

004.92
К30

**Качанов П.А.
Зуев А.А.
Яценко К.Н.**

**СИСТЕМЫ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ТРЕНАЖЕРНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

**БРОНЕТАНКОВОЙ
ТЕХНИКИ**



Качанов П. А.,
Зуев А. А., Яценко К. Н.

**СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ
БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ**

Монография

Харьков
«Типография Мадрид»
2015

ББК 32.972
УДК 004.92; 004.94; 623.438
К 30

*Утверждено ученым советом
Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»,
протокол №10 от 27.11.2015 г.*

Рецензенты:

Порошин С. Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой мультимедийных информационных технологий и систем Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»;
Фурман И. А., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. Петра Василенко.

Авторы:

Качанов П. А., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматика и управление в технических системах» НТУ «ХПИ»;
Зуев А. А., кандидат технических наук, доцент, НТУ «ХПИ»;
Яценко К. Н., аспирант, НТУ «ХПИ».

Качанов П. А., Зуев А. А., Яценко К. Н.

К 30 Системы визуализации тренажерных комплексов бронетанковой техники. Монография / На русском языке. – Харьков: «Типография Мадрид», 2015. – 204 с.
ISBN 978-617-7294-43-5

В книге рассмотрены различные аспекты разработки систем визуализации для тренажерных комплексов наземной спецтехники. Приведены примеры практической реализации методов подготовки исходных данных для моделирования, а также примеры синтеза изображений в реальном масштабе времени с использованием различных спецэффектов. Рассмотрены математические модели хранения протяженных динамических ландшафтов и физической симуляции. Книга рассчитана на широкий круг читателей, включающий в себя специалистов по компьютерной графике и системам визуализации.

**ББК 32.972
УДК 004.92; 004.94; 623.438**

ISBN 978-617-7294-43-5

© Качанов П. А., Зуев А. А.,
Яценко К. Н., 2015
© «Типография Мадрид», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

	СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
	ВВЕДЕНИЕ	7
1	ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ	10
1.1	Назначение тренажерных систем и комплексов	10
1.2	Основные группы учебно-тренажерных средств	13
1.3	Обзор существующих тренажерных комплексов	18
1.3.1	Зарубежные тренажерные комплексы и системы	19
1.3.2	Военные игры	20
1.3.3	Симуляторы и тренажерные комплексы робототехнических средств (РТК)	27
1.3.4	Тренажерные комплексы, разработанные в Украине	28
1.4	Типовая структура тренажерного комплекса	33
1.4.1	Особенности построения и функционирования системы визуализации тренажерных комплексов специального назначения	35
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	41
2	АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ МОДЕЛИ ЛАНДШАФТА	45
2.1	Синтез и уточнение поля высот ландшафта	46
2.2	Модель поверхности ландшафта	51
2.2.1	Синтез травяного и растительного покрова	58
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	62

3	ХРАНЕНИЕ МОДЕЛИ И СИНТЕЗ СЕТКИ ЛАНДШАФТА	63
3.1	Метод компактного хранения ландшафтных данных	65
3.1.1	Уменьшение погрешности кодирования полей высот	69
3.1.2	Метод построения набора векторов используемых для кодирования	71
3.3	Методы синтеза сетки ландшафтов	76
3.4	Система синтеза сетки ландшафта	83
3.4.1	Изменение поверхности ландшафта в реальном масштабе времени	94
3.4.2	Оценка быстродействия	96
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	103
4	СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ И РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ	106
4.1	Методы расчета освещенности	107
4.2	Расчет освещения в реальном масштабе времени	114
4.3	Уменьшение размера G-буфера и повышение точности кодирования нормалей	121
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	127
5	ОБРАБОТКА СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И НАЛОЖЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ	129
5.1	Метод удаления ступенчатости на изображениях	129
5.2	Моделирование специальных эффектов	135
5.2.1	Формирование дымо-пылевых облаков и взрывов	137
5.2.2	Аппроксимация фонового затенения	144
5.3	Восприятие пространства в проекции Панини и ее применение в системах визуализации тренажерных комплексов	151
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	171

6	СИСТЕМА ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	176
6.1	Моделирование движения объектов и трехмерном пространстве	176
6.2	Метод расчета позиции и ориентации наблюдателя при использовании динамической платформы	190
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	196
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	198