальностей научных работников, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики» Официальная публикация в СМИ: «Российская газета», № 254, 11.11.2011 «Собрание законодательства РФ», 14.11.2011, № 46, ст. 6584.
3. ФГОС ВПО по направлению подготовки 090900 Информационная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр») Приказ Минобрнауки РФ от 28 октября 2009 г. № 496.
4. Материалы пленума учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по образованию в области историко – архивоведения. РГГУ «Институт информационных наук и технологий безопасности». Сборник аннотаций программ учебных дисциплин

- ОООВПО по направлению подготовки 090900 «Информационная безопасность» квалификация: бакалавр. Профили: «организация и технология защиты информации», «Комплексная защита объектов информации». – М. 2012г.
5. ООП ВПО 090900.62 Информационная безопасность, квалификация (степень) выпускника «Бакалавр», форма обучения – очная, нормативный срок освоения программы – 4 года. Утверждена УМС ФТА: Протокол №11 от «30» июля 2014 г.
  6. Проект ФГС ВО 3+ по направлению подготовки: «Информационная безопасность».
  7. Методические материалы по обучающему комплексу по направлению подготовки 090900 информационная безопасность квалификация (степень) бакалавр и магистр: Санкт-Петербург 2014 г.
  8. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И. Взаимодействие человека, техники и природы: проблема информационной безопасности / В. Н. Соляной, А. И. Сухотерин // Научный журнал (КИУЭС) Вопросы региональной экономики. – УДК 007.51 №5 (05) г. Королев. – ФТА. – 2010г.
  9. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И., Федоров, М. А. Выбор и внедрение новых образовательных технологий в (учебный процесс) подготовку бакалавров (специалистов) и магистров по информационной безопасности. «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» // сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер». – ФТА. – 2014.
  10. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И., Успенский, Ф. А. Новые образовательные технологии в подготовке профессионалов информационной безопасности на базе ГБОУ ВПО МО «ФИНАНСОВО ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ» «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер». – ФТА. – 2014.
  11. Манько, Н. П., Сухотерин, А. И., Антоненко, В. И. Взгляды на роль и технологию организации самостоятельной работы, как одного из направлений совершенствования образовательного процесса. «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании» // сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер», ФТА, 2014.
  12. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И. Рекомендации по практике применения традиционных (неимитационных) методов и технологий образовательного процесса (практические занятия и лабораторные работы) в (учебный процесс) подготовку бакалавров (специалистов) и магистров по информационной безопасности «Инновационные технологии в современном образовании» // сборник – Королев МО:

- Изд-во «Алькор Наблишерс». – ФТА. – 2015. – 456 с.
13. Соляной, В. Н., Сухотерин, А. И., Антоненко, В. И. Особенности практико-ориентированной (квазипрофессиональной) подготовки специалистов по информационной безопасности: деловая игра – имитационный метод организации образовательного процесса «Инновационные технологии в современном образовании» сборник – Королев МО: Изд-во «Алькор Наблишерс». – ФТА. – 2015. – 456 с.



УДК 621.94

## **Некоторые вопросы измерений виртуальными приборами при проведении учебных занятий на установке NI ELVIS II**

**Е.А. Хуртин**, к.т.н., доцент, заведующий лабораторией,  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Проведен сравнительный анализ результатов измерений, осуществляемых с помощью осциллографа или анализатора амплитудно- и фазочастотных характеристик установки NI ELVIS II при различных способах подключения этих приборов к исследуемому устройству.*

Измеритель, виртуальный, сопротивление, генератор.

## **Some issues with the measurement VI straining sessions on installing NI ELVIS II**

**E.A. Khurtin**, Ph.D., Associate Professor, Head of the Laboratory,  
State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*A comparative analysis of the results of measurements made using an oscilloscope or the amplitude and phase analyzer NI ELVIS II of features at various ways to connect these devices to the test device.*

Meter, virtual, resistance, generator.

Установка NI ELVIS II успешно используется в учебном процессе при разработках и проведении лабораторных работ по различным дисциплинам. Программно-аппаратная среда NI ELVIS II [1,2] включает в себя аппаратную составляющую для построения макетов радиоэлектронных устройств и выполнения измерений их характеристик, а также соответствующее программное обеспечение.

Разработанные в NI ELVIS II виртуальные приборы предназначены для измерения параметров радиоэлектронного устройства, макет которого собирается на макетной плате, либо является отдельно выполненным устройством. Штатный состав установки NI ELVIS II содержит следующие

приборы:

1. Цифровой мультиметр *DMM*
2. Осциллограф *Scope*
3. Функциональный генератор *FGEN*
4. Переменные источники напряжения *VPS*
5. Анализатор амплитудно-частотной характеристики *Bode*
6. Анализатор спектра *DSA*
7. Генератор специальных функций *ARB*
8. Цифровой вход *Dig In*
9. Цифровой выход *Dig Out*
10. Измеритель импеданса *Imped*
11. Измеритель ВАХ двухполюсников *Two-Wire Current Voltage*

*Analyzer*

12. Измеритель ВАХ трехполюсников *Three-Wire Current Voltage*

*Analyzer*.

К настоящему времени в литературе не удалось обнаружить каких-либо материалов, отражающих особенности использования указанных выше виртуальных приборов.

В основном измерительные приборы имеют строго определенные входы и результаты измерений должны трактоваться однозначно. Однако такие устройства как осциллограф и анализатор амплитудно-частотной характеристики могут подключаться к анализируемому устройству различными путями. В частности, они могут быть подключены через разъемы *BNC*, расположенные на боковой панели рабочей машины, или аналоговые входы *AI*, находящиеся на макетной плате *NI ELVIS II*, или их сочетания. Причем характеристики приборов при использовании различных входов отличаются друг от друга, соответственно и результаты измерений оказываются различными.

В частности, отмечается [3], что входное сопротивление при включенном устройстве между *AI+* и *AIGND* и между *AI-* и *AIGND* составляет не менее 1 ГОм и емкость между ними 100 пФ. Сопротивление же между *AI+* и *AI-* при дифференциальном включении входов в технических характеристиках не указывается. В то же время отмечается, что полное входное сопротивление осциллографа составляет 1 МОм и емкость 25 пФ. Действительно, экспериментальное измерение сопротивлений показало, что входное сопротивление осциллографа со стороны *BNC* разъема больше 1 МОм, а по входу *AI+* гораздо больше 1МОм.

Различия в результатах измерения были замечены при анализе работы симметричного мультивибратора, электрическая схема которого показана на рисунке 1.

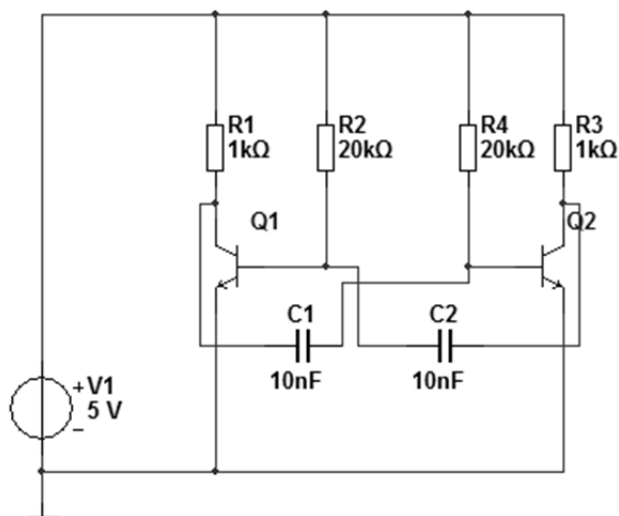


Рисунок 1 – Электрическая схема симметричного мультивибратора на биполярных транзисторах

Осциллограмма напряжения на коллекторе транзистора Q2 показана на рисунке 2.

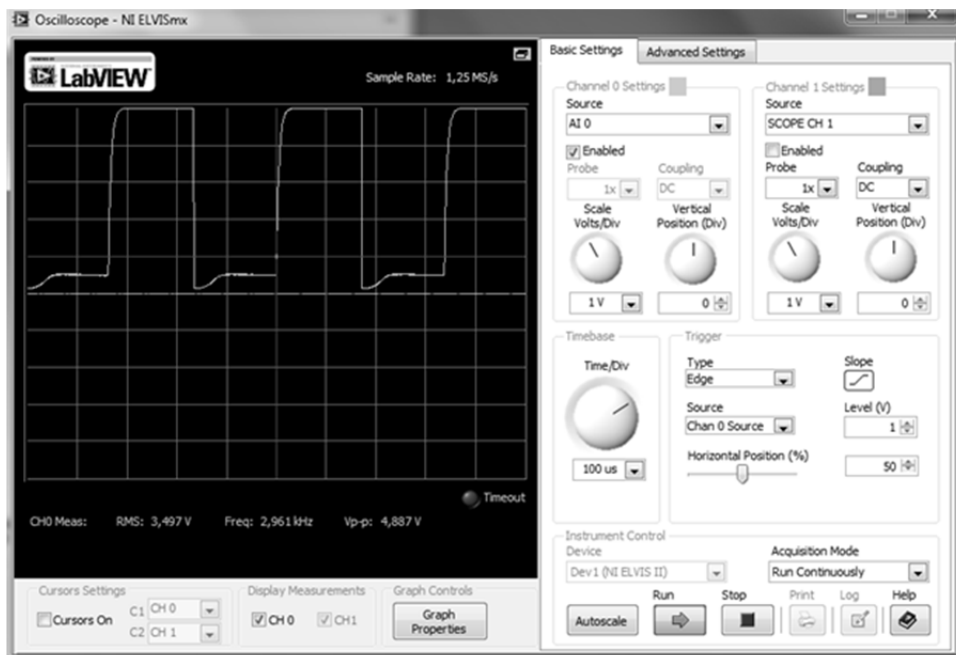


Рисунок 2 – Осциллограмма напряжения на коллекторе транзистора Q2 мультивибратора

На рисунке представлена не только осциллограмма, но и вся лицевая панель осциллографа, из которой видно (окно *Source*), что осциллограф подключен через аналоговый вход *AI0*. Второй канал осциллографа в данном случае выключен. Из рисунка видно, что выходной сигнал имеет скважность 2 и, как и следовало ожидать, является симметричным, то есть подключение измерительного прибора практически не оказывает влияния на его работу. Подключение осциллографа через вход *SCOPE CH0* не изменяет наблюдаемую картину, поэтому эта осциллограмма в работе не приведена.

Картина меняется при подключении к базе транзистора *Q2* второго канала осциллографа. На рисунке 3 коллектор транзистора *Q2* подключен через аналоговый вход *AI0*, а база – через вход *SCOPE CH0*. В этом случае сигнала стал несимметричным. Транзистор *Q2* оказывается открытым примерно в два раза больше времени, чем он закрыт. То есть нарушение режима работы мультивибратора связано с подключением второго канала осциллографа к базовой цепи транзистора.

Картина меняется еще сильнее, если поменять местами входы осциллографа, подключенные соответственно к коллектору и к базе транзистора. Осциллограммы сигналов в этом случае показаны на рисунке 4. Анализ осциллограмм показывает, что подключение осциллографа через аналоговый вход *AI* сильнее влияет на работу устройства, чем подключение через вход *BNC*.

