

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научно-технический журнал

Основан в 1973 г.

Сентябрь 2012 г.

№ 9

Выходит 12 раз в год

СОДЕРЖАНИЕ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

- Абрамов Г.С.* Реальные возможности объемных многофазных (бессепарационных) измерителей расходных параметров продукции нефтяных скважин5
- Романова Т.Н., Романов Н.И.* Основные процессы функционирования современных сухопутных сейсморазведочных комплексов.....9
- Бузановский В.А.* Наносенсоры для мониторинга паров сжиженного нефтяного газа13

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Башлыков А.А.* Автоматизация процессов управления магистральными нефтепроводами на основе методов функционально-группового управления и динамических баз знаний18

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Хайруллин М.Х., Абдуллин А.И., Шамсиев М.Н.* Моделирование трехмерной неизотермической фильтрации флюида к горизонтальной скважине в пористом пласте.....27
- Кучумов Р.Я., Колев Ж.М., Кучумов Рубин Р.* Алгоритмизация расчета дополнительных фильтрационных сопротивлений, вызванных частичным вскрытием, по уточненной методике31
- Шершукова К.П.* Метод агрегирования в расчетах систем противоаварийной защиты с типовой архитектурой.....36
- Першин О.Ю.* Комбинированный метод неявного перебора для приближенного решения экстремальных задач на конечных множествах42
- Аннотации статей.....46

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Абрамов Г.С. (главный редактор),
Вороненко А.В., Григорьев Л.И. (зам. главного редактора), *Гуревич М.С., Джавадов Н.Г., Кизина И.Д., Костогрызов А.И., Лачков А.Г.* (зам. главного редактора), *Панарин В.В., Пимкин М.А., Сабиров А.И., Сидоров В.В., Слепян М.А., Терехина Г.В., Фафурин В.А.*

Ведущий редактор: *Г.В. Терехина*

Компьютерный набор: *В.В. Васина*

Компьютерная верстка: *Е.В. Кобелькова*

Корректор: *Н.Г. Евдокимова*

Индекс журнала:

58504 – по каталогу Агентства "Роспечать"
10338 – по объединенному каталогу
10339 "Пресса России"

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-12331 от 10.04.2002 г.

Журнал по решению Президиума ВАК Минобрнауки РФ входит в "Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук".

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования.

Адрес редакции: 117420 Москва,
ул. Наметкина, д. 14, корп. 2, ОАО "ВНИИОЭНГ".
Тел. ред.: 332-00-35, 332-00-49.
Адрес электронной почты:
<vniiioeng@mcn.ru>, <vniiioeng@vniiioeng.ru>
www.vniiioeng@mcn.ru

Подписано в печать 26.07.2012.
Формат 84×108 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,46. Уч.-изд. л. 5,60.
Тираж 1200 экз. Заказ № 63. Цена свободная.
ОАО "ВНИИОЭНГ" № 5818.

Печатно-множительная база ОАО "ВНИИОЭНГ".
117420 Москва, ул. Наметкина, д. 14, корп. 2.

ОАО "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ, УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ"

© ОАО "ВНИИОЭНГ", 2012

При перепечатке материала ссылка на издание обязательна.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением автора материала.

AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION IN OIL INDUSTRY

Scientific-Technical Journal

Founded in 1973

September 2012

No. 9

12 issues per year

CONTENTS

MEASURING, AUTOMATION, TELEMECHANIZATION AND COMMUNICATION FACILITIES

- Abramov G.S.* Real possibilities of volumetric multi-phase (non-separating) device used for measuring consumption parameters of oil wells product 5
- Romanova T.N., Romanov N.I.* General processes of functioning of modern overland seismic-survey complexes 9
- Buzanovsky V.A.* Nano-sensors for monitoring of liquefied petroleum gas vapor 13

AUTOMATED SYSTEMS OF CONTROL

- Bashlykov A.A.* Automation of control processes of main oil pipelines on the basis of methods of functional and group control and dynamic knowledge bases 18

MATHEMATICAL MODELING AND SOFTWARE

- Khairullin M.Kh., Abdullin A.I., Shamsiev M.N.* Modeling of three-dimensional non-isothermal fluid filtration towards a horizontal well in a porous layer 27
- Kuchumov R.Ya., Kolev Zh.M., Kuchumov Rubin R.* Updated method of algorithmization of calculation of additional filtration resistance, caused by partial opening 31
- Shershukova K.P.* Aggregation method applied while calculating accident-prevention protection systems with standard architecture 36
- Pershin O.Yu.* Combined implicit enumeration method for approximate solution of extreme problems on finite sets 42
- Abstracts of articles 46

