

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№3 2014

Направления:

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Казань

2014

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №3 2014г. – Казань:
Научно-технический вестник Поволжья, 2014. – 278 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvp.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № 12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.;

В.К. Половняк – д.х.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Научно-технический вестник Поволжья, 2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<i>В.И. Андреев, Д.А. Каплий</i> СТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА О ВЛИЯНИИ РАДИАЦИОННОГО И ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА НЕОДНОРОДНЫЙ ТОЛСТОСТЕННЫЙ ЦИЛИНДР	10
<i>В.В. Дружинин</i> ДОКАЗАТЕЛЬСТВО БИНАРНОЙ ГИПОТЕЗЫ ЭЙЛЕРА-ГОЛЬДБАХА МЕТОДОМ ЗЕРКАЛЬНОГО РЕШЕТА	14
<i>М.В. Крючков</i> СВОЙСТВА БАЙЕСОВСКОГО ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ НОРМАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ С ИЗВЕСТНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ	18
<i>Ш.М. Мамаев</i> ВОЛНЫ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСОЛЬНО-ЗАКРЕПЛЕННОЙ БАЛКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ	22
<i>А.В. Михайлов, В.Л. Шаблов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАНСНОГО И ТЕНЕВОГО ПОЛЮСОВ МНОГОЧАСТИЧНОЙ ФУНКЦИИ ГРИНА, ОТВЕЧАЮЩИХ ВТОРОМУ ВОЗБУЖДЕННОМУ СОСТОЯНИЮ ЯДРА ^5He , В РАМКАХ ФОРМАЛЬНОЙ ТЕОРИИ РЕЗОНАНСОВ	27
<i>С.В. Рыков, И.В. Кудрявцева</i> ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МАСШТАБНОГО УРАВНЕНИЯ В ФИЗИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ	34
<i>А.С. Рябенко</i> АПРИОРНЫЕ ОЦЕНКИ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С КОМПЛЕКСНЫМ ПАРАМЕТРОМ	38
<i>Т.Ю. Тришина</i> ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ	43
<i>Т.Ю. Тришина</i> ПРЕДЕЛЬНЫЕ КРИВЫЕ РОСТА ПОР ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ	47

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Е.А. Полякова, И.С. Коротнева, Б.С. Туров</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОДЕСТРУКЦИИ И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	50
---	----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Г.В. Абакумов, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова</i> КОРРЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	54
<i>Д.Г. Аннин, Д.А. Страбыкин</i> МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ РЕКУРСИВНЫХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ДЕДУКТИВНОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА	58
<i>А.М. Бахметьев, И.А. Былов, Л.В. Абрамов</i> РАЗВИТИЕ РИСК-ИНФОРМИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ	63
<i>М.К. Бойдало, Г.П. Жигулин</i> МЕТОД И МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ПЕРСОНАЛА В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	66
<i>Л.С. Ботова, С.А. Ращепкина</i> К РАСЧЕТУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ	72

<i>А.П. Буйносов, Д.К. Зенович</i> СИСТЕМА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ АВАРИЙНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ	77
<i>А.П. Буйносов, Я.А. Мишин</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРОВЗОВОВ 2ЭС6	81
<i>И.А. Бунькина</i> МНОГОАСПЕКТНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ОРГАНИЗАЦИИ ДЕТСКИХ ДВОРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ – ПЛОЩАДОК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ	85
<i>В.В. Воронцов, В.М. Чикишев, Ю.В. Огороднова, А.С. Липихин</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СЛАБОГО ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ, АРМИРОВАННОГО ГЕОТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОЛОСОВОЙ НАГРУЗКИ	88
<i>А.В. Гинзбург, П.Б. Жавнеров</i> ВЛИЯНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА	94
<i>Е.А. Дианова</i> ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМАТРИЦ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	97
<i>А.И. Еникеев, Махфуд Биал Ахмед Мохаммед</i> ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДИАЛОГОВЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ	100
<i>А.А. Ермилов</i> МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОДНОРОДНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	105
<i>А.В. Жданов, Ю.А. Новикова, И.В. Волкова</i> К ВОПРОСАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ СИСТЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ (ИСВК)	111
<i>Д.А. Захаров, П.А. Козлов, Л.Г. Резник</i> ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ-РЕФРИЖЕРАТОРОВ С ХОЛОДИЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ТИПА К ПЕРЕВОЗКЕ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА	115
<i>Д.А. Захаров, П.А. Козлов, Л.Г. Резник</i> ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ-РЕФРИЖЕРАТОРОМ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗВОЗОЧНЫХ МАРШРУТАХ	119
<i>Н.С. Захаров, Л.А. Текутьев</i> ВЛИЯНИЕ ИНДЕКСА КЛИЕНТСКОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	123
<i>Д.П. Ильященко</i> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЯ КАПЛИ РАСПЛАВЛЕННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ РДС	126
<i>В.Н. Карнаухов</i> ВЛИЯНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НА РАСХОД ТОПЛИВА	130
<i>М.В. Клековкина, Е.В. Котельников</i> СНИЖЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТ ЭКСПЕРТА В АЛГОРИТМЕ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОВАРЯ ОЦЕНОЧНОЙ ЛЕКСИКИ	133
<i>Г.Е. Кокиева</i> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ АППАРАТОВ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ	137
<i>Г.Е. Кокиева</i> ДЕФЕКТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ НЕСОБЛЮДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКТИВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ФЕРМЕНТАТОРОВ. ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ	140
<i>Ю.Н. Логинов, Н.А. Бабайлов, Д.Н. Первухина</i> НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БРИКЕТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ	143

