

Свидетельства о регистрации: бумажный вариант № 018694, электронный вариант № 018693  
выданы Госкомпечати РФ 14 апреля 1999 г.

ISSN: печатный вариант – 1561-7793; электронный вариант – 1561-803X  
от 20 апреля 1999 г. Международного Центра ISSN (Париж)

## СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

Александров А.И., Александров И.А., Бер Л.М. Левнеровские семейства функций в теореме вращения.....	5
Бер Л.М. Усиление теорем искажения.....	8
Васильева О.В. Неголономные поверхности вращения нулевой полной кривизны 2-го рода.....	12
Гензе Л.В., Хмылева Т.Е. Удвоение по Александрову и его обобщение.....	17
Горбатенко Е.М. Алгеброиды Ли в дифференциальной геометрии погруженных многообразий.....	20
Гриншпон И.Э. Подобие однородно разложимых групп.....	24
Гриншпон Я.С. Нормальность вполне регулярной топологии раздельной непрерывности.....	27
Гриншпон С.Я., Ельцова Т.А. Гомоморфно устойчивые абелевы группы.....	31
Гулько С.П. Свободные топологические группы и пространства непрерывных функций на ординалах.....	34
Гулько С.П., Окулова Е.И. Об одной модификации понятия $t$ -эквивалентности топологических пространств.....	39
Забарина А.И., Пестов Г.Г. Об $n$ -мерно упорядоченных группах.....	40
Касаткина Т.В. Об одной системе дифференциальных уравнений.....	43
Каравдина Е.Ю. Построение и свойства кольца обобщенных матриц порядка $n$ ( $n \geq 2$ ).....	46
Кирьяцкий Э.Г. Точные оценки коэффициентов Ньютона однолистных нормированных в единичном круге функций.....	50
Копанев С.А., Копанева Л.С. Формула типа формулы Кристоффеля – Шварца для счетноугольника.....	52
Куфарев Б.П. Обобщенное решение дифференциальных уравнений вида $y = f(x, y')$ .....	55
Лазарева Е.Г. О множестве рядов, сохраняющих сходимость после данной перестановки.....	58
Литвин А.И., Писаренко Л.А. Обобщенные кронекеровские произведения матриц.....	60
Малютин А.Н. Особенности отображений с $s$ -суммируемой характеристикой.....	65
Малютин А.Н., Соколов Б.В. О равностепенной непрерывности класса отображений с $(s, \alpha)$ -усредненной характеристикой.....	70
Онищук Н.М. Векторные поля нулевой полной кривизны первого рода.....	73
Садритдинова Г.Д. Управляющие функции и аргумент производной.....	78
Соболев В.В. Численный метод конформного отображения полуплоскости в себя с «гидродинамической» нормировкой.....	81
Сыркашев А.Н. О вариационном и параметрическом методах в теории однолистных функций.....	86
Фаустова И.Л. Абелевы группы без кручения ранга 2, обладающие автоморфизмом порядка 4 или 6.....	97

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Вековцева С.А., Дёмин Н.С. Оптимальное управление односекторной экономикой при наличии внешних инвестиций. Модель Рамсея.....	99
Галайко Я.В., Назаров А.А. Исследование числа лиц, застрахованных в Пенсионном фонде Российской Федерации при нестационарном входящем потоке.....	103
Гарайшина И.Р., Назаров А.А. Исследование математической модели процесса изменения страхового капитала Пенсионного фонда.....	109
Гальперин В.А., Домбровский В.В. Динамическое управление инвестиционным портфелем с учетом скачкообразного изменения цен финансовых активов.....	112
Герасимов Е.С., Домбровский В.В. Адаптивное управление инвестиционным портфелем.....	118
Домбровский В.В., Домбровский Д.В. Динамическое управление инвестиционным портфелем в пространстве состояний с использованием рыночной модели.....	123
Ерохина Е.А. Закономерности экономического развития: системно-самоорганизационный подход.....	127
Змеев О.А. Математическая модель деятельности фонда социального страхования при экспоненциальных страховых выплатах.....	130
Кошкин Г.М., Лопухин Я.Н. Оценивание нетто-премии в коллективном страховании жизни.....	136
Поддубный В.В., Бахтина К.В., Кривошеина Т.В. Субоптимальное управление системой, описываемой стохастической моделью мировой динамики Форрестера.....	145
Терпугов А.Ф., Щирова Н.П. Математическая модель деятельности склада.....	155
Лившиц К.И., Парасев В.Ю. Применение многоуровневой аппроксимации для построения математических моделей нестационарных процессов.....	159
Парасев Ю.И. Оптимальное управление рекламой в задаче производства и сбыта товара.....	162
Парасев Ю.И. Задача производства, хранения и сбыта товара как дифференциальная кооперативная игра.....	165

## ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

Воробейчиков С.Э., Кабанова Т.В. Обнаружение момента разладки процесса авторегрессии первого порядка.....	170
Демин Н.С., Рожкова С.В., Рожкова О.В. Фильтрация в динамических системах по непрерывно-дискретным наблюдениям с памятью при наличии аномальных помех. I. Непрерывные наблюдения.....	175
Демин Н.С., Рожкова С.В., Рожкова О.В. Фильтрация в динамических системах по непрерывно-дискретным наблюдениям с памятью при наличии аномальных помех. II. Непрерывно-дискретные наблюдения.....	180
Китаева А.В., Терпугов А.Ф. Сильно состоятельная и асимптотически нормальная оценка параметра процесса авторегрессии первого порядка с бесконечной дисперсией.....	185
Кошкин Г.М., Пивен И.Г. Непараметрическое оценивание функционалов от условных распределений последовательностей сильно перемешивания.....	187
Ломакина С.С., Смагин В.И. Робастная фильтрация в непрерывных системах со случайными скачкообразными параметрами.....	201
Сотникова Е.Е. Распределение интеграла от случайной волатильности в случае, когда она образует чисто разрывный марковский процесс с двумя состояниями.....	204
Тарасенко П.Ф. О сходимости индикаторных оценок для параметров линейной модели.....	208
Тарасенко Ф.П., Шуленин В.П. Функции регрессии наблюдений и их рангов.....	213

## ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Колоусов Д.В., Назаров А.А. Исследование двумерного выходящего потока сети связи случайного доступа с конечным числом станций.....	217
Кузнецов Д.Ю., Назаров А.А. Определение асимптотического распределения состояний канала и источника повторных вызовов адаптивной сети связи в условиях критической загрузки.....	222
Марголис Н.Ю., Назаров А.А. Локальная диффузионная аппроксимация процесса изменения состояний СМО.....	226
Назаров А.А. Исследование процесса изменения числа заявок в нестационарной немарковской бесконечнолинейной системе массового обслуживания.....	230
Назаров А.А., Цой С.А. Исследование математической модели двухканальной сети случайного доступа.....	232

## ИНФОРМАТИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Бабанов А.М. Теория семантически значимых отображений.....	239
Бабанов А.М. Применение теории семантически значимых отображений для проектирования реляционных баз данных.....	249
Дмитренко А.Г., Колчин В.А. Численное решение задачи рассеяния электромагнитных волн на трехмерных идеально проводящих телах.....	258
Змеев О.А., Моисеев А.Н. Сравнительный анализ некоторых методов O – R-преобразования.....	263
Зубков А.В. Синхронизация модификаций денормализованных данных в приложениях Lotus Notes/Domino.....	272
Костюк Ю.Л., Кон А.Б., Новиков Ю.Л. Алгоритмы векторизации цветных растровых изображений на основе триангуляции и их реализация.....	275
Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Предварительная обработка исходных данных для построения цифровой модели рельефа местности.....	281
Костюк Ю.Л., Фукс А.Л. Построение цифровой модели рельефа местности на основе структурных линий и высотных отметок.....	286
Мирютов А.А., Шаповалов Д.В., Князев Б.Г., Плешков А.Г., Щипунов А.А. Паттерны проектирования информационных систем. Ч. I.....	290
Огородников А.Н. Выбор интервалов анализа сигнала при распознавании речи.....	295
Петренко Д.А., Скворцов А.В., Куленов Р.О. Сравнение триангуляций с помощью хеш-функций.....	305
Палухин П.Н., Поддубный В.В. Технология использования MATLAB-программ в средах визуального программирования C/C++.....	309
Сущенко С.П., Сущенко М.С., Биматов Д.В. Моделирование разделяемой памяти двухпроцессорной вычислительной системы.....	319
Терпугов А.Ф., Шкуркин А.С. Программа вычисления параметров систем массового обслуживания по периоду занятости.....	324
Толузаков С.Г. Построение распределенных приложений.....	326
Толузаков С.Г., Якунина Е.Н. Технология построения корпоративного Web-сайта.....	328
Толузаков С.Г. Подходы к построению системы документооборота на основе IBM Lotus Domino.....	335
Ченцов О.В., Скворцов А.В. Обзор алгоритмов построения оверлеев многоугольников.....	338

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Скворцов А.В. Разработка геоинформационных и инженерных систем на факультете информатики и в ООО «ИндорСофт».....	346
Бойков В.Н., Петренко Д.А., Люст С.Р., Скворцов А.В. Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road.....	350
Скворцов А.В., Иванов М.О., Петренко Д.А. Система подготовки чертежей IndorDraw.....	354
Сарычев Д.С. Современные информационные системы для инженерных сетей.....	358
Сарычев Д.С., Крысин С.П., Скворцов А.В. Создание информационных моделей автомобильных дорог и информационной системы на их основе.....	362

## ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

Змеева Е.Е., Сазанова Т.А., Терпугов А.Ф. К вопросу о методике преподавания математики в средней школе и высшем учебном заведении.....	370
Лещинский Б.С. Оценивание знаний учащегося с использованием теории нечетких множеств.....	374
Лещинский Б.С., Циплаков Д.В. Обучающая система с количественным контролем качества обучения.....	379

## МЕМУАРЫ. ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ. ПЕРСОНАЛИИ

Профессор Захар Иванович Клементьев (к 100-летию со дня рождения).....	383
Русинов Ю.И., Устинов Ю.К. Геомагнитные «возмущения» или волнения космоса в суперсверхдлинном диапазоне?.....	389

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	393
РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ НА РУССКОМ И АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКАХ.....	399