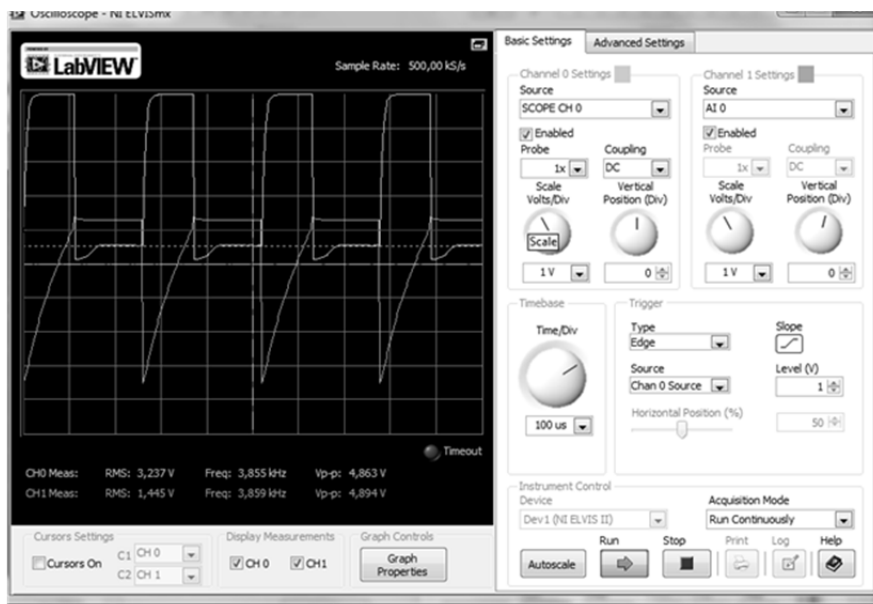


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжений на коллекторе и базе транзистора *Q2*

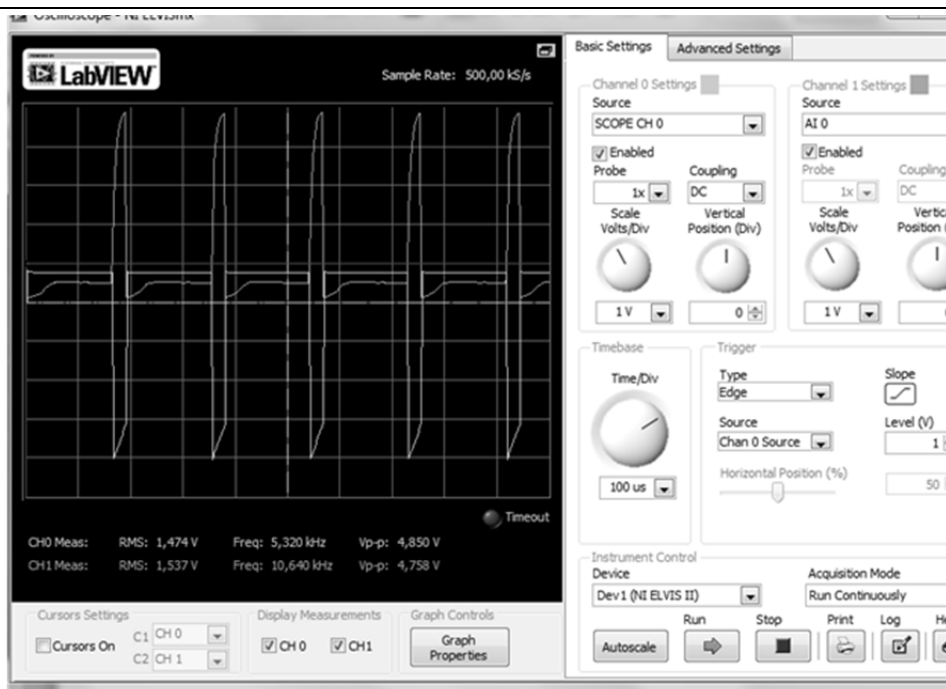


Рисунок 4 – Осциллограммы сигналов на коллекторе и базе транзистора Q2

Использование различных входов возможно также при работе с анализатором амплитудно- и фазочастотных характеристик. Различные результаты были обнаружены при исследовании  $RC$ -генератора синусоидальных сигналов. Теоретически [4] трехзвенная  $RC$ -цепь, показанная на рисунке 5, должна обеспечивать поворот фазы на  $180^0$  на частоте  $f_0 = \frac{0,065}{RC} = 2,16$  кГц. При этом модуль коэффициента передачи должен быть равен величине  $1/29$ .

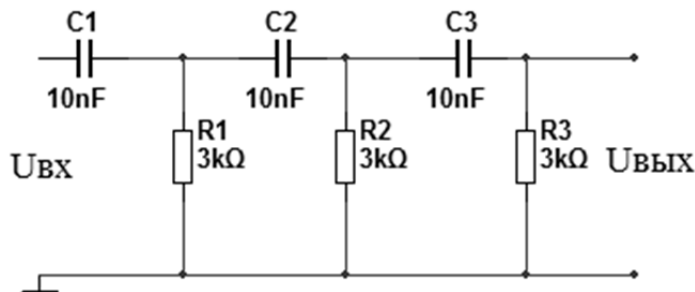
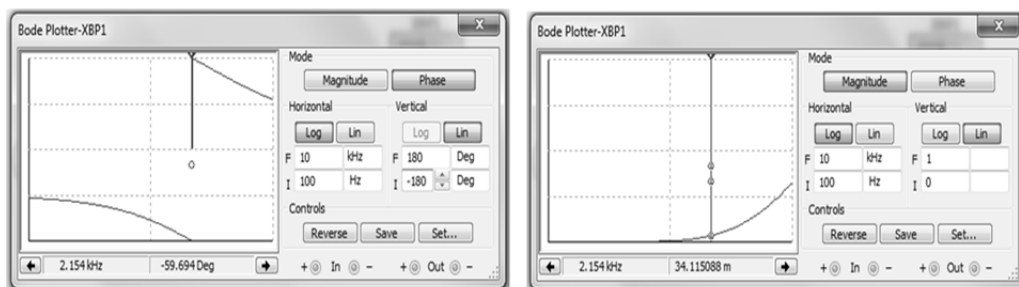


Рисунок 5 – Трехзвенная  $RC$ -цепь

Предварительно характеристики этой цепи были получены путем моделирования в среде *Multisim*. Результаты моделирования представлены на рисунке 6.



a/

b/

**Рисунок 6 – Фазочастотная и амплитудночастотная характеристики RC-цепи**

На экранах измерителя установлен курсор. Видно (рис.6-а), что сдвиг фаз  $180^{\circ}$  достигается на частоте 2,15 кГц, что хорошо согласуется с расчетными результатами. При этом модуль коэффициента передачи равен 0,034 (рис.6-б), что также хорошо подтверждает расчетное значение.

На рисунке 7 представлены амплитудно-частотные характеристики цепи, снятые с помощью анализатора установки *NI ELVIS II*.

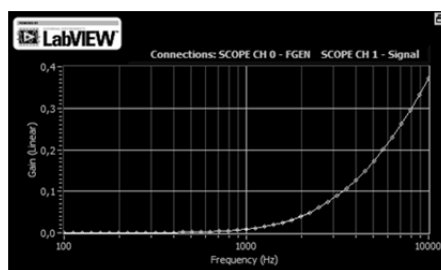
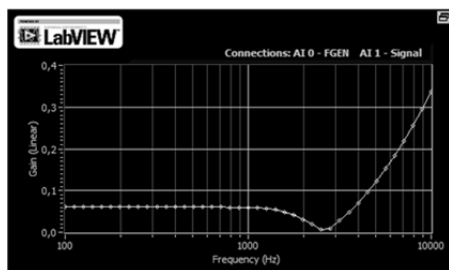
В верхней части экрана указывается, какой вход измерителя подключен ко входу исследуемого устройства, а какой – к его выходу. Нетрудно показать, что на частоте, стремящейся к нулю, модуль коэффициента передачи также должен стремиться к нулю. При подключении прибора через аналоговые входы (рис.7-а) модуль коэффициента передачи на низких частотах оказывается небольшим, но не зависящим от частоты. При подключении же через *BNC* разъемы результаты очень хорошо согласуются с теоретическими положениями.

Фазочастотные характеристики этой цепи представлены на рисунке 8.

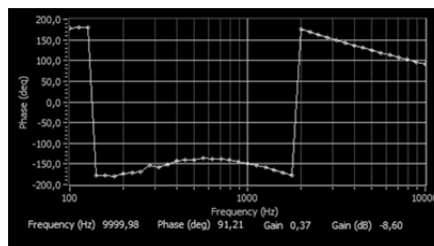
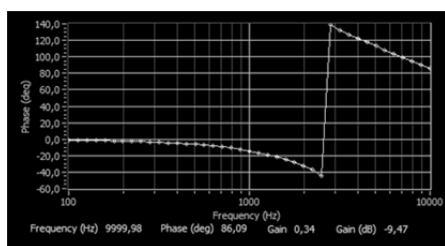
В случае рисунка 8-а анализатор подключается через аналоговые входы *A10* и *A11*, в случае рисунка 7-б через *BNC* разъемы *CH0* и *CH1*.

Фазочастотные характеристики на частотах ниже 2 кГц, как в первом, так и во втором случае, резко отличается от ожидаемой. Нужно отметить, однако, что на частоте 2 кГц сдвиг фаз действительно составляет  $180^{\circ}$ . Различия в расчетных и экспериментальных значениях частот обусловлены несоответствием между реальными и номинальными (указанными на компонентах) значениями сопротивления и емкости. При под-

ключении через *BNC* разъемы на частотах вблизи 100 Гц наблюдаются скачки фазы, величина которых равна  $360^{\circ}$ .



a/ b/  
Рисунок 7 – Амплитудно-частотные характеристики трехзвенной *RC*-цепи



a/ b/  
Рисунок 8 – Фазочастотные характеристики трехзвенной *RC*-цепи

Приведенные выше результаты показали, что подключение осциллографа или анализатора частотных характеристик через *BNC* входы меньше влияет на исследуемое устройство, чем в случае подключения измерительных приборов через аналоговые входы *AI*. Если исследуемое устройство является автономным, его и физически удобнее подключать через разъемы *BNC*. При выполнении исследуемого устройства на макетной плате *NI ELVIS II* удобнее осуществлять подключение через аналоговые входы *AI*. Однако путем контрольного подключения через *BNC* входы следует убедиться, что подключение измерительных приборов незначительно влияет на характеристики исследуемого устройства.

#### Литература

1. Инструкция по работе с аппаратной средой NI ELVIS II. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tcmc.spb.ru/files/college/student/konkurs-lp2012->

- ni-elvis-ii.pdf, (дата обращения 03.03.2016).
2. NI ELVIS II. Учебный курс. [Электронный ресурс]. URL: [http://people.toiit.sgu.ru/Savin/Labview/Labview\\_Multisim/NI%20ELVIS%20II.%20Учебный%20курс.pdf](http://people.toiit.sgu.ru/Savin/Labview/Labview_Multisim/NI%20ELVIS%20II.%20Учебный%20курс.pdf), (дата обращения 03.03.2016).
  3. NI ELVIS II. Технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: [ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/ni\\_elvis/ni\\_elvis\\_2\\_technical\\_characteristics.pdf](ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/ni_elvis/ni_elvis_2_technical_characteristics.pdf), (дата обращения 03.03.2016).
  4. Марченко, А. Л. Основы электроники. Учебное пособие для ВУЗов / А. Л. Марченко // М.; ДМК. – 2009. – стр. 86.