EDITORIAL BOARD:

Abramov G.S. (Chief editor),
Voronenko A.V., Grigoriev L.I. (Deputy Chief editor), Gurevich M.S., Dzhavadov N.G., Kizina I.D., Kostogryzov A.I., Lachkov A.G. (Deputy Chief editor), Panarin V.V., Pimkin M.A., Sabirov A.I., Sidorov V.V., Slepyan M.A., Terekhina G.V., Fafurin V.A.

Leading editor: *G.V. Terekhina*

Computer handling: *V.V. Vasina*

Computer proof in pages: *E.V. Kobelkova*

Corrector: *N.G. Evdokimova*

Certificate of mass media registration is PI (ПИ) No. 77-12331 dated April 10, 2002

With respect to solution of the Highest Certifying Commission of the RF Ministry of Education and Science the Journal enters "The List of leading reviewed scientific journals and editions where general scientific results of scientific papers nominated for Candidate degree and Doctor of Science degree should be published".

The Journal enters the Russian Index of Scientific Quotation (RISO).

Address of the editorial house: 14/2, Nametkin str., 117420, Moscow, Russia, JSC "VNIIOENG".
Phone: 332-00-35, 332-00-49.

E-mail: <vniiioeng@mcn.ru>,
<vniiioeng@vniiioeng.ru>
www.vniiioeng@mcn.ru.

Printing-copying base of VNIIOENG:
14/2, Nametkin str., 117420, Moscow, Russia.

УДК 681.5:622.276

РЕАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕМНЫХ МНОГОФАЗНЫХ (БЕССЕПАРАЦИОННЫХ) ИЗМЕРИТЕЛЕЙ РАСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУКЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Генрих Саакович Абрамов, управляющий директор

ОАО ИПФ "Сибнефтеавтоматика" "Группа ГМС"
РФ, 625014, г. Тюмень, ул. Новаторов, 8,
тел.: (3452) 22-56-01, 22-54-60;
e-mail: sibna@sibna.ru.

В статье представлена методика расчета объемного расходного газосодержания нефтегазоводяных смесей, позволяющая оценивать расчетным путем ожидаемые погрешности измерений рекламируемых объемных многофазных расходомеров без проведения стендовых и промышленных испытаний. На основе описанной методики представлены результаты сравнения расчетных и заявленных (в Описаниях типа СИ) предельных относительных погрешностей измерений расходных параметров газожидкостных смесей для двух типов многофазных расходомеров (МР), внесенных в Госреестр СИ. В результате проведенного анализа сделан вывод о том, что без дооснащения объемных многофазных расходомеров поточными измерителями плотности газожидкостной смеси или ее жидкостной составляющей, внедрение таких МР в нефтепромысловую практику не целесообразно.

Ключевые слова: многофазные расходомеры; нефтегазоводяная смесь; объемный расход газожидкостной смеси; объемное расходное газосодержание; газовый фактор нефти; растворенный в нефти газ; свободный газ, выделившийся из нефти в рабочих условиях; обводненность водонефтяной смеси; плотность нефти, воды и газа; предельная относительная погрешность измерения.

REAL POSSIBILITIES OF VOLUMETRIC MULTI-PHASE (NON-SEPARATING) DEVICE USED FOR MEASURING CONSUMPTION PARAMETERS OF OIL WELLS PRODUCT

Genrikh Saakovich Abramov, managing director

JSC IPF "Sibnefteavomatika" of "UK" Group GMS, Ltd."
8, Novatorov str., 625014, Tyumen, Russian Federation,
phone: (3452) 22-56-01, 22-54-60;
e-mail: sibna@sibna.ru.

The article presents some method of calculation of volumetric consumption gas content of oil-gas-water mixtures allowing appraisal of expected measuring errors of advertized volumetric multi-phase measuring devices by means of calculation without carrying out bench and field testing. Results of comparison of estimated and announced (in Specification Statements like SI system) maximum relative errors of consumption parameters measurements of gas-liquid mixtures for two types of multi-phase measuring devices (MD), brought into State Registry of SI system, are presented on the basis of the above-mentioned method. Results of the fulfilled analysis witnessed the fact that usage of volumetric multi-phase measuring devices without their further equipping by on-line meters of gas-liquid mixture density or its liquid component in oil and gas production is inexpedient.