<i>И.В. Макарова, А.И. Легаев, В.А. Куничан, Н.Н. Волкова</i> РАСТВОРИМОСТЬ ГЛИКОЛЯТА НАТРИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА	147
<i>Р.А. Мамедов</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ МАССИРОВАННЫХ АТАК РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОТКАЗА В ОБСЛУЖИВАНИИ НА СЕРВЕР СО СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ	150
<i>Г.А. Менделев</i> ФОРМИРОВАНИЕ «ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ» АВТОСТОЯНОК	158
<i>Е.Н. Минаев</i> ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНСТАНТ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ В УЗКИХ КАНАЛАХ	162
<i>Н.Я. Михалев</i> О СОХРАНЕНИИ УНИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СВЕТОПРОЗРАЧНОГО ПОКРЫТИЯ ГЛАВПОЧТАМТА В Г. МОСКВЕ	166
<i>Нгуен Тхань Туан, Д.В. Орешкин</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНА ДЛЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ВЬЕТНАМА	169
<i>К.П. Никонов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВГО РЕЖИМА ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ В САПР SOLIDWORKS	173
<i>О.А. Новоселов, В.Н. Пермяков, Е.И. Макаров</i> ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ БУЛЬДОЗЕРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ	177
<i>И.Ю. Обухов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕРХЗВУКОВОГО ДИФФУЗОРА РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА НА МАЛЫХ УГЛАХ АТАКИ	181
<i>А.В. Ожогин, М.А. Ленский, Д.В. Корабельников, Ю.Ю. Свирина</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ДЛЯ ЭКСПРЕСС АНАЛИЗА ИХ СВОЙСТВ	187
<i>С.А. Пашкевич, А.П. Пустовгар, А.В. Еремин, А.О. Адамцевич, Ф.А. Гребеничиков</i> ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОКСИДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ, ТВЕРДЕЮЩИХ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ И МАЛОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	191
<i>Р.В. Пельмегов</i> ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ВЫБОРОК	195
<i>В.Н. Пермяков, О.А. Новоселов, А.Н. Макарова</i> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ Б170М1Б.01В4 ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ	199
<i>Р.М. Печерская, А.В. Чижов</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЕРМАЛЛОЕВ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ	202
<i>А.В. Писцов, Ю.А. Эртман, Л.Г. Резник</i> ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ К УДОВЛЕТВОРЕНИЮ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА В ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ	207
<i>А.К. Погодаев, К.В. Дождиков</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТА	210
<i>М. Проквич</i> АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ НА КРУЧЕНИЕ	213
<i>В.И. Римшин, А.И. Галубка, А.В. Синютин</i> ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ	218
<i>Ю.А. Садырева, И.Ф. Киссельман, В.Ф. Беккер</i> ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ АБГАЗОВ В АППАРАТАХ С ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ	221
<i>С.А. Семенова</i> ПОТРЕБНОСТЬ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ И ИНВАЛИДОВ	225
<i>В.П. Славненко, Н.Н. Якунин, М.В. Дашко</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АВТОБУСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ МАРШРУТОВ В Г. КУМЕРТАУ	228

<i>А.С. Терехов, А.Н. Макарова, А.В. Мальшаков</i> ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ АВТОБУСОВ БОЛЬШОГО КЛАССА	232
<i>В.А. Тихонов, А.А. Лебедев, Ю.П. Кирич</i> ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИТАНА	236
<i>А.Р. Туснин</i> МЕМБРАННЫЕ СИСТЕМЫ С НЕПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ ОПОРНЫМИ КОНТУРАМИ	243
<i>В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Е.В. Ильченко</i> ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	247
<i>Ю.А. Эртман, С.А. Эртман, О.Н. Перепелкина, А.Н. Логунова, В.Н. Карнаухов</i> ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ МАРШРУТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ	254
АННОТАЦИИ	258

THE RELEASE MAINTENANCE

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

<i>V.I. Andreev, D.A. Kapliy</i> STATIONARY PROBLEM OF THE INFLUENCE OF RADIATION AND TEMPERATURE FIELDS ON INHOMOGENEOUS THICK-WALLED CYLINDER	10
<i>V.V. Druzhinin</i> PROOF BINARY HYPOTHESIS EULER-GOLDBACH TO THE METHOD OF MIRROR SIEVE	14
<i>M.V. Kryuchkov</i> PROPERTIES OF BAYESIAN CONFIDENCE INTERVAL ON EXAMPLE ESTIMATE OF THE EXPECTATION NORMAL SET WITH KNOWN VARIANCE	18
<i>Sh.M. Mamayev</i> STRESS WAVES IN A CANTILEVER BEAM FIXED-CYLINDRICAL PROFILE WITH LOCAL TRANSVERSE IMPACT	22
<i>A.V. Mikhailov, V.L. Shablov</i> THE DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE MANY-PARTICLE GREEN'S FUNCTION RESONANCE AND SHADOW POLES, CORRESPONDING TO THE SECOND EXCITED STATE OF THE NUCLEUS ^5He , ON THE BASE OF THE FORMAL RESONANCE THEORY	27
<i>S.V. Rykov, I.V. Kudryavtseva</i> THE CHOICE OF PARAMETERS OF SCALING EQUATION IN PHYSICAL VARIABLES	34
<i>A.S. Ryabenko</i> A PRIORI ESTIMATES OF A BOUNDARY VALUE PROBLEM WITH A COMPLEX PARAMETER	38
<i>T.U. Trishina</i> PHYSICO-MECHANICAL PARAMETERS OF PLASTIC DEFORMED MATEREALS BY PRESSURE TREATMENT	43
<i>T.U. Trishina</i> LIMIT CURVES OF GROWTH OF VOIDS IN PLASTIC DEFORMATION OF MILD STEEL	47

CHEMICAL SCIENCE

<i>E.A. Polyakova, I.S. Korotneva, B.S. Turov</i> RESEARCH OF PROCESSES OF BIODESTRUCTION AND ECOTOXICOLOGICAL SAFETY OF THE POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL	50
---	----

ENGINEERING SCIENCE

<i>G.V. Abakumov, V.G. Logachev, A.N. Makarova</i> AUTOMOBILES MAINTENANCE MODES CORRECTING AT OPERATION IN VARIABLE CONDITIONS	54
<i>D.G. Annin, D.A. Strabykin</i> THE METHOD OF PARALLEL COMPUTING FOR RECURSIVE FUNCTIONS WITH THE DEDUCTIVE LOGICAL INFERENCE	58
<i>A.M. Bakhmetyev, I.A. Bylov, L.V. Abramov</i> DEVELOPMENT OF RISK MONITORING TECHNOLOGIES TO SUPPORT OPERATION OF THE NUCLEAR POWER PLANT	63
<i>M.K. Boidalo, G.P. Zhigulin</i> METHOD AND MODEL OF EVALUATION OF PERSONNEL PROFESSIONAL APPROPRIATENESS FOR INFORMATION SECURITY ENSURING	66
<i>L.S. Botova, S.A. Rashchepkina</i> CALCULATION OF METAL CONTAINERS FROM CYLINDRICAL RIBBED PANELS	72
<i>A.P. Buinosov, D.K. Zenovich</i> SYSTEM OF PASSIVE SAFETY FOR PROTECTION OF THE ROLLING STOCK AT EMERGENCY COLLISIONS	77
<i>A.P. Buinosov, Y.A. Mishin</i> DETERMINATION OF FAILURE RATE OF BEARINGS OF THE WHEEL AND MOTOR BLOCK OF ELECTRIC LOCOMOTIVES 2ES6	81