УДК 004.09

## **Анализ производительности при обращении в центр обработки вызовов**

**М.Ю. Неустроев**, аспирант,

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Аннотация: В статье проводится анализ уже существующих моделей ЦОВ с применением IVR-систем, показана необходимость дальнейших исследований и разработки алгоритмов интеллектуально управления вызовами IVR- системой без участия операторов для снижения загрузки всего ЦОВ.*

Центр обслуживания вызовов, интерактивное голосовое меню (IVR), эффективность ЦОВ, ASA, время ожидания, время обслуживания, загрузка операторов, голосовые сообщения.

## **Performance analysis when contacting to the call center**

**M.Yu. Neustroev**, post-graduate student,

State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*In the article the analysis of already exist of existing models samples using IVR-systems, shows the need for further research and development of algorithms to intelligently manage calls the IVR-system without participation of operators to reduce the loading call centers.*

Service call center, interactive voice response (IVR), call center efficiency, ASA, waiting time, time for maintenance, loading operators, voice message.

### **Введение**

Чтобы выжить в современной конкурентной среде, компаниям необходимо найти способы повышения качества обслуживания клиентов. Современный потребитель услуг знает, чего он хочет. Теперь если предприятие хочет повысить уровень оказываемых услуг и пойти дальше, чем простое выживание, а также добиваться стабильного успеха оно должно модернизировать и внедрять новые сервисы повышения услуг обслуживания своих клиентов. Интеграция центров обслуживания вызовов в теку-

щую информационную структуру помогает повысить производительность и эффективность обслуживания клиентов [1, 8...9]. Создание собственного call-центра – серьезный шаг, требующий значительных затрат. И в то время как для крупной компании такой шаг может быть оправдан, для среднего и особенно малого бизнеса попытка самостоятельно обслуживать входящие и совершать исходящие звонки может стать дорогой ошибкой с потерей не только денег, но и клиентов. Большинство современных call-центров используют одну или более технологий обработки вызовов, так как автоматическое распределение звонков (ACD), интерактивное голосовое меню (IVR), распознавание речи (VRU). Для качественного и гарантированного обслуживания поступающих звонков каждый из модулей должны быть изучены и правильно запрограммированы. Новые типовые системы распределения вызовов значительно изменились в отличие от систем предыдущего поколения своими алгоритмами и процессами [2...4].

### **Показатели эффективности**

Для прогнозирования эффективности работы, производимой центром обслуживания вызовов на передний план выдвигаются подсистемы, с помощью которых организована и построена архитектура сбора, хранения и первичной обработки информации, с последующим предоставлением отчетности о комплексном функционировании оборудования и составлением будущего прогноза поведения технических систем и служб в различных ситуациях в целом. Выполнение данных задач не может повлиять на качество и уровень услуг по предоставлению информации клиенту, но может натолкнуть управляющий состав call-центра на выявление механизмов и средств по оптимизации показателя эффективности или регулирования потоков данных и позволяет систематизировать работу так, чтобы обеспечить выполнение большинства запросов клиентов.

В международной практике основными показателями эффективности и скорости обслуживания входящих вызовов являются:

- среднее время ожидания (Average Speed of Answer – ASA);
- процент звонков, прерванных абонентами во время ожидания (Abandon Rate);
- уровень обслуживания (Service Level – SL);
- автоматическое распределение вызовов (Automatic Call Distribution – ACD);
- интеграция системы СТИ.

В режиме реального времени по каждому из этих показателей могут быть составлены подробные отчеты в хронологическом порядке, в виде графиков или полноценных структурированных таблиц на каждый момент времени (на каждое событие). Но конкретный выбор контролируемых параметров видов статистики, поставляющих информацию об этих

параметрах, зависит от организации бизнес процессов в конкретном центре обработки вызовов (ЦОВ). Достижение высшего уровня качества обслуживания большинство ЦОВ применяет ключевые показатели эффективности КРІ (Key Performance Indicators), которые позволяют управлять обслуживанием более эффективно, так как выполнение каждого из ключевых показателей напрямую влияет на достижение общей цели.

В мировой практике ключевым показателем выступает КРІ, являющийся неизменным элементом не только для оценки сложных технологических процессов, но и системы управления в целом. КРІ – оценка использования качественных и количественных показателей, итоговые результаты выполнения бизнес-процессов и сравнения их с тактическими, стратегическими и операционными целевыми ориентирами для получения составляющих аберрации между фактическим и целевым показателем. КРІ-система позволяет прозрачно для каждого сотрудника или подразделения оценить эффективность работы в целом. Это позволяет оценить эффективность деятельности всех структур в режиме реального времени и спрогнозировать то, как будут решаться задачи и достигаться цели.

### **Система IVR**

При поступлении входящего вызова на любую из очередей в call-центр, он автоматически попадает в IVR-систему. Интерактивное меню IVR представляет собой программное обеспечение, предназначенное для автоматизированной обработки вызовов, поступающих в ЦОВ. Среди всей массы вызовов, поступающих в call-центр, выделить можно несколько типов, обслужить которые возможно и без участия операторов. К таким типам относятся: получение стандартной справочной информации (время работы компании, адреса ее офисов, описание предоставляемых услуг, цены и т. д.), запрос абонентом своего текущего баланса, заказ стандартных услуг, получение копий документов и др. Данные вызовы может обрабатывать IVR. Кроме того, внедрение IVR-системы, может использоваться с наибольшей продуктивностью в рамках создания сложных составных голосовых меню, авторизации абонентов для возможности использования платного контента или услуг, создания автоматизированного оператора, предназначенного для маршрутизации звонков на основе добавочного номера абонента, и т. д. Правильная реализация интерактивного меню позволяет в значительном объеме снизить нагрузку на очереди и операторов, высвобождая время для обработки более сложных запросов. На рисунке 1 приведена структура современного центра обслуживания вызовов.

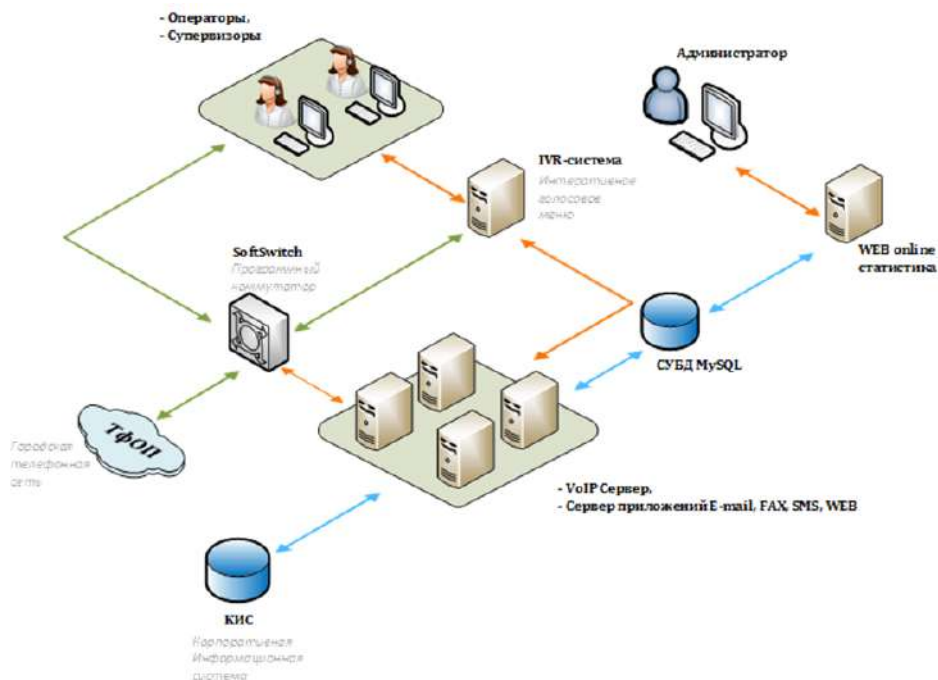


Рисунок 1 – Схема современного центра обработки вызовов

Расчёт процента эффективности обслуженных звонков IVR-системой в ЦОВ без учета соединения с оператором рассчитывается по формуле:

$$P_{IVR} = \frac{N_{IVR}}{N_R} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $N_{IVR}$  – количество вызовов, которые были обслужены IVR-системой,  $N_R$  – количество вызовов, поступивших в call-центр.

ЦОВ позволяют организовать индивидуальное обслуживание для каждого клиента или заказчика. Повышение качества такого обслуживания осуществляется с использованием интегрированной компьютерной телефонии (Computer Telephony Integration – CTI). Необходимость многократного выяснения у клиента или заказчика некоторых общих сведений и сути вопроса полностью отпадает с использованием системы CTI так как эти сведения накапливаются в буфер и каждый раз посылаются вместе с вызовом. Например, если позвонить в контакт центр и получить приглашение от автоинформатора, заказчику потребуется ввести номер своего лицевого счета лишь один раз. Ему не придется вводить номер повторно, поскольку при дальнейших переадресациях его вызова (если такие будут необходимы) номер будет передаваться вместе с вызовом. Благодаря CTI-решениям во всех видах коммуникаций – в сетях, на ACD, на IVR, на

Web-серверах и рабочих местах операторов – СТИ-система получает, обрабатывает и пересылает все сведения о клиенте вместе с его идентификатором вызова [11].

Основными аспектами СТИ является реализация предоставления оператору сведений о клиенте при входящем звонке. Обычно данный функционал организован в виде всплывающей подсказки. Для получения данных СТИ получает некий АОН (ANI – Automatic Number Identification) и идентификатор набранного номера (DNIS – Dialed Number Identification String) с городской телефонной сети или от IVR-системы и далее отправляет данные в приложение рабочего места оператора. Поиск информации осуществляется в текущей базе данных клиентов с последующим выводом в виде всплывающей подсказки. Скорость обработки данных и поиск информации, как правило, осуществляется с такой скоростью, что всплывающая подсказка появляется у оператора одновременно с поступившим вызовом [7]. Таким образом оператор обслужит клиента быстрее так как до начала разговора он уже имеет информацию по данному клиенту, а также всю хронологическую информацию по нему.

### Средняя скорость ответа ASA

Показатель ASA (Average Speed of Answer) демонстрирует уровень производительности при обращении в контактный центр, а также его способности обработать существующую нагрузку. Как только входящий вызов попадает в ACD, начинается расчет средней скорости ответа. Данный показатель измеряется как отношение общего времени ожидания в очереди к общему числу обслуженных вызовов операторами:

$$ASA = \frac{T_q}{N_R} \quad (2)$$

где  $T_q$  – общее время ожидания в той или иной очереди,  $N_R$  – общее количество обслуженных вызовов.