# CONTENTS

## MATHEMATICS

Alexandrov A.I., Alexandrov I.A. Löwner families of functions in the rotation theorem .....	5
Ber L.M. Reinforcement the theorems of distortion .....	8
Vasilyeva O.V. Nonholonomic rotation surfaces of zero total curvature of second kind .....	12
Genze L.V., Khmyleva T.E. Aleksandroff duplicate and its generalization .....	17
Gorbatenko E.M. Lie algebroids in differential geometry of immersed submanifolds .....	20
Grinshpon I. E. Similarity of homogeneously decomposable groups .....	24
Grinshpon Ya.S. Normality of the completely regular topology of separate continuity .....	27
Grinshpon S.Ya., Yeltsova T.A. Homomorphly stable abelian groups .....	31
Gul'ko S.P. Free topological groups and the spaces of continuous functions on ordinals .....	34
Gul'ko S.P., Okulova E.I. On modification of the notion of $t$ -equivalence of topological spaces .....	39
Zabarina A.I., Pestov G.G. On $n$ -dimensionally orderer groups .....	40
Kasatkina T.U. About a system of differential equations .....	43
Karavdina E.Yu. The construction and properties of generalized matrix rings of $n$ order ( $n \geq 2$ ) .....	46
Kirjatskii E.G. The sharp estimates of newton coefficients of univalent and normed in a unit circle functions .....	50
Kopanev S.A., Kopanev L.S. The formula type formula Christoffel–Schwarz for numerable polygon .....	52
Kufarev B.P. Generalized solution of differenteal equations $y = f(x, y')$ .....	55
Lasareva E.G. Essential permutation preserves a convergence just on a set of the first category in the space of series .....	58
Litvin A.I., Pisarenko L.A. Generalized kronecker products of matrices .....	60
Malutina A.N. The peculiarity of representations with $s$ -summation characteristic .....	65
Maljutina A.N., Sokolov B.V. About equicontinuity property of mappings with $(s, \alpha)$ -bounded characteristic .....	70
Onishchuk N.M. Vektor fields of zero total curvature of the first kind .....	73
Sadritdinova G.D. The ruling functions and an argument of the derivanive .....	78
Sobolev V.V. The numeric method of conformal mapping of the half-hlane into self with the hydrodynamics normalization .....	81
Syrkashev A.N. On the variational and parametrical methods in the theory of univalent functions .....	86
Faustova I.L. Abel's groups without class 2 torsion, having automorphizm orler 4 or 6 .....	97

## MATHEMATICAL MODELING OF ECONOMIC SYSTEMS

Vekovtseva S.A., Dyomin N.S. Optimal management of onesector economy model with external investment. Model of Ramsey .....	99
Galayko Ya.V., Nazarov A.A. Investigation of number of persons insured in Russian Federation retirement fund in condition of transitional incoming flow .....	103
Garayshina I.R., Nazarov A.A. Investigation of Russian Federation retirement fund insurance capital modification process mathematical model .....	109
Galperin V. A., Dombrovskiy V. V. Dynamic managing investment portfolio under jumping changes in prices of financial assets .....	112
Gerasimov E.S., Dombrovskiy V.V. The adaptive control of investment portfolio .....	118
Dombrovskiy V. V., Dombrovskiy D. V. Dynamic managing investment portfolio in state space using market model .....	123
Yerokhina Ye.A. The regularities of the economic development: system-organizational approach .....	127
Zmeyev O.A. Mathematical model of social insurance foundation when payments have exponential distribution .....	130
Koshkin G.M., Lopukhin Ya.N. Estimation of net premium in collective life insurance .....	136
Poddubny V.V., Bakhtina K.V., Krivosheina T.V. Suboptimal control of the system, described by forrester's stochastic model of the world dynamics .....	145
Terpugov A.F., Shchirova N.P. Mathematical model of storehose function .....	155
Livshits K.I., Paraev V.Ju. Application of multilevel approximation for construction of mathe-matical models of non-stationary processes .....	159
Paraev Ju.I. Optimum control of advertising in the problem of manufacture and selling of the goods .....	162
Paraev Ju.I. Problem manufactures, storages and selling of the goods as differential cooperative game .....	165

## PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS

Vorobejchikov S.E., Kabanova T.V. On detecting of change-point in autoregressive process of the first order .....	170
Dyomin N.S., Rozhkova S.V., Rozhkova O.V. Filtering in the dynamic systems on the continuous-discrete observations with memory under anomaluous nouse. I. continuous observations .....	175
Dyomin N.S., Rozhkova S.V., Rozhkova O.V. Filtering in the dynamic systems on the continuous-discrete observations with memory under anomaluous nouse. II. Continuous-discrete observations .....	180
Kitayeva A.V., Terpugov A.F. Strong consistent and asymptotically normal estimate of parameter of first order autoregression process with infinite variance .....	185
Koshkin G.M, Piven I.G. Nonparametric estimation of functionals of conditional distributions for strong mixing sequences .....	187
Lomakina S.S., Smagin V.I. Robust filtering in continuous systems with random jump parameters .....	201
Sotnikova E.E. Calculation of stochastic volatility integral s density when the volatility is assumed to be a discrete markov process with two states .....	204
TarassenkoP.F. On convergence of indicator-based estimators for parameters of linear model .....	208
Tarassenko F.P., Shulenin V.P. Regression function of observation and its rank .....	213

## MASS SERVICE THEORY

Kolousov D.V., Nazarov A.A. Investigation the communications network two-dimensional output flow with random access protocol and finite number of stations .....	217
Kuznetsov D. Y., Nazarov A. A. Definition of asymptotic distribution of channel states and repeated calls source of adaptive network communication with the assumption of critical loading .....	222
Margolis N. Yu., Nazarov A.A. Local diffusion appoximation of queing system current condition process .....	226
Nazarov A.A. Investigation of queries number process in unsteady non-Markov's infinitely line queue system .....	230
Nazarov A.A., Tsoy A.S. Investigation of mathematical model of two channel network with random access .....	232