<i>I.A. Bunkina</i> MULTIDIMENSIONALITY SYSTEMATIC APPROACH ORGANIZATION OF CHILDREN'S DOMESTIC INTELLECTUAL CENTERS - AREAS OF INTELLECTUAL ORIENTATION	85
<i>V.V. Vorontsov, V.M. Chikishev, J.V. Ogorodnova, A.S. Lipikhin</i> EXPERIMENTAL STUDIES FOR WEAK CLAYEY SOIL REINFORCED WITH GEOTEXTILE MATERIALS UNDER STRIP LOADING	88
<i>A.V. Ginzburg, P.B. Zhavnerov</i> INFLUENCE OF MEASURES TO IMPROVE ORGANIZATIONAL TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF OPERATION BUILDING ORGANIZATION AND PLANNING CONSTRUCTION	94
<i>E.A. Dianova</i> THE POSSIBLE USE OF GEOMETRIC IN ROAD CONSTRUCTION	97
<i>A.I. Enikeev, Mahfoodh Bilal Ahmed Mohammed</i> INTERACTIVE SOFTWARE TOOLS FOR THE CREATION OF INFORMATION-CALCULATING APPLICATIONS	100
<i>A.A. Ermilov</i> TECHNIQUE OF FORECASTING OF UNIFORMITY OF CONSOLIDATION OF HOT ASPHALT CONCRETE MIXES	105
<i>A.V. Zhdanov, Y.A. Novikova, I.V. Volkova</i> DESIGN ISSUES MECHATRONIC MODULES IMPLANT SYSTEMS CIRCULATORY SUPPORT (ISCS)	111
<i>D.A. Zakharov, P.A. Kozlov, L.G. Reznik</i> ADAPTABILITY OF MOTOR-REFRIGERATORS EQUIPPED BY REFRIGERATOR UNIT OF CATALYTIC TYPE, TO TRANSPORTATION OF PERUSABLE GOODS BY THE FUEL CONSUMPTION	115
<i>D.A. Zakharov, P.A. Kozlov, L.G. Reznik</i> DIFFIRIENSIATED FUEL CONSUMPTION ESTIMATION BY MOTOR-REFRIGERATOR WHEN OPERATING ON THE TRANSPORTATION ROUTES	119
<i>N.S. Zakharov, L.A. Tekutyev</i> INFLUENCE OF CUSTOMER LOYALTY INDEX ON THE PERFORMANCE OF SERVICE ENTERPRISE	123
<i>D.P. Il'yaschenko</i> CALCULATION ENTHALPY DROPLETS OF MOLTEN ELECTRODE METAL DEPENDING ON THE ENERGY SCALE OF SOURCES MMA	126
<i>V.N. Karnaukhov</i> INFLUENCE CORRECTION COEFFICIENTS ON FUEL CONSUPTION	130
<i>M.V. Klekovkina, E.V. Kotelnikov</i> REDUCTION OF EXPERT'S EFFORTS IN THE SENTIMENT LEXICON GENERATION ALGORITHM	133
<i>G.E. Kokieva</i> MEASUREMENT TECHNOLOGY OF WORKING SURFACES UNDER DEFECT APPARATUSE FOR THE CULTIVATION OF MICROORGANISMS	137
<i>G.E. Kokieva</i> DEFECTS FORMED FOR NON-COMPLIANCE HEAT TREATMENT PROCESS DESIGN DETAILS FERMENTER CAUSES AND REPAIR	140
<i>Y.N. Loginov, N.A. Babailov, D.N. Pervukhina</i> THE STRESS STATE OF METALLURGICAL BRIQUETTES UNDER THE CONCENTRATED LOAD	143
<i>I.V. Makarova, A.I. Legaev, V.A. Kunichan, N.N. Volkova</i> SOLUBILITY SODIUM GLYCOLATE IN A WATER SOLUTION OF ISOPROPANOL	147
<i>R.A. Mamedov</i> THE ANALYSIS OF APPLICATIONS AND IMPLICATIONS OF MASSIVE DISTRIBUTED DENIAL ATTACKS OF SERVICE TO THE SERVER WITH THE AVERAGE POWER	150
<i>G.A. Mendelev</i> FORMATION OF "INTERCEPTING" PARKINGS	158
<i>E.N. Minaev</i> PARAMETRIC IDENTIFICATION FOR DETERMINATION OF THE CONSTANTS OF CONVECTIVE DIFFUSION IN THE NARROW CHANNEL	162
<i>N.Ya. Mihalev</i> PRESERVATION OF UNIQUE STRUCTURAL STEEL TRANSLUCENT COVER POST OFFICE IN MOSCOW	166
<i>Nguen Than Tuan, D.V. Oreshkin</i> RESEARCH OF THE STRUCTURE OF AERATED CONCRETE FOR HOUSING IN VIETNAM	169
<i>K.P. Nikonov</i> RESEARCH OF THERMAL MODE OF PRESSURE SENSOR IN CAD SOLIDWORKS	173