Рекламные акции организации, запуск новых продуктов, проведение акций и различных мероприятий являются фактором повышенной нагрузки на контактный центр. Интерес компании сделать так, чтобы каждый позвонивший получил информацию или услугу и при этом не повесил трубку. В качестве одного из КРІ контактного центра должен присутствовать механизм управления производительностью ASA. Производительность зависит от ряда факторов. Сюда можно отнести «мощность» контактного центра и уровень нагрузки. Недостатком показателя ASA является то, что при ответе большинства звонков в очень короткие сроки по отношению к общему числу звонков он будет искажаться. Например, при принятых 95 вызовов в течение трех секунд и 5 вызовов в течение 55 секунд, средняя скорость ответа будет 11,03 секунды. В данном случае показатель производительности значительно изменяется по отношению к

общему числу вызовов и нарушает отчетность. Можно ли улучшить показатель ASA? Работа над оптимизацией значения требует комплексного технологического решения, которое ориентировано на постоянное повышение компетенции персонала и продуктивность процессов обслуживания клиентов. К таким процессам можно отнести правильно построенную систему IVR с целью снижения нагрузки на очередь и получением необходимой информации из автоответчика или интегрированного в IVR сервиса. Чем больше сервисов, которые позволяют выполнять запросы клиентов, тем меньше клиентов, которые стремятся переключиться на оператора, а, следовательно, ожидать в очереди. Оперирование данным сервисом имеет критическое значение в самообслуживании, так как неудобный IVR объективно создает спрос на «живое» общение.

Опыт в области создания систем голосового самообслуживания на базе технологий синтеза и распознавания речи, а также записи телефонных переговоров и их комплексного речевого анализа позволяют решить эти задачи:

- автоматизировать наиболее типовые запросы клиентов с помощью системы голосового самообслуживания;
- внедрить процесс мониторинга эргономики голосовых приложений с помощью речевой аналитики и анализа эмоционального состояния;
- внедрить систему мониторинга компетенций операторов.

### **Синтез речи (TTS)**

Синтез речи TTS (Text-to-Speech – воспроизведение текста голосом) одно из самых популярных и востребованных решений. Яркий пример – база знаний в call-центре. TTS-ресурсы в центрах обработки вызовов используются порядка 7 лет. Легко интегрируется в состав многоканальных IVR-систем и системы голосового обслуживания, используя стандартные протоколы обмена данными и языки разметки. Системы голосового самообслуживания значительно расширяют возможности по созданию интеллектуальных центров, которые дают возможность самостоятельно, без участия оператора, в интерактивном режиме получить информацию или заказать услуги. Большинство запросов к информационно-справочной системе в той или иной форме способен отвечать компьютер. Важно подчеркнуть, что с особенной полнотой достоинства ЦОВ, использующих синтез речи, проявляются в тех ситуациях, когда информации обновляется периодически (еженедельно, ежедневно, ежечасно). Такие услуги могут быть интересны потребителям только в том случае, если информация находится в безусловной актуальности. Вот некоторые преимущества внедрения TTS в call-центре:

- снижение затрат;
- сокращение времени обслуживания вызова;

- обеспечение непрерывного цикла обслуживания 24 часа в сутки;
- возможность интеграции с различными информационными системами;
- снижение влияния человеческого фактора;
- снижение затрат на персонал и его обучение.

Плюсы данного внедрения в том, что клиент слышит человеческую речь, а недостаток – динамично меняющаяся информация. Технология синтеза речи использует сложные лингвистические алгоритмы обработки выходного сигнала из текста, что позволяет достичь максимально приближенного к реальности звучания. Сейчас технология развивается быстрыми темпами. TTS способна воспринимать сложные фразеологизмы и воспроизводить их в единой смысловой конструкции с особой интонацией. Особое внимание уделяется паузации и интонации синтетической речи, ведь именно эти параметры во многом обеспечивают естественность голоса. Лингвистическая обработка позволяет в автоматическом режиме расшифровывать множества используемых сокращений.

### **Среднее время обработки вызова АНТ**

Повышение скорости обработки обращения контролируется с помощью показателя АНТ (Average Handle Time) формирующего общее представление о скорости обработки обращения в контактном центре. Это время складывается из времени общения с клиентом и времени на постобработку вызова (ввод данных в карточку CRM, заполнение форм и завок, формирование отчетов и т.д.). То есть значение показателя складывается из двух компонентов – взаимодействие оператора с клиентом и его взаимодействие с прикладными информационными системами на рабочем месте. Значение показателя АНТ позволяет оценить степень достаточности выделяемого персонала на каждый конкретный проект или очередь, тем самым выступая удобным инструментом прогнозирования нагрузки и распределения трудовых ресурсов. С другой стороны, динамика АНТ отражает компетенцию контактного центра в целом, эффективность имеющихся процессов обслуживания, ИТ-инфраструктуры контактного центра, процессов развития и обучения персонала. В связи с этим сокращение АНТ (в рамках одних и тех же проектов) демонстрирует общий рост производительности контактного центра. Снижение среднего времени диалога (Average Talk Time) оказывает существенное влияние на ключевые показатели эффективности работы контакт центра: уровень сервиса (Service Level) и долю потерянных вызовов (Lost Call Rate). Для эффективной работы по оптимизации данных показателей необходимо автоматически контролировать количественно-временные параметры разговора операторов: среднее время разговора (АНТ), время до снятия трубки, количество и длительность пауз в разговоре (hold, mute).

## Заключение

При правильном подходе внедрения технологий в ЦОВ и правильное распределение ресурсов приносят ощутимый результат. Внедрением ЦОВ очень длительный процесс, от которого эффект не сразу виден, поэтому внедрять ЦОВ необходимо поэтапно, расширяя его функциональность. Если же разработка проекта и внедрение затруднены, а прогноз использования показывает малую эффективность следует воспользоваться услугами аутсорсинга. Проблема при внедрении ЦОВ сводится к неумению правильно поставить задачу, определить функции и задачи центра, что является существенной помехой при внедрении и разработке технического задания. Также остаются многие нерешённые проблемы и задачи при использовании нескольких вендоров в построении ЦОВ. В результате руководитель ЦОВ испытывает массу проблем в обслуживании систем и интеграции их между собой, а также затрудняется функционирование и заметная сложность в управлении центром.

Комплексный подход при построении и внедрении ЦОВ объединяет в себе такие основные компоненты как создание логической схемы обслуживания и обработки данных по клиентам, объединение всех компонентов разных производителей, взаимодействие с системой КИС (Корпоративная информационная система), интеграции с возможными платежными системами [9...15].

По моему мнению, разработка и внедрение ЦОВ без решения по интеграции с текущими информационными системами, корпоративными системами – неоправданная трата финансов. ЦОВ должен являться неотъемлемой частью ИС. Наибольший эффект можно достигнув при совместном использовании разных источников данных и различных приложений (АСР, CRM, ERP, Service Desk), помогаю автоматизировать все процессы и ускорить обслуживание клиентов, а также упростить работу операторам ЦОВ. Супервизоры в свою очередь при построении комплексных отчетов могут выстроить правильную политику обработки вызовов и изменить текущие схемы взаимодействия операторов и клиентов, распределяя нагрузку и снижая риски потери информации в процессе внутрикорпоративного общения.

## *Литература*

1. Аббасова, Т. С. Принципы и средства оптимизации высокоскоростных информационных каналов / Т. С. Аббасова // Информационно-технологический Вестник. – № 2(02). – 2014. – С. 10 – 16. ISSN 2409-1650.
2. Аббасова, Т. С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-



- распределенных центров обработки данных / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2010. – № 3. – т.6. – с. 10 – 13.
3. Аббасова, Т. С. Использование лотков структурированных кабельных систем для электропроводки / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – № 3. – т. 3. – 2007. – С. 30 – 32.
  4. Аббасова, Т. С. Методика выбора и подключения источника бесперебойного питания в компьютерных сетях / Т. С. Аббасова // Электротехнические и информационные комплексы и системы». – №3. – т. 3. – 2007. –С. 27 – 29.
  5. Аббасова, Т. С. Применение диффузионной модели для балансировки нагрузки в неоднородных вычислительных системах / Т. С. Аббасова, Д. М. Двоеглазов, А. А. Борисов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2012) / сб. ст. II международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС. – 2012. – С. 14 – 20 (440 с.).
  6. Аббасова, Т. С. Сервис информационных систем при аварийном планировании / Т. С. Аббасова, В. М. Артюшенко // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2010. – № 4. – с. 68 – 74.
  7. Андреев, Р. В. Обособленное обслуживание вызовов для повышения эффективности работы ЦОВ / Р. В. Андреев // T-Comm – Telecommunications and Transport № 1. – 2012 – 32 с.
  8. Артюшенко, В. М. Современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации: монография / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, В. М. Белюченко и др. – Королев: Изд-во ГБОУ ВПО МО «ФТА». – 2014. – 174 с.
  9. Артюшенко, В. М. Системный анализ в области управления и обработки информации: монография / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, В. М. Белюченко и др. – Королев: Изд-во ГБОУ ВО МО «ТУ». – 2015. – 168 с.
  10. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса / В. М. Артюшенко // Журнал «Промышленный сервис». – 2009. – № 4(33). – С. 3 – 10.
  11. Гольдштейн, Б. С. Контроль показателей качества обслуживания с учетом перехода к сети связи следующего поколения / Б. С. Гольдштейн // Техника связи – № 1 – 2009.
  12. Данилова, А. Д. Научные исследования на базовой кафедре Финансово-технологической академии / А. Д. Данилова, Т. С. Аббасова // Перспективы, организационные формы и эффективность развития

- сотрудничества российских и зарубежных ВУЗов / Королев МО: Финансово-технологическая академия, ФТА, Изд-во «Канцлер». – 24 – 25 апр. 2014. – С. 342 – 350 (512 с.).
13. Привалов, В. И. Повышение эффективности центров обработки данных для информационных систем / В. И. Привалов, Ю.В. Боковой, В. М. Зимин, Е. С. Харламова, В. А. Четкин, Е. П. Шевченко // Двойные технологии № 4. – 2014. – С. 75 – 78.
  14. Теодорович, Н. Н. Системы безопасности в комплексном интеллектуальном здании / Н. Н. Теодорович // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2010. – № 6. – С. 54-55.
  15. Теодорович, Н. Н. Основы функционирования комплексного интеллектуального здания / Н. Н. Теодорович // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2010. – № 8. – С. 21-22.

УДК 004.02

## **Типовая формализованная постановка задачи исследования в диссертационной работе**

**Ю.В. Стреналюк**, доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры ИТУС,  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*В статье проводится типовая формализованная постановка задачи исследования в диссертационной работе на звание кандидата технических наук.*

Постановка, задача, диссертация.

## **Typical problem research formalized in the thesis**

**I.V. Strenalyuk**, doctor of science, professor,  
professor of the Department ITUS,  
State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*In the article the typical formalized statement of the study in the thesis for the title of Doctor of Science.*

Posing, problem thesis.

Опыт рассмотрения исследований в ряде диссертационных советов и оппонирования диссертационных работ на техническую тематику позволяет дать некоторые методические рекомендации по формулировке формализованной постановки задачи исследования (ЗИ) в диссертации соискателям на степень кандидатов технических наук.

Для определенности изложение далее проводится применительно к выбору состава и обобщенных характеристик локальной вычислительной сети (ЛВС) [3-5].

Структурно диссертацию рекомендуется представлять в составе следующих смысловых и функциональных разделов [1]:

- Введение.
- Раздел постановки задачи.
- Методический раздел.

- Раздел прикладных исследований.

- Заключение.

При этом в постановочный раздел рекомендуется включить:

1). Анализ и особенности исследуемой системы или процесса, для описания которых требуется разработка нового или совершенствование существующего методического обеспечения.

2). Перечень исследовательских задач, которые предлагается решать с использованием разрабатываемого в диссертации методического обеспечения.