## INFORMATION SCIENCE AND PROGRAMMING

<b>Babanov A.M.</b> Theory of semantically significant mappings .....	239
<b>Babanov A.M.</b> Using a theory of semantically significant mappings for designing the relational databases .....	249
<b>Dmitrenko A.G., Kolchin V.A.</b> Numerical solution of electromagnetic scattering problem for threedimensional perfectly conducting bodies ; .....	258
<b>Zmeyev O.A., Moiseyev A.N.</b> Comparative analysis of some O-R transforming methods .....	263
<b>Zubkov A.V.</b> Modification's synchronization of denormalized data in Lotus Notes/Domino applications .....	272
<b>Kostyuk Yu.L., Kon A.B., Novikov Yu.L.</b> Algorithms for vectorization of a multicolor raster image based on triangulation and their realization .....	275
<b>Kostyuk Yu.L., Foox A.L.</b> Preliminary processing of the initial data for construction of digital elevation model .....	281
<b>Kostyuk Yu.L., Foox A.L.</b> Construction of digital elevation model on the basis of relief structural lines and elevations.....	286
<b>Mirutov A.A., Shapovalov D.V., Knyazev B.G., Pleshkov A.G., Shipunov A.A.</b> Design patterns of information systems (part I) .....	290
<b>Ogorodnikov A.N.</b> Choosing signal analysis intervals when recognizing speech .....	295
<b>Petrenko D.A., Kulenov R.O., Skvortsov A.V.</b> Triangulations comparison by means of hash function .....	305
<b>Palukhin P.N., Poddubny V.V.</b> Technology of the use matlab-programs in ambience of the visual programming C/C++ .....	309
<b>Sushchenko S.P., Sushchenko M.S., Bimatov D.V.</b> Modeling of shared memory two-processors computer systems .....	319
<b>Terpugov A.F., Shkurkin A.S.</b> A program for calculation of the queuing system parameters from the occupation period .....	324
<b>Tolouzakov S.G.</b> Building distributed applications .....	326
<b>Tolouzakov S.G., Yakunina E.N.</b> A technology of building of a corporate web-site .....	328
<b>Tolouzakov S.G.</b> Approaches to building of document flow system based on ibm lotus domino .....	335
<b>Chentsov O.V., Skvortsov A.V.</b> A review of the algorithms of polygon overlays design .....	338

## AUTOMATED DESIGN SYSTEMS

<b>Skvortsov A.V.</b> Geoinformation and engineering system design at the informatics faculty and in the company «IndorSoft» .....	346
<b>Boykov V.N., Petrenko D.A., Lust S.R., Skvortsov A.V.</b> Road computer-aided design system IndorCAD/Road.....	350
<b>Skvortsov A.V., Ivanov M.O., Petrenko D.A.</b> Drawing design system IndorDrawing .....	354
<b>Sarychev D.S.</b> Modern information systems for the engineering networks .....	358
<b>Sarychev D.S., Krysin S.P., Skvortsov A.V.</b> Design of road information models and information system based on them .....	362

## PROBLEMS OF EDUCATION

<b>Zmeyeva E.E., Sazanova T.A., Terpugov A.F.</b> Aspects of teaching mathematics methods at school and higher educational institutes .....	370
<b>Leshchinsky B.S.</b> Assessment of Student's knowledge using theory of fuzzy sets .....	374
<b>Leshchinsky B.S., Tsiplakov D.V.</b> Software learning system with quantitative control of students grade .....	379

## MEMOIRS. MEMORY DATES. PERSONALITES

<b>Professor Zachar Ivanovich Klement'ev</b> .....	383
<b>Rusinov Yu.I., Ustinov Yu.K.</b> Geomagnetic «perturbations» or wavemovments of cosmos in extrasuperlonge diapason?.....	389

<b>BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTORS</b> .....	393
<b>SUMMARIES OF THE ARTICLES IN THE RUSSIAN AND ENGLISH LANGUAGES</b> .....	399

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ INDORCAD/ROAD

Описывается система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road, история ее создания, функциональные возможности, примеры практического применения для проектирования автомобильных дорог в разных природно-климатических условиях

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road развивается с 1991 г. До 2003 г. система разрабатывалась в Инженерном дорожном центре «Индор» (Томск) и называлась ReCAD (по аббревиатуре слов РеКонструкция Автомобильных Дорог). На начальном этапе развития система ReCAD представляла собой исследовательскую систему, на которой отрабатывались новые подходы и алгоритмы автоматизированного проектирования автомобильных дорог. До 2001 г. система ограничено применялась в производственной практике в ряде дорожных проектных организаций Западной Сибири.

В 2001 г. была завершена разработка системы ReCAD 3-го поколения под управлением ОС Windows, которая была анонсирована и сертифицирована как программный продукт для массового применения. С этого времени система ReCAD широко применяется в производственной практике в России и странах СНГ.

В марте 2003 г. система ReCAD была передана для дальнейшего развития в специализированную фирму по разработке программного обеспечения ООО «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги», которая наряду с системами автоматизированного проектирования разрабатывает также геоинформационные системы и прикладные информационные комплексы на их основе. С этого времени система ReCAD была переименована в систему IndorCAD/Road.