<i>O.A. Novoselov, V.N. Permyakov, E.I. Makarov</i> SEASONAL CONDITIONS INFLUENCE ON BULLDOZERS OPERATION INTENSITY AT OIL AND GAS OBJECTS BASES CONSTRUCTION	177
<i>I.J. Obuhov</i> RESEARCH OF THE WORKING SUPERSONIC DIFFUSER MISSILE AT SMALL ANGLES OF ATTACK	181
<i>A.V. Ozhogin, M.A. Lenskiy, D.V. Korabel'nikov, U.U. Svirina</i> DEVELOPMENT METHODS OF A RECEIPT MODEL FIBERGLASS FOR RAPID ANALYSIS OF THEIR PROPERTIES	187
<i>S.A. Pashkevich, A.P. Pustovgar, A.V. Eremin, A.O. Adamcevich, P.A. Grebenshchikov</i> INFLUENCE OF THE SOME POLYETILEN OXIDES ON THE STRENGHT PROPERTIES OF THE ETICS'S MORTARS HARDIRING AT LOW TEMPERATURE	191
<i>R.V. Pelmegov</i> HEURISTIC ALGORITHM FOR ASSESSING THE QUALITY OF DATA WITH UNKNOWN DISTRIBUTION LAW	195
<i>V.N. Permyakov, O.A. Novoselov, A.N. Makarova</i> RELIABILITY ASSESSMENT OF B170M1B.01V4 BULLDOZERS AT BASES CONSTRUCTION FOR OIL AND GAS OBJECTS	199
<i>R.M. Pecherskaya, A.V. Chizhov</i> METHODOLOGY OF DETERMINING OF MAXIMUM PERMEABILITY OF PERMALLOY IN CONSTANT MAGNETIC FIELD	202
<i>A.V. Pistsov, J.A. Ertman, L.G. Reznik</i> REGULATED INTERSECTIONS ADAPTABILITY TO THE SATISFACTION OF TRANSPORT DEMAND IN THE VARIABLE CITY TRAFFICCONDITIONS	207
<i>A.K. Pogodaev, K.V. Dozhdikov</i> EFFECTIVENESS OF PRODUCT MANUFACTURING PROCESSES ANALYSIS	210
<i>M. Prokic</i> NUMERICAL SOLUTION CONVERGENCE ANALYSIS AT CALCULATING THIN-WALLED OPEN SECTION BEAMS IN TORSION	213
<i>V.I. Rimshin, A.I. Galubka, A.V. Sinjutin</i> ENGINEERING CALCULATION METHOD GAIN CONCRETE SLABS COVERING THE COMPOSITE REINFORCEMENT	218
<i>Yu.A. Sadyreva, I.F. Kisselman, V.F. Becker</i> INDUSTRIAL DEDUSTING OFF-GASES IN THE APPARATUS WITH MOVABLE NOZZLE INCLUDED	221
<i>S.A. Semenova</i> THE NEED FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF URBAN ENVIRONMENT WITH THE NEEDS OF PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY AND DISABLED	225
<i>V.P. Slavenko, N.N. Yakunin, M.V. Dashko</i> IMPROVING THE STRUCTURE OF THE PASSENGER BUS ROUTES IN KUMERTAU	228
<i>A.S. Terekhov, A.N. Makarova, A.V. Malshakov</i> RELIABILITY ASSESSMENT OF PNEUMATIC SUSPENSION BRACKET OF LARGE CLASS BUSES	232
<i>V.A. Tikhonov, A.A. Lebedev, U.P. Kirin</i> HEURISTIC METHODS IMPROVING THE RETURN OF TITANIUM	236
<i>A.R. Tusnin</i> MEMBRANE STRUCTURES WITH A NON-STRAIGHT SUPPORT CONTOUR	243
<i>V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, E.V. Ilchenko</i> METHODS OF ULTRASONIC TECHNOLOGICAL APPARATUS ELECTRONIC GENERATORS IMPROVING	247
<i>J.A. Ertman, S.A. Ertman, O.N. Perepyolkina, A.N. Logunova, V.N. Kharnaukhov</i> THE ESTIMATE OF ACCESSIBILITY ROUTES OF CITY PASSENGERS TRANSPORT FOR HANDICAPPEDPOPULATION GROUPS	254
ABSTRACTS	258

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

01.02.04

В.И. Андреев, Д.А. Каплий

Московский государственный строительный университет,
институт фундаментального образования, кафедра сопротивления материалов,
Москва, asv@mgsu.ru, daniilkapliy@yahoo.co.uk

**СТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА О ВЛИЯНИИ РАДИАЦИОННОГО И
ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА НЕОДНОРОДНЫЙ ТОЛСТОСТЕННЫЙ ЦИЛИНДР**

Приведено решение задачи определения напряженно-деформированного состояния толстостенного бетонного цилиндра, когда задано температурное поле, а также на его внутренней поверхности задан интегральный поток нейтронов. Рассматривается влияние неоднородности материала оболочки, обусловленное радиационным и тепловым воздействием.

Ключевые слова: *поток нейтронов, температурное поле, неоднородность, бетон, вынужденные деформации.*

В реакторостроении главным конструкционным материалом защиты является железобетон. Свойства материала под действием физических полей (температуры, ионизирующего излучения) могут значительно изменяться, что приводит к косвенной (наведённой) неоднородности.

Уменьшение деформационных характеристик материала приводит к снижению напряжений, что позволяет уменьшить толщину железобетонной оболочки, более рационально распределить арматуру по сечению, увеличить максимальные значения силовых нагрузок.

В работах [1-3 и др.] разработаны методы решения задач теории упругости для тел с непрерывной неоднородностью деформационных характеристик (модуль упругости E и коэффициент Пуассона ν), в том числе обусловленной температурным и радиационным полем. В отличие от предыдущих работ, в настоящей работе рассматривается задача для случая, когда неоднородность обусловлена одновременным воздействием ионизирующего излучения и температурного поля.

В качестве механической модели рассматривается толстостенная железобетонная оболочка (бесконечно длинный цилиндр), внутренний радиус которого равен a , а внешний – b . Параметры оболочки: $a = 3,3\text{ м}$, $b = 4,5\text{ м}$, $\Phi_0 = 5 \cdot 10^{24}$ нейтрон/м² – значение интегрального потока (флюенса) нейтронов на внутренней поверхности толстостенного цилиндра; $T_a = 500^\circ\text{С}$ – температура на внутренней поверхности цилиндра; $T_b = 0^\circ\text{С}$ – температура на внешней поверхности цилиндра.

Найдем распределение флюенса нейтронов и температуры в стенке цилиндра. Распределение флюенса нейтронов находится с помощью уравнения Пуассона:

$$\frac{d^2\Phi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\Phi}{dr} - \frac{\Phi}{L^2} = 0, \quad (1)$$

где $L = 0,16\text{ м}$ – длина диффузии¹.

Данное уравнение является одной из разновидностей уравнения Бесселя, общее решение которого имеет вид

¹ Здесь приведены значения физических констант из справочника [5].

$$\Phi(\rho) = C_1 I_0(\rho) + C_2 K_0(\rho). \tag{2}$$

Здесь $\rho = r/L$ – безразмерный радиус, I_0 — модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка, а K_0 — функция Макдональда нулевого порядка. Считая, что толщина цилиндра обеспечивает полное поглощение нейтронов, можно написать граничные условия

$$r = a (\rho_1 = a/L), \quad \Phi = \Phi_0; \quad r = b (\rho_2 = b/L), \quad \Phi = 0. \tag{3}$$

После подстановки (3) в (2) и некоторых преобразований с использованием асимптотических выражений для функций Бесселя [4] находим

$$\Phi(\rho) = 3,63 \Phi_0 \left(\frac{\pi}{2\rho} \right)^{1/2} e^{20,625-\rho}. \tag{4}$$

Как было отмечено выше, под действием радиационного потока модуль упругости бетона изменяется. В [5] приведена зависимость

$$E(\rho) = E_0 [\gamma_1 - \alpha_1 \times \lg(\beta_1 \Phi(\rho))], \tag{5}$$

где $E_0 = 2 \cdot 10^4$ МПа; $\alpha_1 = 0,7$; $\beta_1 = 10^{-24}$ м²/нейтрон; $\gamma_1 = 0,8$.