Key words: multi-phase measuring devices; oil-gas-water mixture; volumetric consumption of gas-liquid mixture; volumetric consumption gas content; oil gas factor; gas dissolved in oil; free gas escaped from oil in working conditions; water-flooding of oil-water mixture; oil, water and gas density; maximum relative error of measurement.

УДК 623.52; 624.131.53

ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СУХОПУТНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Татьяна Николаевна Романова, канд. техн. наук, доцент,
Николай Иванович Романов, д-р техн. наук, профессор

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования "Пермский национальный исследовательский политехнический университет" (ПНИПУ)
614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29;
e-mail: botinkin@narod.ru.

Рассматриваются наиболее сложные технические процессы в существующих сухопутных сейсморазведочных комплексах, способы и технические средства их осуществления. Рассматриваются результаты последних научно-технических разработок по их совершенствованию.

Ключевые слова: вездеход; герметизация; дозатор; импульс; источник; камера; плунжер; порошок; поддон; электрод; стержень; датчик давления; зарядное окно.

GENERAL PROCESSES OF FUNCTIONING OF MODERN OVERLAND SEISMIC-SURVEY COMPLEXES

Tatiana Nikolaevna Romanova, Candidate of technical sciences, assistant professor,
Nikolai Ivanovich Romanov, Doctor of technical sciences, professor

Federal State Budgetary Department of Higher Professional Education "Perm National Research Polytechnical University (PNIPU)
29, Komsomolsky prospect, 614990, Perm, Russian Federation;
e-mail: botinkin@narod.ru.

The article discusses the most complicated technical processes in existing overland seismic-surveying complexes, methods and technical equipment used for their functioning. Some results of the latest scientific-technical innovations developed for their perfection are considered.

Key words: cross-country vehicle; hermetic sealing; dosage meter; impulse; source; chamber; plunger; powder; tray; electrode; rod; pressure gauge; loading port.

УДК 543.27

НАНОСЕНСОРЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРОВ СЖИЖЕННОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

В.А. Бузановский

ЗАО "КОМПАНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬ"
115191, г. Москва, 3-я Роцинская ул., 6;
e-mail: vab1960@rambler.ru.

Кратко представлены результаты разработок наносенсоров для определения паров сжиженного нефтяного газа. Отмечена перспективность применения этих устройств в системах взрывопожарной безопасности.

Ключевые слова: сжиженный нефтяной газ; взрывопожарная безопасность; наносенсор; чувствительный элемент; метрологическая характеристика.

NANO-SENSORS FOR MONITORING OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS VAPOR

V.A. Buzanovsky

CJSC "BEZOPASNOST COMPANY"
6, 3-rd Roshchinskaya str., Moscow, 115191, Russian Federation;
e-mail: vab1960@rambler.ru.

Development results of nano-sensors for determination of liquefied petroleum gas vapor are briefly submitted. Application perspective of these devices in fire-explosion safety systems is marked.

Key words: liquefied petroleum gas; fire-explosion safety; nano-sensor; sensitive element; metrological characteristic.

УДК 681.5:622.692.4

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫМИ НЕФТЕПРОВОДАМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ И ДИНАМИЧЕСКИХ БАЗ ЗНАНИЙ

Александр Александрович Башлыков, канд. техн. наук, доцент

ЗАО "ВНИИСТ-Нефтегазпроект"
105187, Россия, г. Москва, ул. Щербаковская, 57а;
e-mail: BashlykovAA@vngp.ru.

В статье рассматривается подход к построению много-режимных систем автоматического управления нефтепроводами. Этот подход основан на применении методов функционально-группового управления и динамических баз знаний. Решатель задач для каждого из алгоритмов функционально-группового управления из динамической базы знаний реализует пошаговую процедуру автоматического управления. Средства диагностики пошаговой процедуры автоматического управления осуществляют контроль нештатных ситуаций. Интеллектуальный интерфейс диспетчера позволяет контролировать процесс автоматического пошагового управления. Описана архитектура построения средств функционально-группового управления. Приведены примеры применения средств и методов функционально-группового управления для автоматизации магистрального нефтепровода "Восточная Сибирь–Тихий океан".