Теоретические основы и практические методы, а также расчетные схемы и алгоритмы для системы IndorCAD/Road были разработаны д.т.н. Г.А. Федотовым (Московский автодорожный институт (технический университет)), д.т.н. В.Н. Бойковым (ООО ИДЦ «Индор», Томск), д.т.н. А.В. Скворцовым (Томский государственный университет), д.ф.-м.н. Б.М. Шумиловым (ТГАСУ), к.т.н. С.П. Крысиным (ООО ИДЦ «Индор», Томск), инженерами С.Р. Люстом (ИДЦ «Индор», Томск), Д.А. Петренко (ООО «ИндорСофт», Томск), М.О. Ивановым (ООО «ИндорСофт», Томск), А.В. Перфильевым (ООО «ИндорСофт», Томск), Р.О. Куленовым (ООО «ИндорСофт», Томск), С.А. Субботиным (ООО «ИндорСофт», Томск) и др.

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ

Система IndorCAD/Road позволяет проектировать автомобильные дороги всех категорий на стадии их строительства, реконструкции и ремонта. В основу идеологии системы положены, в первую очередь, расчетные схемы для реконструкции дорог. Новое строительство здесь понимается как частный случай реконструкции, то есть в отсутствие фактора учета элементов существующей дороги.

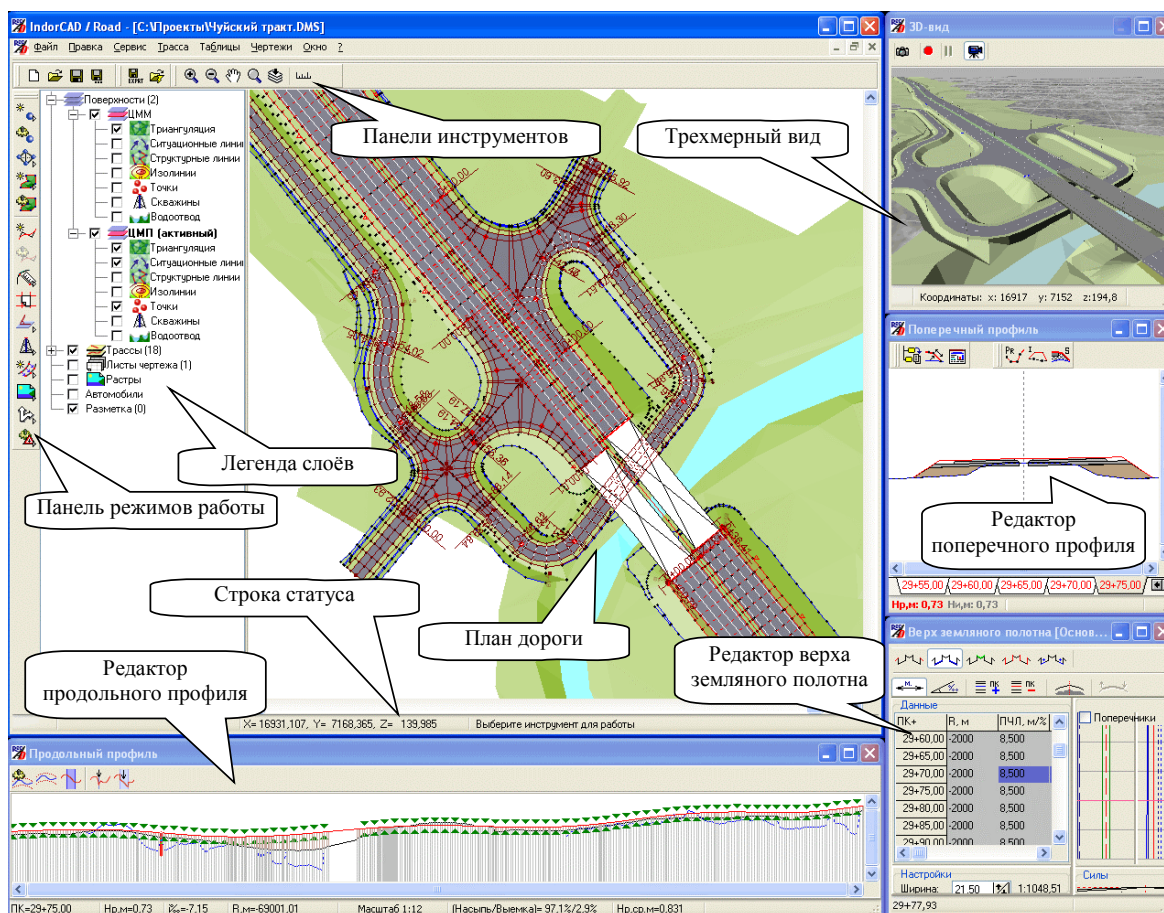


Рис. 1. Внешний вид системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road



В системе реализован принцип единой модели дороги, то есть любые изменения в одной из проекций дороги (план, продольный и поперечный профили) приведут к немедленным изменениям в других проекциях (внешний вид системы вместе с основными включенными окнами представлен на рис. 1). Такой подход позволяет получать непротиворечивые проектные решения, дает возможность одновременно корректировать поперечный и продольный профили.