Кроме того, что является весьма существенным, в бетоне возникают вынужденные радиационные деформации, для которых справедлива эмпирическая формула

$$\varepsilon_p(\rho) = \varepsilon_{\max} (e^{\beta \Phi(\rho)} - 1) / (\varepsilon_{\max} + e^{\beta \Phi(\rho)}), \tag{6}$$

в которой $\varepsilon_{\max} = 0,01$ - максимальная радиационная деформация бетона.

На рис. 1 приведены графики $E(r)$, $\Phi(r)$ и $\varepsilon_p(r)$. Функции $\varepsilon_p(r)$ и $E(r)$ построены согласно соотношениям (5) и (6).

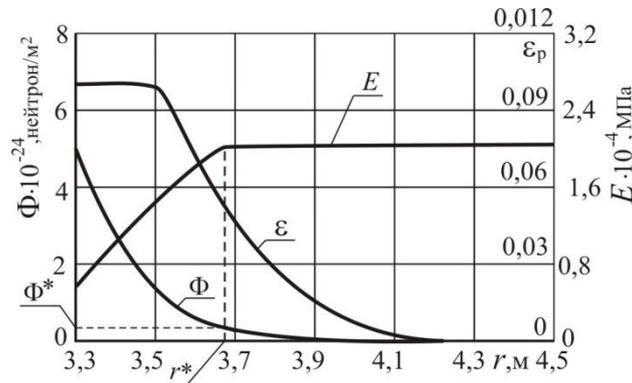


Рис. 1 - Распределение флюенса нейтронов - Φ , радиационных деформаций - ε_p и модуля упругости E по толщине стенки цилиндра

Решение уравнения теплопроводности в цилиндрической оболочке имеет вид:

$$T(r) = T_0 \ln(b/r) / \ln(b/a) \tag{7}$$

Вынужденные температурные деформации при постоянном коэффициенте линейного температурного расширения равны $\varepsilon_T = \alpha_T T(r)$. В расчетах было принято $\alpha_T = 0,1 \cdot 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

Зависимость модуля упругости бетона от температуры [6] можно аппроксимировать с помощью полинома:

$$E(T(r)) = E_0 \cdot \sum_{i=1}^N \beta_i T(r)^i.$$

При совместном воздействии двух факторов, вызывающих неоднородность (температура и радиация) модуль упругости определяется выражением

$$E(\Phi, T) = k_p \cdot k_T \cdot E_0 = E_0 [\gamma_1 - \alpha_1 \lg(\beta_1 \Phi(r))] \cdot \sum_{i=1}^N \beta_i T^i.$$

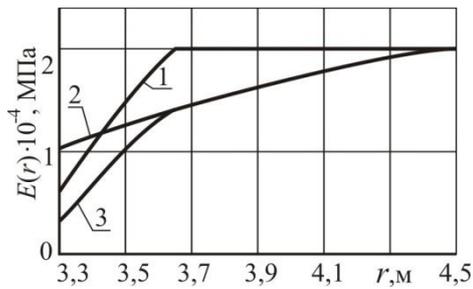


Рис. 2 - Распределение модуля Юнга по толщине стенки цилиндра

- 1 – При действии радиационного поля;
 2 – при действии температурного поля;
 3 – при одновременном действии обоих полей

где

$$\varphi(r) = \frac{3}{r} \frac{E'}{E} - \frac{2\nu v'}{1-\nu^2}, \quad \psi(r) = -\frac{1}{r} \left[\frac{1-2\nu}{1-\nu} \times \frac{E'}{E} + \frac{(1+4\nu)v'}{1-\nu^2} \right],$$

$$f(r) = -\frac{E}{r(1-\nu^2)} \left[\varepsilon'_b(1+\nu) + v'\varepsilon_b \right].$$

В расчете коэффициент Пуассона был принят $\nu = 0,16$ [5]. Напряжения σ_θ можно найти из уравнения равновесия по формуле:

$$\sigma_\theta = r\sigma'_r + \sigma_r$$

На рис. 3 показаны эпюры наиболее опасных окружных напряжений. Наиболее существенно по сравнению с однородным материалом увеличение в 1.5 раза растягивающих напряжений σ_θ на внешней границе толстостенного цилиндра т.к. у бетонов в целом прочность на растяжение существенно меньше, чем на сжатие.

Выводы. В защитных толстостенных оболочках ядерных реакторов одновременно присутствуют как температурное, так и радиационное поле. Очевидно, что реальные расчеты на прочность задач о влиянии флюенса и температурного поля следует проводить с учётом их совместного влияния.

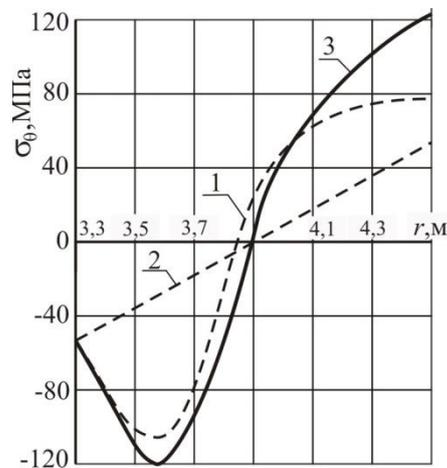


Рис. 3 - Эпюры окружных напряжений в толстостенном цилиндре
 Обозначения такие же, как на рис. 2

Список литературы

1. *Андреев В.И.* Некоторые задачи и методы механики неоднородных тел. Изд-во АСВ, Москва 2002. – 286 с.
2. *Andreev V.I., Dubrovskiy I.A.* Stress state of the hemispherical shell at front movement radiating field. Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publications, Switzerland, Vols. 405-408 (2013) pp. 1073-1076
3. *Андреев В.И., Минаева А.С.* Моделирование равнонапряженного цилиндра, подверженного силовым и температурным нагрузкам. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. Volume 7, Issue 1, 2011. с. 71-75
4. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. - М.: Наука, 1986. - 544 с.
5. *Дубровский В.Б.* Радиационная стойкость материалов. М.: Стройиздат, 1977, - 288 с.
6. СНиП 2.03.04-84 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. - 54 с.

01.01.06

В.В. Дружинин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Саровский физико-технический институт, кафедра высшей математики,
г. Саров, vvdr@newmail.ru

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО БИНАРНОЙ ГИПОТЕЗЫ ЭЙЛЕРА-ГОЛЬДБАХА МЕТОДОМ ЗЕРКАЛЬНОГО РЕШЕТА

Аналитически доказано, что любое четное число, большее «2», можно представить суммой двух простых чисел. Дан простой алгоритм, определяющий число таких пар и их конкретный вид на любое четное число. Получена формула приближенного числа пар Эйлера-Гольдбаха для произвольного четного числа. Проведены расчеты, подтверждающие найденные алгоритмы.