3). Систему показателей, которыми оценивается качество решения сформулированных исследовательских задач.

4). Перечень основных факторов и параметров, оказывающих наибольшее влияние на выбранные показатели и включенных в исследовательскую схему.

5). Смысловую формулировку поставленной в работе задачи.

6). Формализованную постановку задачи диссертационных исследований.

Состав пп. 1-5 специфичен для каждого исследования, но по п. 6 можно дать достаточно общие рекомендации, заключающиеся в последовательном формировании следующих результатов.

### **1. Формирование состава исходных данных ID (по группам):**

#### *1.1. Исходный (начальный) состав системы (ЛВС):*

- количество оконечных устройств (рабочих станций – РС, персональных компьютеров – ПК)  $N_{PC}$  [шт] – детерминированная целочисленная величина;

- количество имеющихся сетевых устройств (концентраторов, коммутаторов, маршрутизаторов)  $N_{КЦ}$ ,  $N_{KM}$ ,  $N_M$  [шт] – детерминированные целочисленные;

- количество серверов  $N_C$  [шт] – детерминированная целочисленная.

#### *1.2. Вектора характеристик элементов системы:*

- рабочих станций  $Z_{PC}$  – детерминированные непрерывные величины;

- концентраторов, коммутаторов, маршрутизаторов –  $Z_{КЦ}$ ,  $Z_{KM}$ ,  $Z_M$  [размерность] – детерминированные непрерывные величины;

- серверов  $Z_C$  – детерминированные непрерывные величины.

### **2. Определение состава варьируемых (независимых) переменных X:**

2.1. Число  $N_{PC}$  и характеристики  $Z_{PC}$  новых ПК, их расположение.

2.2. Число  $N_{КЦ}$ ,  $N_{KM}$ ,  $N_M$ , характеристики  $Z_{КЦ}$ ,  $Z_{KM}$ ,  $Z_M$  новых сетевых устройств и их расположение.

2.3. Число  $N_C$ , характеристики  $Z_C$  новых серверов и их расположе-

ние.

2.4. Топология, среда доступа (витая пара, оптоволокно, ...) и размеры новых фрагментов сетевой структуры.

### 3. Выбор показателей эффективности $V$ .

Возможные варианты:

- Пропускная способность ЛВС  $L$  [Мб/с] – детерминированная (случайная) непрерывная;
- Стоимость ЛВС  $C$  [руб] – детерминированная (случайная) непрерывная;
- Надежность ЛВС  $P$  [%] – детерминированная (случайная) непрерывная.

### 4. Определение основных внешних и внутренних факторов и параметров $W$ , оказывающих наибольшее влияние на выбранные показатели:

- тип ЛВС (внутри офисного помещения или в промышленном здании или на улице...);
- удовлетворение требованиям стандартов и т.п.

В простейшем случае в диссертации может решаться задача нахождения связи (функции  $F$ ) между показателями эффективности  $V$  и исходными данными  $ID$  и переменными  $X$  при известных значениях факторов  $W$ :

$$V = F(ID, X, W),$$

на основе которой проводятся дальнейшие исследования.

Однако обычно в технических задачах присутствуют и многочисленные ограничения.

Поэтому –

### 5. Выявляется система ограничений и допущений $D$ , принятых при исследовании:

5.1. На стоимость  $C_{з\text{ад}}$ , быстродействие  $V_{з\text{ад}}$  или надежность  $P_{з\text{ад}}$  ЛВС.

5.2. На размеры сети, число ПК, сетевых устройств, серверов и их характеристики.

5.3. На варианты сетевых технологий, размеры сети и пр.

При этом возможен уже возможно провести поиск наилучшего в некотором смысле решения с использованием соответствующего критерия.

Поэтому следующим пунктом становится -

### 6. Выбор критерия оптимизации системы (т.е. правила принятия решения о наилучшем варианте ЛВС) - $K$ ,

например,  $K \equiv \max V$  или  $K \equiv \min C$  или  $K \equiv \max P$ ) при переборе по варьируемым (независимым) переменным  $X$  в их области определения с учетом ограничений  $D$ .

После получения указанных результатов исследователь может анализировать различные варианты действий с целью выбора лучшего.

Эту ситуацию характеризует следующее [2]:

1. *Существование цели или целей, определяемых показателями  $V$  и критерием  $K$ .*

Поясним – как соотносятся между собой показатели и критерии. Любая система (объект), относительно которого формулируется задача исследований, характеризуется многими показателями. Эти показатели имеют различное влияние (вес) на результат: одни – главные, коренным образом определяющие итоговое решение, другие – малозначимые.

Ясно, что именно первые из них должны выступать в роли критериев выбора наилучших (оптимальных) решений.

2. *Наличие альтернативных вариантов решения  $X$ .*

С различными вариантами решений связаны разные издержки и траты, они имеют различные итоги в достижении целей. Они не всегда могут быть точно определены. Поэтому итоговый результат зачастую неясен и неопределен.

3. *Наличие ограничивающих факторов  $D$ .* Эти факторы также называют дисциплинирующими условиями. Ограничивающие факторы, подлежащие рассмотрению, разбиваются на группы: технические, внешние (внутренние) условия, экономические.

В простых постановках исследований формулируется один критерий оптимальности, т.е. задача формулируется как одноцелевая/ однокритериальная. Иначе ставятся и предпринимаются попытки решения многоцелевых/многокритериальных задач.

**Формализованная постановка задачи статической детерминированной однокритериальной задачи может иметь следующий обобщенный вид.**

Определить связь варьируемых (оптимизируемых) переменных  $X$  с исходными данными  $ID$ , ограничениями  $D$  и показателями эффективности  $V$  при известных значениях факторов  $W$ :

$$V = F(ID, X, D, W).$$

Путем варьирования переменных  $X$  необходимо определить такое их сочетание  $X^*$ , которое доставляют оптимум (минимум/максимум) критерию оптимизации  $K$  в условиях заданных ограничений  $D$ .

Общая же постановка однокритериальной задачи исследования формулируется следующим образом (с привлечением материалов [2]).

Имеется задача управления, на исход которой исследователь может влиять. Эффективность управления характеризуется критерием  $K$ , имеющим количественное представление. Критерий задается в виде функции, функционала или имеет алгоритм расчета.

Критерий оптимальности зависит от совокупности факторов:

1) управляемые факторы (переменные) **X**, выбор которых находится в распоряжении исследователя;

2) неконтролируемые факторы (исходные данные) **ID**, на которые исследователь влиять не может. В их состав может входить и время, если системы (объекты) динамические – изменяющие свои свойства.

Неконтролируемые факторы можно разбивают группы в зависимости от имеющейся у исследователя информации о них:

1) *детерминированные/неслучайные факторы* – фиксированные величины, значения которых полностью известны исследователю до проведения исследования;

2) *стохастические (случайные) факторы* – фиксированные данные с известными исследователю законами распределения;

3) *неопределенные факторы*, с известными возможными областями или областями с известными законами распределения.

Т.е. здесь присутствует неопределенный закон распределения случайного фактора. Их значения исследователю в момент начала исследования неизвестны.

Так как критерий есть количественная мера достижения цели, то формализованная цель исследования выражается в обеспечении максимально (минимально) возможного значения критерия **K**, что записывается как **K** -> *max (или min)*.

Средством достижения цели является оптимальный выбор исследователем переменных (управлений) **X** из области ограничений **D**.

Таким образом, перед исследователем стоит задача, которую сформулируем следующим образом:

при заданных значениях и характеристиках фиксированных неконтролируемых факторов **ID** с учетом неопределенных факторов **W** найти оптимальные значения переменных (управлений) **X** из области **D** их допустимых значений, которые бы обеспечили максимум (минимум) критерия оптимальности **K**.

Представленная формулировка имеет известную форму и во многих приложениях уже получила то или иное решение. Поэтому современным исследователям можно порекомендовать более углубленные формулировки задач исследований, опирающихся на известную классификацию исследовательских задач (рис. 1, [2]).

Наиболее важные классификационные признаки задач исследования (ЗИ) следующие:

1. Количество целей исследований и критериев оптимальности.
2. Наличие/отсутствие зависимости показателей, критерия оптимальности и ограничений от времени.
3. Наличие случайных/неопределенных факторов, влияющих на результат исследования.

По первому признаку ЗИ делятся на одноцелевые/ однокритериальные (скалярные) и многоцелевые/многокритериальные (векторные) задачи.

По второму признаку задачи делятся на статические и динамические ЗИ.

В статических ЗИ не учитываются изменения во времени.

Динамические же учитывают эту зависимость. Их отличают следующие особенности:

1. В качестве критерия оптимальности выступает не функция, а функционалы, зависящие от времени, описывающие поведение динамических объектов системы.

2. В составе ограничений присутствуют дифференциальные уравнения, описывающие поведение динамических объектов.

По третьему признаку – «определенность-риск-неопределенность» – ЗИ делятся на три класса:

1. Задачи в условиях *определенности*, или *детерминированные* ЗИ. Они характеризуются однозначной связью между переменными и показателями (критерием). Это наиболее простой и изученный случай, когда относительно каждого решения исследователя заранее, до проведения исследования, известно, что оно приводит к некоторому конкретному результату. В детерминированных ЗИ критерий оптимальности и ограничения зависят только от решений исследователя и исходных данных, т.е. факторов, полностью известных исследователю.

2. Принятие решений *при риске* (*стохастические* ЗИ). В этом случае каждое решение исследователя может привести к одному из области вероятных результатов исходов, причем каждый из них имеет некоторую определенную вероятность реализации.

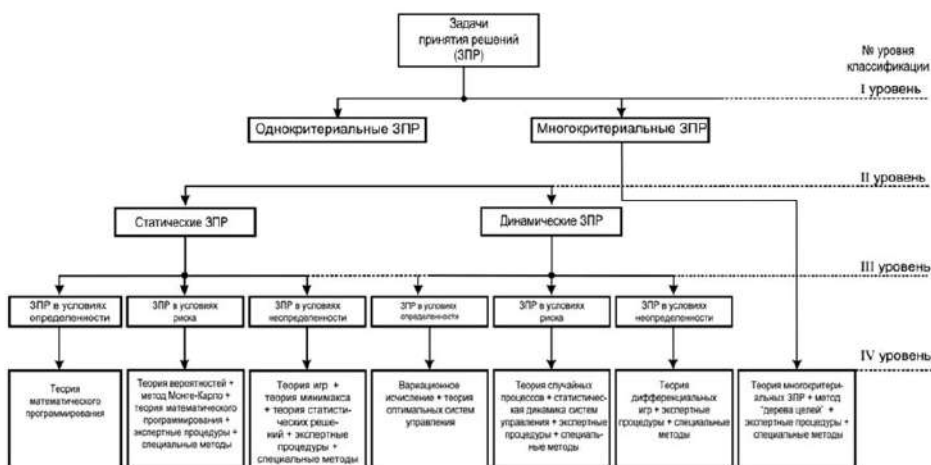


Рисунок 1 – Классификация задач исследования и методов их решения



Предполагается, что исследователю эти вероятности до проведения исследования известны. В стохастических ЗИ критерий оптимальности зависит кроме стратегий исследователя и детерминированных исходных данных также от фиксированных случайных факторов, законы распределения которых известны [6].