Инструментальные средства системы предоставляют возможность:

- обрабатывать геодезическую информацию, полученную разными методами: нивелирование, тахеометрическая съемка, GPS-съемка;

- на основе обработанных данных формировать цифровые модели местности (ЦММ), редактировать их, отображать в различных представлениях (изолинии, твердотельная модель, уклоны и т.д.) для визуального анализа;

- трассировать автомобильные дороги в плане и продольном профиле как с применением традиционных геометрических элементов (дуги окружности и клоатоиды), так и современных инструментов вычислительной математики (кривые Безье 3-го и 5-го порядков, а также интерполяционные сплайны) [1];

- объединять несколько проектов в один, что позволяет легко разбить сложный проект на несколько более мелких, обработать их, затем произвести склейку проектов в один;

- осуществлять параллельный перенос трассы, изменять азимут ее начального направления;

- проектировать верх земляного полотна (виражи), в том числе и с учетом сплайновой природы трасс;

- конструировать дорожную одежду и поперечные профили как типовые, так и индивидуальные;

- отображать 3D-вид как существующей поверхности, так и проектируемой;

- одновременно отображать на экране все проекции проектируемого объекта;

- формировать чертежи, ведомости и таблицы для последующего их редактирования соответственно в IndorDraw [2] и Microsoft Excel;

- богатый ActiveX-интерфейс позволяет создавать собственные модули расширения и надстройки системы для выполнения частных задач.

Система IndorCAD/Road состоит из пяти основных разделов: плана, продольного профиля, верха земляного полотна, поперечного профиля, 3D-вида.

## ПЛАН

В основе любого проектного решения лежит цифровая модель местности (ЦММ). В качестве ЦММ в системе проектирования IndorCAD/Road используется триангуляционная модель местности, построенная с помощью триангуляции Делоне с ограничениями и флипами [3]. Особенностью системы является то, что во внешних файлах никогда не хранится сама структура триангуляции и вычисленные изолинии, зоны подтопления и т.д. В системе хранятся только исходные данные для построения триангуляции. Сама структура триангуляции и все вторичные построения выполняются только по требованию, например, при поступлении команды отображения на экране.

В дополнение к классическим видам исходных данных (включая точки, структурные линии, регионы, переброски ребер) для триангуляции хранится множество линий, определяющих цветовую раскраску треугольников при отображении на экране. После построения триангуляции система автоматически проверяет, какие треугольники пересекает каждая линия раскраски и соответственно назначаются цвета треугольникам (рис. 2).

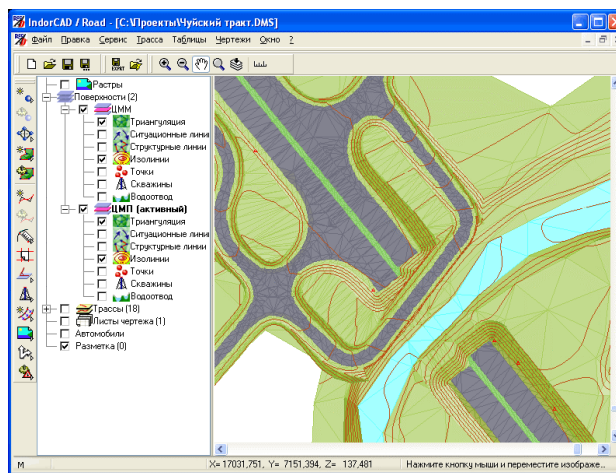


Рис. 2. Плановое представление автомобильной дороги

Ввод исходных данных для построения ЦММ может выполняться вручную, либо на основе данных, полученных в ходе геодезических изысканий. Для этого в системе предусмотрена возможность импорта файла снятых точек реальной местности, а также встроены функции для обработки результатов тахеометрической и нивелировочной съёмки. Кроме того, ввод исходных данных может быть выполнен по rasterной подложке (сканированные карты, чертежи, аэрофотографии), подложенной под ЦММ.

Помимо представления ЦММ в виде плана в системе предоставляется возможность построения профилей дороги вдоль произвольно заданных линий.

В процессе проектирования следующим шагом после построения ЦММ является создание проектной поверхности – цифровой модели проекта (ЦМП), которая также является триангуляционной моделью. Таких ЦМП может быть построено несколько в соответствии с требуемых количеством вариантов проектных решений. Все эти модели (ЦММ и ЦМП) могут одновременно или поочередно отображаться на экране, что позволяет визуально анализировать полученные решения. В дополнение к этому в системе предусмотрена возможность построения разности двух заданных поверхностей с целью определения, какая поверхность и где находится выше, и для оценки требуемых объемов земляных работ.

После выработки требуемого решения (завершения построения ЦМП) полученный проект может быть оформлен в соответствии с существующими требованиями оформления топографических планов и проектов автомобильных дорог. Для этого в системе предусмотрено достаточно большое число вспомогательных оформительских инструментов для работы с точками, линиями, полигонами, трассами и т.п. Для оформления этих объектов применяется технология ex-fonts отображения условных знаков, разработанная С.А. Субботиными [4].

В процессе проектирования после построения ЦММ следующим шагом идёт трассировка трассы дороги – построение в плане кривой, описывающей траекторию дороги и удовлетворяющей определенным ограничениям по допустимым радиусам поворотов. После этого выполняется разбивка трассы (дискретизация отметок трассы через 10–50 м) и работа с проектом переходит в окно продольного профиля, в котором производится корректировка вертикальных отметок трассы.

## ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

В окне продольного профиля (рис. 3) представлена совокупность дискретных точек проектной линии, которые требуется привести в соответствие с требованиями на максимальные допустимые уклоны и минимальные вертикальные радиусы изгибов трассы. Это достигается посредством перемещения соответствующих вертикальных отметок трассы.

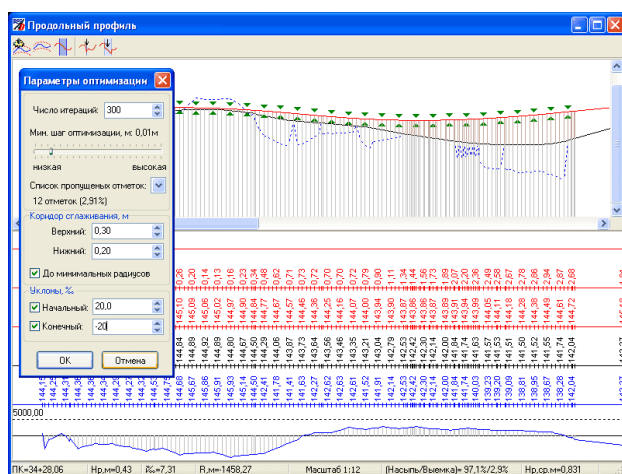


Рис. 3. Продольный профиль автомобильной дороги

Для работы с профилем в системе IndorCAD/Road может быть использовано два способа проектирования: классический и сплайновый. На основе различных ограничений, накладываемых на точки проектной линии (задание ограничений на допустимые вертикальные перемещения точек), система позволяет выполнить автоматический поиск наиболее подходящего решения. Следует отметить, что система IndorCAD/Road является единственной в России системой, которая обеспечивает сплайн-сглаживание с последующим ручным редактированием проектной линии.

Для удобства работы в продольном профиле автоматически строятся графики рабочих, проектных и интерполированных отметок земли, графика кривизны, уклонов и др.

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на выбор проектных решений, является состояние грунтов в месте планируемого строительства дороги. На практике для учета грунтов выполняется бурение скважин вдоль дороги, на основании чего строятся графики залегания грунтов. Для учета такого вида информации в системе IndorCAD/Road встроены специальные средства для ввода информации по геологическим колонкам и построения графиков залегания грунтов. Для построения графиков может быть использованы несколько различных методов интерполяции, включая линейный, метод

инверсных расстояний, методы геостатистики (метод кригинга и др.). Рассчитанные графики отображаются на графике продольного профиля дороги.

Следует отметить, что в практике проектирования автомобильных дорог в настоящее время используются только линейные методы интерполяции. Это связано с тем, что бурение геологических скважин выполняется обычно достаточно близко к осевой линии дороги. В то же время в ряде случаев это условие не выполняется. В таком случае наиболее приемлемыми бывают более сложные методы геостатистики, используемые в геофизике для составления прогнозных карт полезных ископаемых. В системе IndorCAD/Road выбор используемого метода интерполяции остается за пользователем.

После выполнения проектирования продольного профиля имеется возможность автоматического формирования чертежа продольного профиля различной степени детализации как для реконструкции, так и для нового проектирования.

## ВЕРХ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

После проектирования плана трассы и продольного профиля выполняется проектирование верха земляного полотна. В окне верха земляного полотна системы IndorCAD/Road можно выполнять:

- формирование проезжих частей и обочин, разделительных полос, бордюров с применением как линейного, так и синусоидального интерполирования;
- моделирование отгонов виражей, виражей, уширений проезжей части на кривых, формирование автобусных карманов и переходно-скоростных полос;
- анализ соответствия виража расчетной скорости автомобиля при заданном коэффициенте поперечной силы;
- локальную псевдо-3D визуализацию формируемого полотна.

## ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ

На следующем этапе выполняется проектирование поперечного профиля дороги (рис. 4).

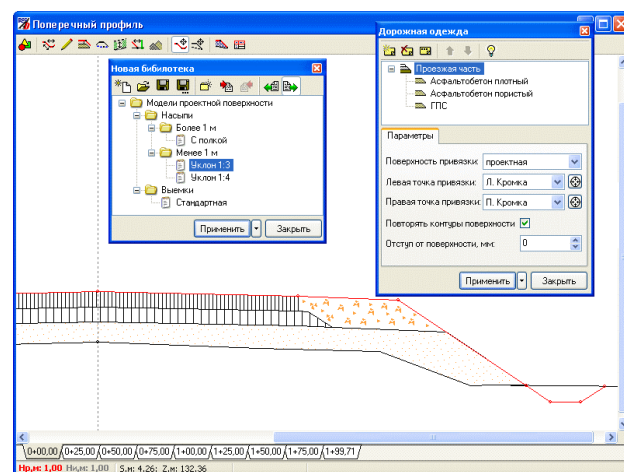


Рис. 4. Поперечный профиль автомобильной дороги

Для этого вначале формируется конструкция поперечного профиля и дорожной одежды. Для этого может быть использована библиотека типовых поперечников и конструкций дорожной одежды, либо выполнено ручное проектирование. По выбору проекти-

ровщика проектная линия профиля может быть автоматически доведена до пересечения с реальной или интерполированной землей.

Сформированный профиль на конкретном участке может быть запомнен в библиотеке профилей, либо применен на любые другие участки трассы.