Ключевые слова: гипотеза Эйлера-Гольдбаха, решето Эратосфена, число пар Эйлера-Гольдбаха.

1. В 1742 г. Гольдбах в письме Эйлеру предположил, что каждое нечетное число есть сумма трех простых чисел (ПЧ). Эта тернарная гипотеза Гольдбаха была доказана академиком Виноградовым в 1937 г. для ПЧ, больших $10^{6846168}$ [1, 2]. После граница Виноградова снижалась и в 2013 г. тернарная гипотеза была доказана для всех нечетных чисел [3]. Эйлер, прочитав письмо Гольдбаха, выдвинул более сильное предположение: каждое четное число (ЧЧ), большее двух, можно представить суммой двух разных или одинаковых ПЧ, т. е. $2N = p_1 + p_2$. Далее пару таких ПЧ $(p_1; p_2)$ мы будем называть парой Эйлера-Гольдбаха (ПЭГ). В настоящее время эта гипотеза не доказана. Численная проверка 2008 г. [4] подтвердила наличие ПЭГ для всех $2N \leq 1,2 \cdot 10^{18}$.

В статье аналитически доказывается бинарная гипотеза Эйлера-Гольдбаха для всех $2N > 4$, создано зеркальное решето типа решета Эратосфена, выделяющее ПЭГ. Получен простой алгоритм, дающий число ПЭГ и их конкретный вид для каждого ЧЧ. При этом количество ПЭГ с ростом $2N$, осциллируя, в среднем возрастает.

2. Вначале определим базовый набор (БН) ПЧ для каждого четного числа $2N$: $a_n(N) = \{p_1 = 3; p_2 = 5; p_3 = 7; \dots; p_n\}$. Предельное ПЧ p_n определяется из соотношения $(p_n^2 + 3) \leq 2N \leq (p_{n+1}^2 + 1)$ (см. табл. №1).

Таблица №1. Отрезки ЧЧ и их БН

ЧЧ	[12, 26]	[28, 50]	[52, 122]	[124, 170]	[172, 290]
БН	$a_1 = \{3\}$	$a_2 = \{3; 5\}$	$a_3 = \{3; 5; 7\}$	$a_4 = \{3; 5; 7; 11\}$	$a_5 = \{3; 5; 7; 11; 13\}$

Смысл БН состоит в том, что все нечетные составные числа (НСЧ) $s \in [3, 2N - 3]$ кратны одному или нескольким $p_i \in a_n(N)$. Знание $a_n(N)$ нужно для нахождения числа НСЧ N_s на отрезке $[3, 2N - 3]$. Существует формула точного количества таких чисел [5] в следующих обозначениях. Наибольшее целое число, не превышающее A , есть $[A]$. Произведение t простых чисел из a_n обозначим через Π_{ts} . s меняется от «1» до $C_n^t \equiv C(n, t) = n!/t!(n-t)!$ и нумерует разные сочетания в произведении. Все $\Pi_{1s} \equiv -p_s$. Например, для $a_3 = \{3; 5; 7\}$ имеем $\Pi_{11} = -3$, $\Pi_{12} = -5$, $\Pi_{13} = -7$, $\Pi_{21} = 15$, $\Pi_{22} = 21$, $\Pi_{23} = 35$, $\Pi_{31} = 105$. Формула для N_s имеет вид

$$N_s = \sum_{t=1}^n (-1)^{t+1} \sum_{s=1}^{C(n,t)} \left[\frac{(2N-3) + \Pi_{ts}}{2|\Pi_{ts}|} \right]. \quad (1)$$

Пример № 1. При $2N = 56$ с БН a_3 на отрезке $[3, 53]$ имеем «11» НСЧ, т. к.

$$N_s = \left[\frac{53-3}{6} \right] + \left[\frac{53-5}{10} \right] + \left[\frac{53-7}{14} \right] - \left[\frac{53+15}{30} \right] - \left[\frac{53+21}{42} \right] - \left[\frac{53+35}{70} \right] + \left[\frac{53+105}{210} \right] \\ = 8 + 4 + 3 - 2 - 1 - 1 + 0 = 11.$$

Это числа {9; 15; 21; 25; 27; 33; 35; 39; 45; 49; 51}

3. Далее при анализе числа $2N$ расположим все нечетные числа в матрице из трех строк, в первой и третьей строках. $N_{ст} = ((N - 1)/2)$ (N нечетное) или $N_{ст} = ((N - 2)/2)$ (N четное) столбцов. При $2N = 56$ имеем матрицу ($N = 28$, число столбцов $N_{ст} = 13$):

$$\begin{pmatrix} 3 & 5 & 7 & 9 & 11 & 13 & 15 & 17 & 19 & 21 & 23 & 25 & 27 \\ 25 & 23 & 21 & 19 & 17 & 15 & 13 & 11 & 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \\ 53 & 51 & 49 & 47 & 45 & 43 & 41 & 39 & 37 & 35 & 33 & 31 & 29 \end{pmatrix}$$

Сумма верхнего и нижнего чисел в столбце равна $2N = 56$. Вторая строка – строка плечей. Тут есть три хороших столбца, дающие ПЭГ ($p_i; p_j$): (3; 53), (13; 43), (19; 37). Есть плохие столбцы ($s_i; p_j$), например, (25; 31). Есть также очень плохой столбец, в нем два НСЧ ($s_i; s_j$): (21; 35).

Обозначим число очень плохих столбцов через N_{ss} . Анализ свойств набора нечетных чисел отрезка $[3, 2N - 3]$ показывает, что число ПЭГ $N(\text{ПЭГ})$ определяется равенством

$$N(\text{ПЭГ}) = N_{ст} - N_s + N_{ss}. \tag{2}$$

В рассмотренном выше примере $N(\text{ПЭГ}) = 13 - 11 + 1 = 3$.

4. Расчет числа N_{ss} связан с факторизацией N и решением системы диофантовых уравнений. Нами создан алгоритм таких расчетов и он проверен на ЧЧ до 300 000. При этом (2) дает правильное число ПЭГ, но не решает самой проблемы, т. е. не указывает на то, что всегда $N(\text{ПЭГ}) \geq 1$. Поэтому нами в развитие данной логики предложен другой более простой и эффективный метод нахождения и числа ПЭГ и самих ПЭГ и доказательства неравенства $N(\text{ПЭГ}) \geq 1$.