Принятие решений при риске – связано с тем, что, несмотря на то, что все случайные явления и процессы, сопровождающие исследование и влияющие на ее исход, изучены и все их необходимые статистические характеристики известны, исход каждой конкретной реализации операции заранее неизвестен и случаен. Поэтому исследователь рискует получить не тот результат, на который он ориентируется, выбирая свою оптимальную стратегию в расчете на осредненные характеристики случайных факторов.

3. Принятие решений в условиях *неопределенности*. Здесь критерий оптимальности зависит также и от неопределенных факторов, не известных в момент исследования. В результате этого каждый выбор исследователя оказывается связанным с множеством возможных исходов, вероятности которых либо неизвестны, либо не имеют смысла. Первое соответствует неопределенным факторам стохастической, второе – неопределенным факторам нестохастической природы.

Детерминированные задачи и задачи в условиях неопределенности можно считать крайними случаями ЗИ. Задачи с элементами риска занимают промежуточное место. Понятно, что любой все эти варианты представляет собой идеализацию реальной ситуации.

Классификацию ЗИ завершим указанием на математический аппарат, применяемый при решении ЗИ разных классов (рис. 1, [2]).

Однокритериальные статические детерминированные ЗИ в своей общей постановке полностью совпадают с общей постановкой известной задачи математического программирования (МП). Поэтому все методы, решения задач МП, могут применяться для решения этих ЗИ.

Однокритериальные статические ЗИ в условиях риска используют методы теории вероятностей и математического моделирования методом статистических испытаний. Находят также применение экспертные процедуры.

При решении однокритериальных статических ЗИ в условиях неопределенности применяются такие математические дисциплины, как теории игр, минимакса, статистических решений.

Наименее разработанным классом являются многокритериальные ЗИ, хотя именно они должны иметь наибольшее применение в прикладных исследованиях. Широкое применение здесь получили экспертные процедуры и методы Парето-оптимизации.

Очевидно, что постановка любой реальной ЗИ может быть приве-

дена к нескольким из перечисленных выше признаков и представлять из себя комбинацию из рассмотренных классов ЗИ.

Отнесение реальной задачи исследования к одному из классов всегда представляет собой некую творческую идеализацию реальной задачи и определяется как предпочтениями и информированностью исследователя, так и необходимой (возможной) глубиной исследования и временем решения.

#### *Литература*

1. Остроухов, В. В. Методические рекомендации соискателям и адъюнктам по работе над диссертациями / В. В. Остроухов // 4 ЦНИИ МО. – 1996.
2. Теория прогнозирования и принятия решений. Под редакцией С. А. Саркисяна // М. – «Высшая школа». – 1977. – 351с.
3. Стреналюк, Ю. В. Обеспечение эффективного функционирования систем управления кабельной инфраструктурой / К. Л. Самаров, В. М. Артюшенко, Ю. В. Стреналюк // Современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации / М.: «Канцлер». – 2014. – С.59-75.
4. Артюшенко, В. М. Информационные технологии и управляющие системы: монография / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, Ю. В. Стреналюк, В. И. Привалов, В. И. Воловач, Е. П. Шевченко, В. М. Зимин, Е. С. Харламова, А. Э. Аббасов, Б. А. Кучеров / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В. М. Артюшенко. – М.: Издательство «Научный консультант». – 2015. – 185 с.
5. Современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации / В. М. Артюшенко, Т. С. Аббасова, Ю. В. Стреналюк, В. И. Привалов, В. И. Воловач, Е. П. Шевченко, В. М. Зимин, Е. С. Харламова, А. Э. Аббасов, Б. А. Кучеров / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В.М. Артюшенко. – М.: Издательство «Научный консультант». – 2015. – 185 с.
6. Стреналюк, Ю. В. Постановка и подходы к решению задачи обоснования направлений развития информационных систем однократного действия в форме двухэтапной задачи стохастического программирования / Ю. В. Стреналюк // Информационно-технологический вестник. – 2015. – №2(04). – С. 123...126.

УДК 004.942

## **Создание прикладного программного комплекса прогнозирования перемещения нарушителя**

**С.О. Цвырко**, студентка II курса направления 10.03.01 «Информационная безопасность»,

**А.В. Бессонов**, студент IV курса направления 10.03.01 «Информационная безопасность»,

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования Московской области  
«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Решение задачи незаконного проникновения на заданную охраняемую территорию: расчёт и демонстрация области, в которой предполагается находится нарушитель в конкретно взятый момент времени. Выполняются цели: повышение эффективности перехвата злоумышленника, снижение ожидаемого ущерба за счет моделирования оптимальных действий охраны. В результате создан авторский алгоритм построения области предполагаемого нахождения и прогнозирования перемещения нарушителя на территории, разработан программный комплекс, ведутся разработки полной реализации алгоритма с учетом новых факторов: наличия действий охраны, учетом перемещений нескольких групп нарушителей, оптимизации учитываемой обстановки.*

Проникновение, программный комплекс, прогнозирование перемещения.

## **Creating application software package forecasting offender movement**

**S.O. Tsvyrko**, 2nd year student, directions 10.03.01 «Information Security»,

**A.V. Bessonov**, 4th year student, directions 10.03.01 «Information Security»,

State Educational Institution of Higher Education  
Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*Solution of the problem of illegal entry on a given protected area: the calculation and demonstration area, which the offender is supposed to be in a given time. Our purposes: improving the efficiency of interception attacker, reducing the expected losses due to the optimal simulation of protection. As a result, the authors created an algorithm for constructing the area involves finding and predicting movement in the territory of the offender, it has developed a*

*software complex, being developed full implementation of the algorithm, taking new factors: the availability of protection, taking the movement of several groups of offenders accounted optimization environment.*

The invasion, the software system, the outlook of movements.

В работе решается одна из **ключевых задач** успешного функционирования критического объекта – быстрая, эффективная защиты от возникающих угроз, среди которых следует особо выделить **незаконные действия физических лиц**: на заданную охраняемую территорию защищаемого критического объекта происходит незаконное проникновение; требуется рассчитать и продемонстрировать область, в которой предполагается находится злоумышленник в конкретно заданный момент времени в интересах обоснования оптимальных путей передвижения оперативных групп реагирования.

Последствия их воздействия непредсказуемы и широко варьируются: от хищения имущества предприятия до создания чрезвычайных ситуаций на защищаемом критическом объекте. В этих условиях безопасность предприятия должна отвечать принципам **«разумной достаточности»**, **«эффективность – стоимость»**, а также теоретически разработанной и практически применяемой концепции физической безопасности предприятия.

Решаются ключевые **цели**: повышение эффективности перехвата злоумышленника, снижение ожидаемого ущерба (рисков) от нарушителей за счет моделирования оптимальных действий служб безопасности и разработка прикладного программного комплекса.

**Научная новизна** проекта заключается в применении методов хромоматематики, использовании зонно-рубежного отображения перемещения злоумышленника и рекурсивных алгоритмов оптимизации. Также имеются большие **перспективы коммерциализации (практическая значимость)**: возможно создание ППО с целью улучшения эффективности систем физической защиты критически важных объектов, поскольку существующие программные средства по ряду параметров уступают предложенной разработке; планируется выход на рынок систем охраны.

Введем понятие «нарушитель». Нарушитель – лицо или группа лиц, которые в результате предумышленных или непредумышленных действий обеспечивает реализацию угроз информационной безопасности [1].

Приказом министерства промышленности и энергетики РФ от 04.05.2007 №150 «Об утверждении рекомендаций по антитеррористической защищенности объектов промышленности и энергетики» определены шесть различных типов нарушителей:

1. Внешний нарушитель первого типа: террористическая группа численностью 5-12 человек. Цель: совершение террористического акта. Последствия выходят за рамки федеральной, региональной или территориальной зон ЧС.

2. Внешний нарушитель второго типа: малочисленная группа лиц (2-4 человека). Цель: совершение террористического акта. Последствия: выходят за пределы санитарной зоны объекта.

3. Внешний нарушитель третьего типа: одиночный подготовленный нарушитель, не имеющий санкционированного доступа на территорию объекта. Данный тип действует под принуждением или воздействием психотропных препаратов. Цель: террористический акт.

4. Внешний нарушитель четвертого типа: одиночный нарушитель, не имеющий санкционированного доступа на территорию объекта, имеющий целью хищение материальных ценностей (похититель).

5. Внутренний нарушитель пятого типа: работник объекта (специалист), имеющий санкционированный доступ на территорию объекта. Цель: хищение ради собственной наживы, однако не исключается возможность совершения террористического акта.

6. Внутренний нарушитель шестого типа: работник охраны объекта. Может осуществить хищение с территории предприятия материальных ценностей, а также вступить в сговор с внешним нарушителем первого и второго типа, с целью наживы. Не исключено, что может действовать из соображений мести.

Вероятности дальнейших действий злоумышленника могут быть представлены следующей моделью (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Вероятность динамических (имитационных) моделей действий злоумышленника

Вероятностная модель действий злоумышленника на объекте во время совершения им НСД при оказании на него воздействий, где:

- I Приближение к объекту и визуальный осмотр объекта
- II Выбор пути проникновения на объект
- III Попытка проникновения на объект
- IV Проникновение на объект (нарушение целостности объекта)
- V Перемещение злоумышленника внутри объекта
- VI Приближение злоумышленника к наиболее ценным предметам в помещении и попытка овладеть ими
- VII Уход с объекта

Таким образом, одной из важнейших составляющих вероятного сценария осуществления противоправных действий по доступу к информации является модель нарушителя. Наличие такой модели нарушителя безопасности, которая постоянно корректируется на основе получения новых знаний о возможностях нарушителя и изменениях в системе защиты, на основе анализа причин произошедших нарушений, позволит повлиять на сами эти причины, а также точнее определить требования к системе обеспечения информационной безопасности от данного вида нарушений [3].

Для того чтобы модель нарушителя приносила максимальную пользу, она должна быть сориентирована на конкретный объект защиты, учитывать мотивы действий и социально-психологические аспекты нарушения, потенциальные возможности по доступу к информационным ресурсам различных категорий внешних и внутренних нарушителей на различных пространственно-временных срезах объекта защиты [4].

Перед началом работы был проведён комплексный анализ рынка.

Выявлены следующие аналоги проекта:

- EASI
- ASSESS
- Спрут
- Спрут-ИМ
- «Вега-2»
- «Контрфорс»

Был выявлен ряд недостатков:

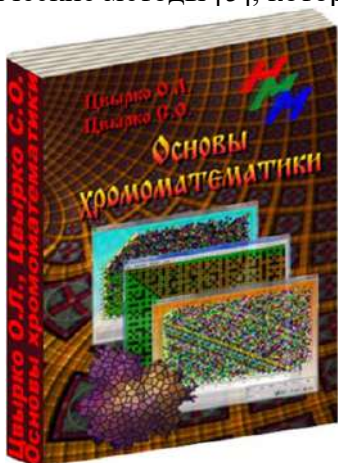
- ✓ Заложена жесткая тактика действий сил реагирования.
- ✓ Отсутствует база данных по реальным-тактико-техническим характеристикам ТСФЗ и ФБ, относящихся к чувствительной информации.
- ✓ Погрешности в расчетах.
- ✓ Произведено за рубежом.
- ✓ Государственные (не продаются).

Ключевые отличительные характеристики от аналогов:

- Представление пространственной структуры объекта.