Ключевые слова: функционально-групповое управление; магистральный нефтепровод; трубопроводная транспортная система; автоматическое управление; дистанционное управление; передача полномочий по управлению; пошаговое управление; решатель задач; визуализация состояния нефтепровода и процесса управления; интеллектуальный интерфейс диспетчера; нештатные ситуации; динамические моде-

ли знаний; динамические базы знаний; правила представления динамических знаний; образное представление; когнитивная графика; интеллектуальная информационная поддержка принятия решений.

AUTOMATION OF CONTROL PROCESSES OF MAIN OIL PIPELINES ON THE BASIS OF METHODS OF FUNCTIONAL AND GROUP CONTROL AND DYNAMIC KNOWLEDGE BASES

Alexander Alexandrovich Bashlykov, Candidate of technical sciences, assistant professor

CJSC "VNIIST-Neftegazproekt"
57a, Tcherbakovskaya str., 105187, Moscow, RF;
e-mail: BashlykovAA@vngp.ru.

The article considers some approach to creation of multi-mode systems of automatic control over oil pipelines. This approach is based on application of methods of functionally-group management and dynamic knowledge bases. Solver of tasks for each of algorithms of functional and group control out of dynamic knowledge base realizes step-by-step procedure of automatic control. Diagnostic aids of step-by-step procedure of automatic control perform control of emergency situations. Dispatcher's intellectual interface allows supervising of the process of automatic step-by-step control. Architecture of creation of functionally-group control means is described. Examples of application of functionally-group control means and methods for automation of main oil pipeline "Eastern Siberia-Pacific Ocean" are given.

Key words: functional and group control; main oil pipeline; pipeline transport system; automatic control; remote control; delegation of power on management; step-by-step management; solver of tasks; visualization of oil pipeline's and management process' state; dispatcher's intellectual interface; emergency situations; knowledge dynamic models; knowledge dynamic bases; ruled representations of dynamic knowledge; figurative representation; cognitive graphics; intellectual informational support of decision-making.

УДК 536:532

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛОИДА К ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ В ПОРИСТОМ ПЛАСТЕ

Мухамед Хильмиевич Хайруллин, д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией,
Адель Ильдусович Абдуллин, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник,
Марат Назмиевич Шамсиев, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник

Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН
420111, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31;
e-mail: khairullin@mail.knc.ru, adel.abdullin@gmail.com, shamsiev@mail.knc.ru.

В статье предлагается трехмерная математическая модель тепломассопереноса в системе пласт – горизонтальная скважина для прогнозирования распределения температуры и давления после пуска добывающей скважины.

Ключевые слова: неизотермическая фильтрация; горизонтальная добывающая скважина; течение в стволе; коэффициент теплопроводности; коэффициент Джоуля–Томсона; кривые температуры.

MODELING OF THREE-DIMENSIONAL NON-ISOTHERMAL FLUID FILTRATION TOWARDS A HORIZONTAL WELL IN A POROUS LAYER

Mukhamed Khilmievich Khairullin, Doctor of technical sciences, professor, head of laboratory,
Adel Idusovich Abdullin, Candidate of physical-mathematical sciences, senior scientific employee,
Marat Nazmieievich Shamsiev, Doctor of technical sciences, leading scientific employee

*Institute of Mechanics and Machine Engineering of KazNC of the Russian Academy of Sciences
2/31, Lobachevsky str., 420111, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation;
e-mail: khairullin@mail.knc.ru, adel.abdullin@gmail.com, shamsiev@mail.knc.ru.*

The paper suggests a three-dimensional mathematical model of heat and mass transfer in "layer – horizontal well" system developed for prediction of temperature and pressure profiles after bringing a producing well into production.

Key words: non-isothermal filtration; horizontal production well; flow in a wellbore; coefficient of thermal conductivity; coefficient of Joule–Thomson; temperature curves.

УДК 681.5:622.276:622.279

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ЧАСТИЧНЫМ ВСКРЫТИЕМ, ПО УТОЧНЕННОЙ МЕТОДИКЕ

Р.Я. Кучумов¹, Ж.М. Колев¹, Рубин Р. Кучумов²

¹ГОУ ВПО Тюменский государственный нефтегазовый университет

*625027, Россия, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, 38;
e-mail: kuchumov.r.ya@gmail.com, jackkolev@gmail.com;*

²ООО "СК "РУСВЬЕТПЕТРО"

Россия, г. Москва, Дмитровский просп., 10.