Введем понятие плеча пары m нечетных чисел ($N \pm m$), дающих в сумме $2N$. Если N есть ЧЧ, то значения m - все нечетные числа на отрезке $[1, N - 3]$. Если N нечетное число, то значения m - все четные числа на отрезке $[0, N - 3]$. Набор значений $\{m\}$ будем располагать в порядке убывания от $N - 3$ до «1» или «0». Пример при $2N = 56$ показан выше во второй строке матрицы. Количество m равно $N_{ст}$. Каждое значение m формирует пару нечетных чисел (хорошую, плохую или очень плохую).

Выделение всех хороших \hat{m} происходит с помощью зеркального решета типа Эратосфена. Берется БН a_n и для всех ПЧ $p_i \in a_n$, составляются арифметические прогрессии (АП) для плохих и очень плохих \bar{m}

$$\bar{m}_{ik} = |(N - 3p_i) - 2p_ik|, \tag{3}$$

где $0 \leq k \leq [(N - 3 - p_i)/p_i]$. При этом мы двигаемся по цепочке m слева направо. На правом конце АП не останавливается, а с помощью зеркального отражения переходит в движение справа налево до левого конца. При этом все числа \bar{m}_{ik} паразитные и они удаляются. После наложения всех n АП и удаления паразитных \bar{m}_{ik} , оставшиеся m есть хорошие \hat{m} , дающие ПЭГ ($N - \hat{m}; N + \hat{m}$). При таком подходе автоматически удаляется все плохие и очень плохие пары нечетных чисел.

Пример № 2. $2N = 50, N = 25$, база $a_2 = \{3; 5\}$, $N_{ст} = 12$. Имеются 12 разных пар с плечами $\{22; 20; 18; 16; 14; 12; 10; 8; 6; 4; 2; 0\}$. $p_1 = 3$ по (3) дает плохие $\{\bar{m}_1\} = \{16; 10; 4; \text{отражение}; 2; 8; 14; 20\}$. $p_2 = 5$ по (3) дает плохие $\{\bar{m}_2\} = \{10; 0; \text{отражение}; 10; 20\}$. В результате набор паразитных $\{\bar{m}\} = \{0; 2; 4; 8; 10; 14; 16; 20\}$. Остаются хорошие $\{\hat{m}\} = \{6; 12; 18; 22\}$. Эти числа дают четыре ПЭГ на $2N = 50$ $\{(3; 47)(7; 43)(13; 37)(19; 31)\}$.

4. Сопоставление расчета $N(\text{ПЭГ})$ по (2) и по зеркальному решету (3) вплоть до $2N \leq 300\ 000$ дало полное совпадение, что подтвердило адекватность метода зеркального решета. Отметим некоторые особенности численного эксперимента. Все ЧЧ имеют одну или более ПЭГ. С ростом $2N$ $N(\text{ПЭГ})$, осциллируя, в среднем возрастает (рис.1). ЧЧ, имеющих $N(\text{ПЭГ}) = 1$, всего четыре: $\{4; 6; 8; 12\}$. ЧЧ, имеющих $N(\text{ПЭГ}) = 2$, девять: $\{10; 14; 16; 18; 20; 28; 32; 38; 68\}$. ЧЧ, имеющих $N(\text{ПЭГ}) = 3$, одиннадцать: $\{22; 24; 26; 30; 40; 44; 52; 56; 62; 98; 128\}$.

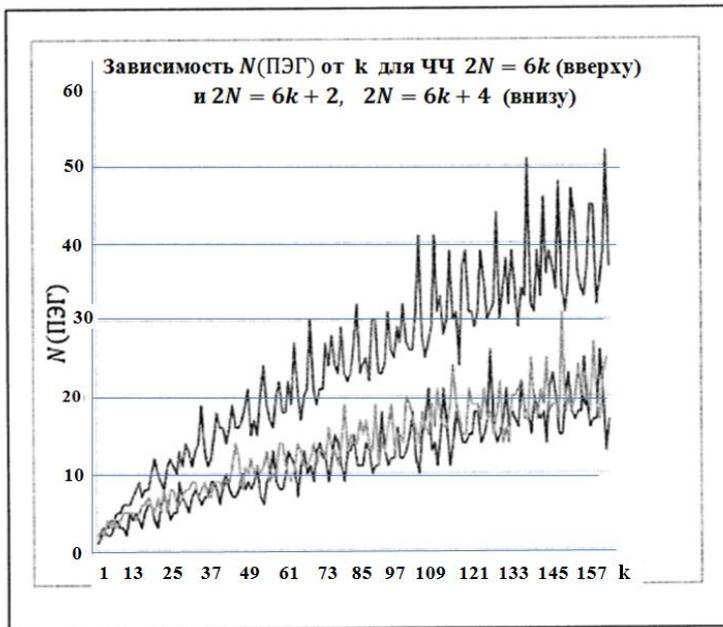


Рис.1. Зависимость $N(\text{ПЭГ})$ от $2N$

утверждает, что при наложении этих S АП на T_n и удалении всех значений АП на отрезке T_n останутся $N(S) = \prod_{i=1}^n (p_i - d_i)$ чисел.

Пример № 3. Даны три АП $\{1 + 3 \cdot (t - 1)\}$, $\{2 + 5 \cdot (t - 1)\}$, $\{3 + 5 \cdot (t - 1)\}$. На отрезке $T_2 = [1, 15]$ удаляются числа $\{1; 2; 3; 4; 7; 8; 10; 12; 13\}$. Остаются $N(S) = (3 - 1)(5 - 2) = 6$ чисел $\{5; 6; 9; 11; 14; 15\}$. Отсюда вероятность того, что число не вычеркнуто $W_s = N(S)/B_n = \prod_{i=1}^n (1 - d_i/p_i)$. Умножая эту вероятность на длину L произвольного меньшего отрезка $[1, L]$, находим примерное количество не удаленных этими АП чисел $\tilde{N}(L) = L \cdot \prod_{i=1}^n (1 - d_i/p_i)$. В данном примере на отрезке $[1, 6]$ не удалены только два числа $\{5; 6\}$. $\tilde{N}(L) = 6 \cdot (2/5) = 1,4$. Как правило, вероятностное значение $\tilde{N}(L)$ меньше реальной величины $N(L)$.