- Автоматический поиск наиболее опасных маршрутов.
- Ввод характеристик рубежей с помощью шаблонов.
- Наличие баз данных по средствам охраны.
- Количество исследуемых маршрутов.
- Учет случайного характера времени действий нарушителей и сил охраны.
- Учет вида тактики действий сил охран.
- Моделирование действий нескольких тактических групп нарушителей и сил охраны.
- Моделирование боевого столкновения.

Для построения областей распространения использовали хромотематические методы [5], которые описаны в книге [5]:



Цвырко О.Л., Цвырко С.О.  
Основы хромотематики

В книге на многочисленных примерах показана эффективность хромотематического подхода. Хромотематика предполагает активное (осмысленное) использование цвета при конструировании математических моделей. Указана методика использования хромотематического подхода для создания прикладных математических программ исследовательского характера.

Безусловно, пособие может быть рекомендовано к использованию в учебном процессе ВУЗа и школы, на дополнительных занятиях, факультативах, кружках как обучающимся, так и преподавателям, учителям и методистам ВУЗов и школы.

Программный комплекс создан для работы в двух режимах:

1. Моделирование проникновения (прогнозируемое).

2. Моделирование проникновения (реальное).

В первом случае на работу программы будут влиять различные факторы: действия сил экстренного реагирования, работа датчиков охранной системы объекта, выбранная модель злоумышленника и др. Во втором случае все эти факторы задаются искусственно, тем самым производится проверка территории защищаемого объекта на наличие уязвимостей и соответствие принципам физической безопасности.

Рассмотрим алгоритм работы программы (рисунки 2-5).

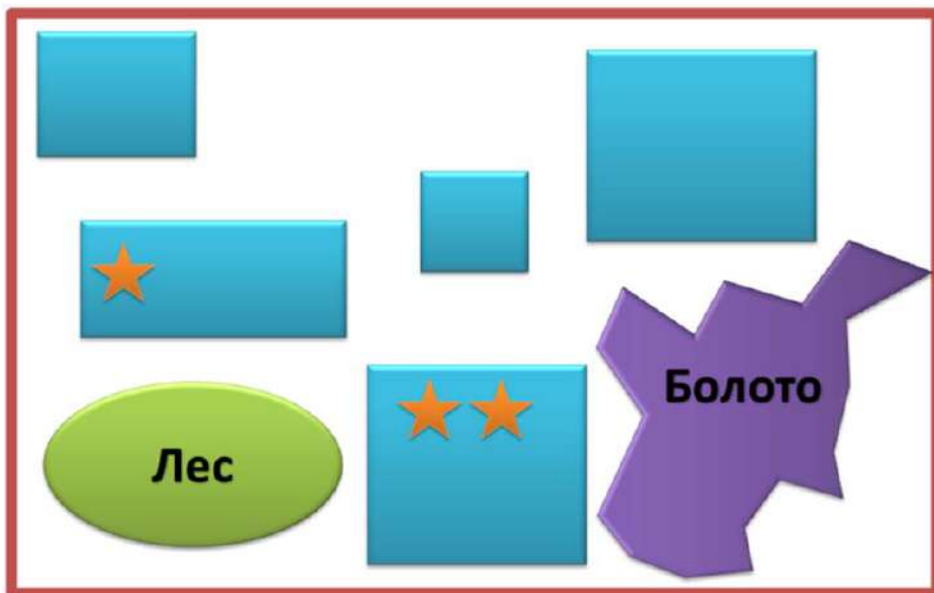


Рисунок 2 – Пример схемы защищаемого объекта для загрузки в программу

Расчет и построение путей прохождения злоумышленника по защищаемой территории является решением задачи поиска пути (рисунок 3).

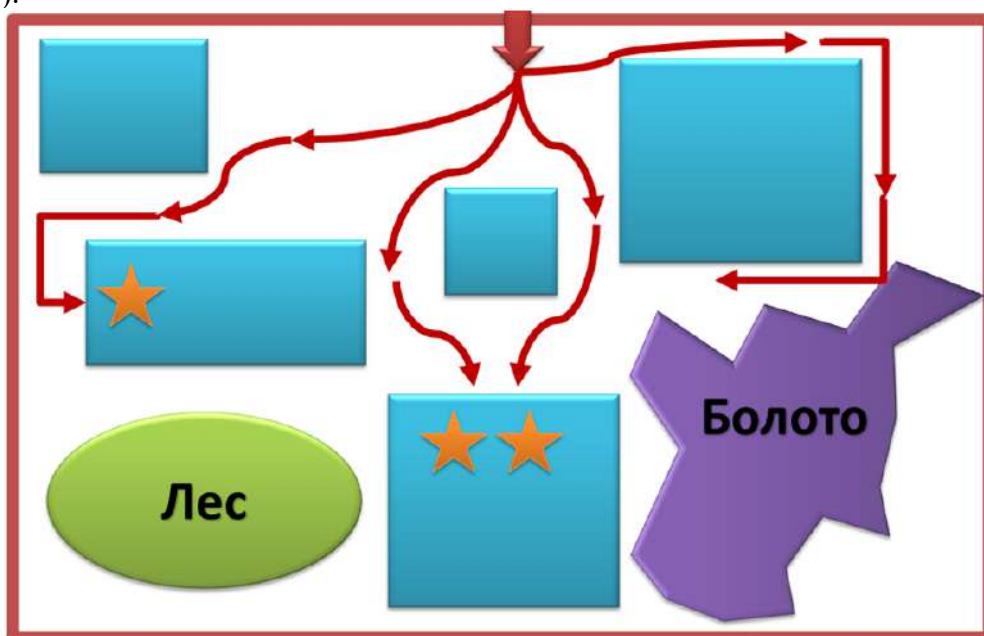


Рисунок 3 – Пример нахождения путей перемещения



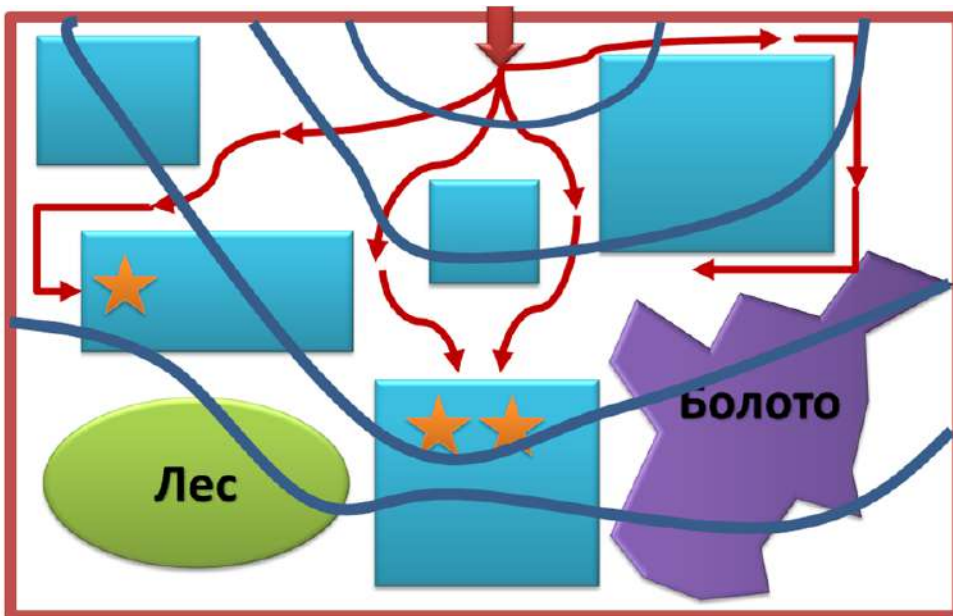


Рисунок 4 – Построение зон предполагаемого местонахождения злоумышленника

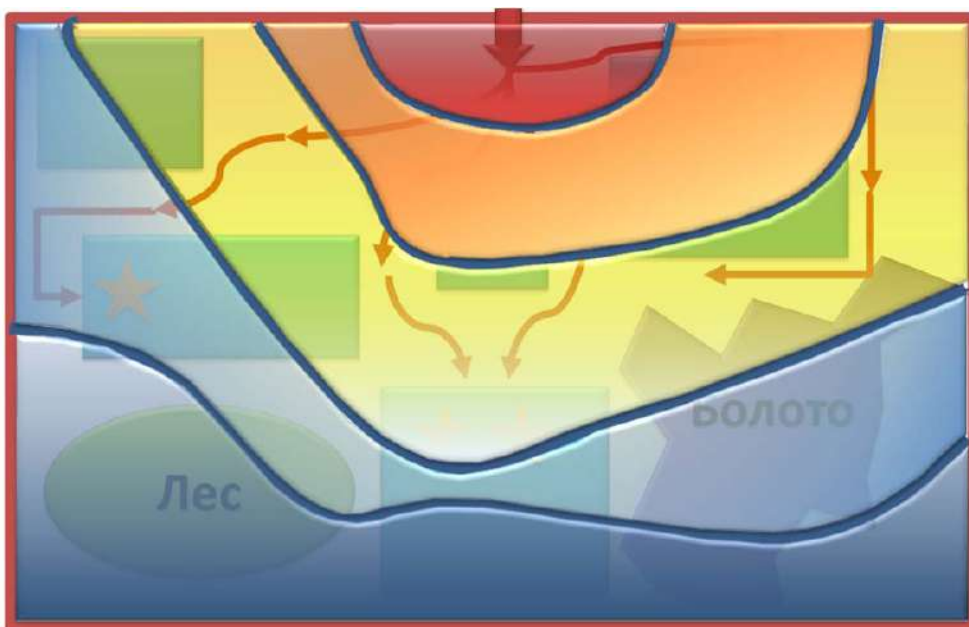


Рисунок 5 – Построение областей предполагаемого местонахождения злоумышленника

От программы требуется рассчитать и продемонстрировать:

- область, в которой предполагается находится злоумышленник в конкретно взятый момент времени;
- предполагаемые пути перемещения злоумышленника;
- предложить службам экстренного реагирования оптимальную последовательность действий по перехвату и нейтрализации незаконно проникнувшего физического лица.

Очевидно, что при данном подходе использование модернизированного варианта алгоритма поиска путей  $A^*$  требуется исключительно для расчета и построения путей предполагаемого перемещения злоумышленника по защищаемой территории.

**Алгоритм:**

- 1) задаем точку проникновения;
- 2) задаем точку цели;
- 3) в цикле выполняем следующие действия (рекурсивный вызов):
  - а) из крайних точек строим 8 векторов;
  - б) анализируем их на пересечение;
- 4) соединяем крайние точки непрерывной линией.

Алгоритм использует **тайловую** или **плиточную графику** (от англ. *tile* – плитка) [6]. Это метод создания больших изображений, когда изображение составляется из маленьких фрагментов одинаковых габаритов (рисунок 7). Перемещение по тайлам в традиционном подходе происходит по 8 направлениям (рисунок 6).