По результатам проектирования может быть выполнен расчет объемов дорожной одежды, площадей откосов, а результаты выданы в виде таблиц Microsoft Excel. Кроме того, можно получить чертежей поперечных профилей в заданном масштабе по одному или несколько поперечников на лист в виде чертежей системы подготовки чертежей IndorDrawing.

### ТРЕХМЕРНЫЙ ВИД

Одной из важных задач, выполняемых при проектировании автомобильных дорог, является визуальная оценка проектного решения. При этом оцениваются такие параметры решения, как достаточная пространственная видимость трассы, видимость на поворотах и примыканиях, правильность расстановки и видимость дорожных знаков, отсутствие частых изгибов трассы в плане и по вертикали, отсутствие чрезмерно длинных прямых перегонов и пр.

В системе IndorCAD/Road для визуальной оценки решений разработан модуль трехмерной визуализации, позволяющий достаточно реалистично представлять дорогу вместе с инженерным обустройством дороги и другими объектами вокруг дороги (рис. 5).

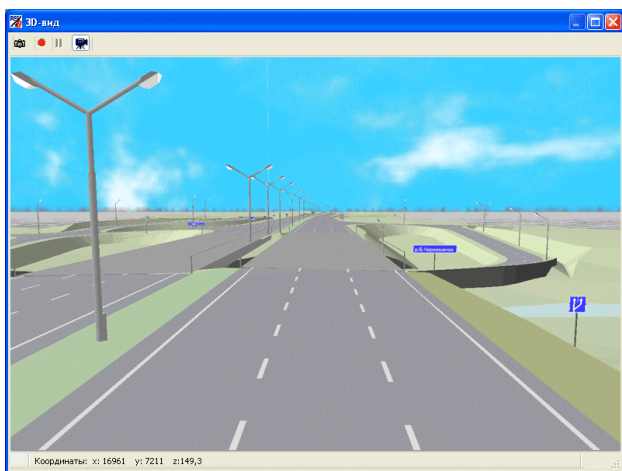


Рис. 5. Трехмерный вид автомобильной дороги

В число стандартных трехмерных элементов входят деревья, опоры ЛЭП, уличные фонари, светофоры и др. Элементы, представленные в виде полигональных объектов на карте, могут быть преобразованы в соответствующей этажности здания, водоёмы и пр. Объекты, линейные в плане, могут быть представлены в трехмерном виде в виде мостов, ограждений, шумозащитных экранов и пр.

Отличительной особенностью системы является то, что любые изменения, выполняемые в плане, продольном или поперечном профиле дороги, сразу же видны в окне трехмерного вида.

Для визуальной оценки проектных решений пользователю предоставляется возможность интерактивного перемещения по свободной траектории в пространстве, в том числе предоставляется функция «проезда» по автомобильной дороге, когда отображается вид на дорогу с точки зрения водителя.

Результаты пролета над дорогой или проезда по ней могут быть записаны в видеофайл AVI для последующей демонстрации без системы IndorCAD/Road. Такой приём с демонстрацией видеофильма может быть очень полезен, например, при защите выполненных проектов у заказчика.

Другой важной функцией окна трехмерного вида является возможность быстрой визуальной оценки соотношения существующей ранее, проектной и построенной поверхностей. Так можно легко увидеть результаты «врезки» проектной поверхности в существующую.

Еще одной функцией окна трехмерного вида является возможность моделирования потока автомобилей в движении с учетом заданной для каждой трассы интенсивности и возможных направлений движения. Это позволяет визуально оценить возможные места заторов и принять необходимые меры по их устранению.

### ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В 1996 г. система ReCAD (IndorCAD/Road) апробировалась в Непале для проектирования автомобильных дорог в горных условиях. Специфика проектирования дорог в горах связана с тем, что приходится часто применять повороты дорог в виде так называемых «серпантин». Проектирование «серпантин» удобнее выполнять с применением сплайнов и кривых Безье [2], которые были широко представлены в рассматриваемой системе. Опыт проектирования горных дорог в Непале показал высокую гибкость и универсальность алгоритмов системы IndorCAD/Road.

В 1996 – 1999 гг. были выполнены пилотные проекты дорог для Томской области, в которых впервые в российской практике план и продольный профиль описывались с помощью сплайн-функций. В настоящее время эти проекты реализованы и автомобильные дороги функционируют.

В 2001 – 2003 гг. с помощью системы IndorCAD/Road было выполнено проектирование участков Чуйского тракта в Алтайском крае по параметрам четырехполосной автомагистрали 1-й категории.

В 2004 г. планируется широкая апробация системы для проектирования дорог в горных и степных условиях Казахстана и с учетом специфики их нормативной базы проектирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бойков В.Н., Шумилов Б. М. Сплайны в трассировании автомобильных дорог. Томск: ЦНТИ, 2001. 164 с.
2. Скворцов А.В., Иванов М.О., Петренко Д.А. Система подготовки чертежей IndorDrawing // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 354–357.
3. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. 127 с.
4. Скворцов А.В., Субботин С.А. Универсальная технология отображения условных знаков // ИНПРИМ-98 (Матер. Междунар. конф.). Ч. V. Новосибирск, 1998. С. 66.

Статья представлена кафедрой теоретических основ информатики факультета информатики Томского государственного университета, поступила в научную редакцию 15 мая 2003 г.