Предложен алгоритм расчета фильтрационных сопротивлений при притоке реального газа к несовершенной по степени вскрытия скважине. Приведен анализ аналитических решений, разработаны номограммы и затабулированы значения сложных функций, необходимых для расчета. Описаны результаты вычислительных экспериментов, полученных с помощью разработанного программного продукта.

Ключевые слова: фильтрационное сопротивление; несовершенная скважина; частичное вскрытие пласта; алгоритмизация; приток реального газа.

UPDATED METHOD OF ALGORITHMIZATION OF CALCULATION OF ADDITIONAL FILTRATION RESISTANCE, CAUSED BY PARTIAL OPENING

R.Ya. Kuchumov¹, Zh.M. Kolev¹, Rubin R. Kuchumov²

*¹Tyumen State Oil and Gas University
38, 50-let Oktyabrya str., 625027, Tyumen, Russian Federation;
e-mail: kuchumov.r.ya@gmail.com, jackkolev@gmail.com;*

²"Rusvietpetro Ltd."

10, Dmitrovsky proezd, Moscow, Russian Federation.

Some algorithm for calculation of filtration resistance during real gas inflow towards a well imperfect from opening point of view is proposed. Analysis of analytical solutions is given, nomograms are developed and complex functions values, required for calculations, are tabulated. Results of numerical experiments obtained by means of the developed software are described.

Key words: filtration resistance; imperfect well; partial opening of a reservoir; algorithmization; real gas inflow.

УДК 681.5:622.276:622.279

МЕТОД АГРЕГИРОВАНИЯ В РАСЧЕТАХ СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ С ТИПОВОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

К.П. Шершукова

*РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина
119991, ГСП-1, В-296, г. Москва, Ленинский просп., 65;
e-mail: sherksu@mail.ru*

В статье предлагается метод агрегирования, позволяющий унифицировать расчет системы противоаварийной защиты, состоящей из трех последовательно соединенных подсистем. При этом каждая подсистема имеет собственную архитектуру. В качестве примера приводится расчет системы противоаварийной защиты с типовой архитектурой 1oo2.

Ключевые слова: безопасность; система противоаварийной защиты; слои защиты; коэффициент снижения риска; марковский процесс; агрегирование.

AGGREGATION METHOD APPLIED WHILE CALCULATING ACCIDENT-PREVENTION PROTECTION SYSTEMS WITH STANDARD ARCHITECTURE

K.P. Shershukova

*I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas
65, Leninsky prosp., GSP-1, V-296, 119991, Moscow, Russian Federation;
e-mail: sherksu@mail.ru*

The article suggests some method of aggregation, providing unification of calculation of accident-prevention protection system and consisting of three sub-systems connected in sequence. Each sub-system has its own architecture. Calculation of accident-prevention protection system with standard 1oo2 architecture is taken as an example.

Key words: safety; accident-prevention protection system; protection layers; risk decrease factor; Markovian process; aggregation.

УДК 519.85

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД НЕЯВНОГО ПЕРЕБОРА ДЛЯ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НА КОНЕЧНЫХ МНОЖЕСТВАХ

О.Ю. Першин

*РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина
119991, ГСП-1, В-296, г. Москва, Ленинский просп., 65,
тел. (8495) 936-37-84;
e-mail: pershino@mail.ru.*

Предлагается приближенный метод решения экстремальных задач на конечных множествах, основанный на комбинации двух методов неявного перебора: методе ветвей и границ и методе построения последовательности планов. Целью предлагаемого комбинированного метода является улучшение гарантированной точности найденного решения за заданное время счета задачи.

Ключевые слова: экстремальные задачи на конечном множестве; методы неявного перебора; оценка точности решения.

COMBINED IMPLICIT ENUMERATION METHOD FOR APPROXIMATE SOLUTION OF EXTREME PROBLEMS ON FINITE SETS

O.Yu. Pershin

*I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas
65, Leninsky prosp., GSP-1, V-296, 119991, Moscow, Russian Federation;
phone: (8495) 936-37-84;
e-mail: pershino@mail.ru.*

Some combined implicit enumeration method for approximate solution of extreme problems on finite sets is proposed. The method is based on combination of two well-known methods of implicit enumeration, namely, Branch and Bound Method and Method of Plan Sequence Construction. The goal of the proposed combined method lies in improvement of the guaranteed accuracy of the solution found within the allotted time.

Key words: extreme problems on finite sets; implicit enumeration methods; estimation of solution accuracy.