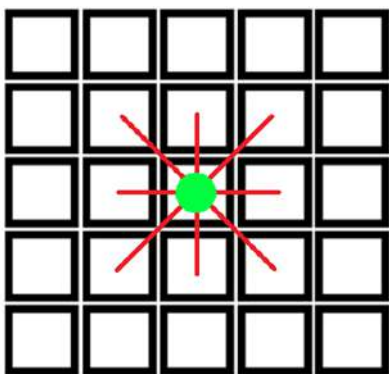


Рисунок 6 – Традиционный подход

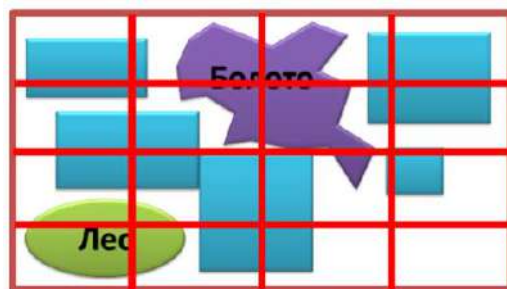


Рисунок 7 – Пример разбиения карты на тайлы

Для того, чтобы комплексно рассмотреть весь массив факторов, влияющих на работу алгоритма, был введен принцип многослойности графического представления, т.е. наложение исходных условий (рисунок 8).

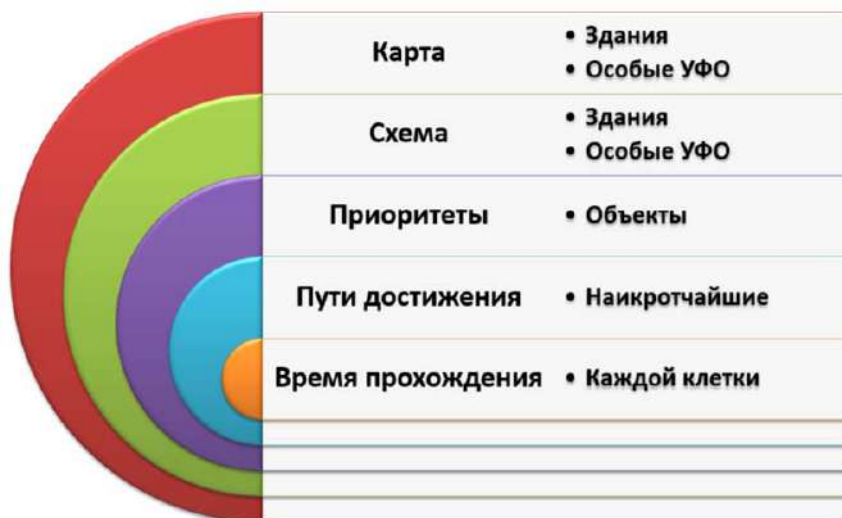


Рисунок 8 – Представление «слоеного пирога» условий

Наглядно можно посмотреть на принцип работы «слоев» на следующем примере (рисунок 9). На карте объекта не видно местоположение элементов системы физической защиты (и наличие таковых), в отличие от схемы. Следует отметить, что построенная область распространения на карте смотрится нетривиально, поскольку опять же не видно элементы СФЗ, которые влияют на деятельность нарушителя.



Рисунок 9 – Различные слои

В работе создан **авторский алгоритм** перехвата нарушителей, совмещающий в себе методы системного анализа, теории множеств, теории графов, теории нечетких систем, теории имитационного моделирования, модифицированный алгоритм Дейкстры, методы хромоматематического анализа, многослойную структуру объекта, позволяющую учитывать всевозможные условия, влияющие на решение поставленной задачи,

модели нарушителя.

Путь нарушителя – упорядоченная последовательность действий против предприятия, которая при успешном завершении приведёт к краже, диверсии или другому враждебному акту. Критический путь – путь, у которого наименьшая вероятность суммарного обнаружения. Критический путь нарушителя характеризует эффективность СФЗ предприятия [7].

После создания этой диаграммы и введения данных об обнаружении и задержке аналитик может просмотреть возможные пути нарушителей, определить наиболее легкий путь и общую эффективность СФЗ.

На увеличенном фрагменте (рисунок 10) демонстрируется часть области предполагаемого местонахождения злоумышленника, где бихромоматематическая модель раскрашивания интуитивно подсказывает наибольшую степень опасности.

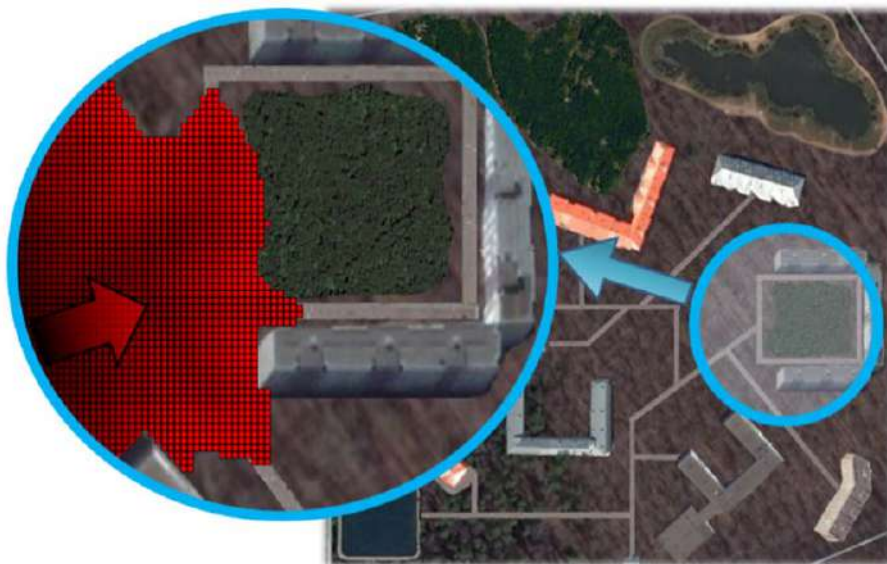


Рисунок 10 – Пример работы формы прогнозирования

Для анализа эффективности СФЗ используется метод качественной оценки эффективности EASI (Estimate of Adversary Sequence Interruption), количественно показывающий эффект от изменения параметров физической защиты [8]. EASI – модель на уровне «пути», для защиты более крупных и сложных систем требуются усовершенствованные компьютерные модели. Например, диаграмма последовательности действий (ДПД) нарушителя [9].

Рассмотрим работу алгоритма на конкретном примере (рисунок 11). Предположим, происходит проникновение на абстрактный важный

государственный объект (ВГО). На территории есть три проранжированных объекта и некоторые элементы СФЗ. Программа анализирует возможность проникновения в каждое здание и вероятность перехвата. После этого предлагается способ распределения групп экстренного реагирования и пути их перемещения для максимальной эффективности.

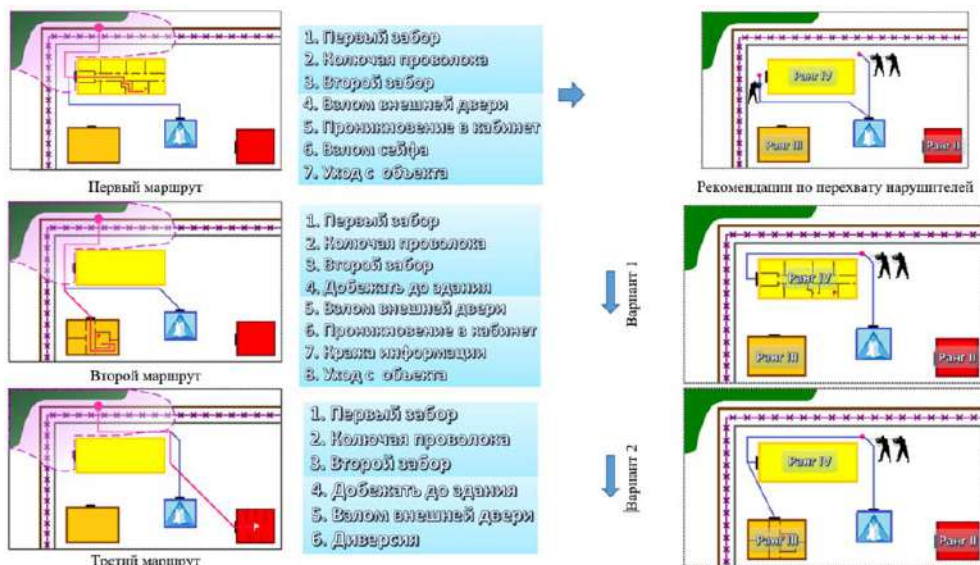


Рисунок 11 – Пример программного анализа для решения задачи

### Заключение

1. Результатом проведенной научно-исследовательской работы стало создание пилотного варианта прикладного программного обеспечения на базе инновационного использования методов хромоматематики, рекурсивных алгоритмов на плоскости и «многослойности» представлений параметров для моделирования действий злоумышленника с целью улучшения эффективности систем физической защиты критически важных объектов любого профиля в условиях специфических особенностей их функционирования.

2. Создан авторский алгоритм моделирования области предполагаемого нахождения и прогнозирования перемещения злоумышленника на защищаемой территории.

3. Разработан прототип программного комплекса, позволяющий на первом этапе прогнозировать во времени действия злоумышленника с графическим отображением.

4. Ведется разработка усовершенствованного алгоритма с учетом новых факторов:

- действий служб безопасности,

- учетом одновременных перемещений нескольких групп злоумышленников,
- расширением учитываемых факторов обстановки.

*Литература*

1. Лорьер, Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта / Пер. с фр. и ред. В. Л. Стефанюка // М.: Мир. – 1991. – С. 238-244.
2. Рассел, С. Дж., Норвиг, П. Искусственный интеллект: современный подход = Artificial Intelligence: A Modern Approach / Пер. с англ. и ред. К. А. Птицына. – 2-е изд. // М.: Вильямс. – 2006. – С. 157-162. – ISBN 5-8459-0887-6.
3. Нильсон, Н. Искусственный интеллект: методы поиска решений = Problem-solving Methods in Artificial Intelligence / Пер. с англ. В. Л. Стефанюка; под ред. С. В. Фомина // М.: Мир. – 1973. – С. 70-80.
4. Защита от несанкционированного доступа к информации. Термины и определения: Руководящий документ. – М.: Гостехкомиссия России. – 1992.
5. Цвырко, О. Л., Цвырко, С. О. Основы хромоматематики. Монография // Ишим: Изд-во ИГПИ им. П. П. Ершова. – 2013. – 122 с.
6. Костин, В. Н., Шевченко, С.Н., Гарнова, Н. В. Проектирование систем физической защиты потенциально опасных объектов на основе развития современных информационных технологий и методов синтеза сложных систем. – Монография. – ISBN 978-5-4417-0413-7.
7. Гарсиа, М. Проектирование и оценка систем физической защиты. Пер. с англ. / М. Гарсиа // М.: Мир: ООО «Издательство АСТ». – 2002. – 386с.
8. Боровский, А. С., Автоматизированное проектирование и оценка систем физической защиты потенциально-опасных (структурно-сложных) объектов. Часть 1: Системный анализ проблемы проектирования и оценки систем физической защиты: монография / А. С.Боровский, А. Д.Тарасов – Самара-Оренбург: Сам ГУПС, ОрИПС – филиал Сам ГУПС. – 2012. – 163 с. – ISBN 978-5-98941-171-9.
9. Драгунов, А. Г., Измайлов, А. В., Скорцов, Д. А. Изучение компьютерных программ оценки эффективности систем физической защиты ядерных материалов и установок на примере специализированной компьютерной программы «Вега-2»: Лабораторный практикум. М.: МИФИ. – 2002. – 32с – ISBN 5-7262-0439-5.