Набор плечей $\{m\}$ есть последовательность четных или нечетных чисел, на которую накладываются две АП с разностью p_i , если N не кратно p_i . Одна АП идет слева направо, вторая справа налево после отражения. В этом случае $d_i = 2$. Если $N : p_i$, отраженная АП совпадает с падающей АП и удаляемые числа совпадают, т.е. в этом случае имеет место одна АП и $d_i = 1$. Это дает формулу для $\tilde{N}(\text{ПЭГ})$. При $2N \geq 14$ $N(\text{ПЭГ}) \geq \tilde{N}(\text{ПЭГ}) > 1$. Число d_i равно «1» («2»), если N кратно (не кратно) p_i .

$$\tilde{N}(\text{ПЭГ}) = N_{\text{ст}} \cdot \prod_{i=1}^n (1 - (d_i/p_i)). \quad (4)$$

Пример № 4. Сравним точное значение $N(\text{ПЭГ}) = 12$ для $2N = 120$ с $\tilde{N}(\text{ПЭГ})$, рассчитанное по (4). Так как $2N$ кратно и «3» и «5», а $N_{\text{ст}} = 29$, то

$$\tilde{N}(\text{ПЭГ}) = 29 \cdot (2/3)(4/5)(5/7) = 11,05.$$

Формула (4) показывает, что любое ЧЧ имеет хотя бы одну ПЭГ, т.е. бинарная гипотеза Эйлера-Гольдбаха доказана. Тем самым доказана и тернарная гипотеза Гольдбаха, т.к., вычитая из любого нечетного числа ПЧ, получаем ЧЧ, которое само есть сумма двух ПЧ. Из (4) также следует, что число $\tilde{N}(\text{ПЭГ})$ при $N : 3$ имеет множитель $(2/3)$, тогда как при N не кратном «3» этот множитель $(1/3)$, что качественно объясняет различие кривых на рис.1.

Работа докладывалась на 19 - Нижегородском семинаре молодых ученых 28 мая 2014 г. Автор благодарит А.А. Лазарева за помощь в проведении расчетов, а также проф., д.ф.м.н., гл.н.с. РФЯЦ-ВНИИЭФ А.И. Голубева, проф., д.ф.м.н., начальника отдела РФЯЦ-ВНИИЭФ Ю.Н. Дерюгина за обсуждение и поддержку.

Для ЧЧ $2N > 152$ $N(\text{ПЭГ}) > 4$;
 для ЧЧ $2N > 188$ $N(\text{ПЭГ}) > 5$;
 для ЧЧ $2N > 332$ $N(\text{ПЭГ}) > 6$;
 для ЧЧ $2N > 398$ $N(\text{ПЭГ}) > 7$.
 Эта тенденция прослеживается и далее. Если $2N : 3$, то $N(\text{ПЭГ})$ заметно больше, чем $N(\text{ПЭГ})$ для ЧЧ не кратных «3».

5. Для объяснения этих особенностей привлечем теорему ΣAN [6] о наложении нескольких АП $\{c_{ij} + p_i \cdot (t - 1)\}$, $t \in \mathbb{N}$, на отрезок \mathbb{N} $T_n = [1, B_n]$. Тут $p_i \in a_n$, $B_n = \prod_{i=1}^n p_i$, c_{ij} - несколько начальных членов АП, $j = 1, 2, \dots, d_i$. d_i - число АП с одной разностью p_i , но с разными начальными членами. Всего АП есть $S = \sum_{i=1}^n d_i$. При этом $0 \leq c_{ij} < p_i$. Теорема ΣAN

Список литературы

1. *Нестеренко Ю.В.* Введение в криптографию, Питер, 2001.
2. *Сизый С.В.* Лекции по теории чисел, М. ФИЗМАТГИЗ, 2007.
3. *Dana Mackenzie.* Science, 24 May, 2013, Vol.340, no. 6135, p.913.
4. *Weisstein, Eric W.* Goldbach Conjecture, сайт Wolfram MathWorld.
5. *Дружинин В.В.* НТВП, 2014, № 2, стр.14.
6. *Дружинин В.В.* НТВП, 2014, № 1, стр.22.

01.01.05

М.В. Крючков

Пермский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»,
экономический факультет, кафедра высшей математики,
Пермь, mkryuchkov@hse.ru

СВОЙСТВА БАЙЕСОВСКОГО ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ НОРМАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ С ИЗВЕСТНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ

В работе рассматривается задача сравнительного анализа байесовского и классического доверительных интервалов для математического ожидания нормальной совокупности с известной дисперсией. Установлено, что в зависимости от параметров задачи эти доверительные интервалы могут как практически совпадать, так могут и не пересекаться. Сформулированы условия, обеспечивающие близость середины байесовского доверительного интервала либо к априорному среднему либо к выборочному среднему.

Ключевые слова: *байесовский доверительный интервал, оценка максимального правдоподобия.*

Байесовские методы [1] широко распространены в теории и практике эконометрического анализа и основаны на субъективно-вероятностном способе использования априорной информации об исследуемом процессе. Особенно заметные преимущества (по сравнению с классическими методами [2]) они имеют в условиях относительно малых выборок.

В современной научной литературе достаточно большое внимание уделяется байесовским оценкам (интервальным и точечным) [3-5], однако, общих рекомендаций к применению таких оценок авторы работ не дают, останавливаясь лишь на частных примерах.

Рассмотрим задачу интервального байесовского оценивания параметров модели, предложенную в работе [1]. Пусть мы располагаем следующей информацией о генеральной совокупности:

1) рассматриваемый процесс распределен нормально с неизвестным средним значением θ и известной дисперсией σ_0^2 ;

2) имеются результаты n случайно отобранных значений анализируемой величины x_1, \dots, x_n ;

3) из предыстории и опыта исследований получены априорные значения среднего $M[\theta] = \theta_0$ и дисперсии $D[\theta] = \Delta_0^2$.

Требуется, используя сопряженное априорное распределение параметра θ , получить байесовскую интервальную оценку и сравнить ее с классической интервальной оценкой, полученной с использованием оценки максимального правдоподобия (ОМП) параметра θ .

Воспользовавшись результатами работы [1], о существовании и нормальности сопряженного априорного распределения, пересчитаем параметры сопряженного распределения:

$$\tilde{\theta}_0 = \frac{\frac{n \cdot \bar{x}}{\sigma_0^2} + \frac{\theta_0}{\Delta_0^2}}{\frac{n}{\sigma_0^2} + \frac{1}{\Delta_0^2}},$$

$$\tilde{\Delta}_0^2 = \left(\frac{n}{\sigma_0^2} + \frac{1}{\Delta_0^2} \right)^{-1},$$

где \bar{x} - выборочное среднее, вычисленное по выборке x_1, \dots, x_n .

В таком случае байесовская интервальная оценка для параметра θ с уровнем доверия γ находится по формуле:

$$\tilde{\theta}_0 - t_\gamma \cdot \tilde{\Delta}_0 < \theta < \tilde{\theta}_0 + t_\gamma \cdot \tilde{\Delta}_0. \tag{1}$$

Классическая интервальная оценка определяется неравенством

$$\bar{x} - t_\gamma \cdot \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}} < \theta < \bar{x} + t_\gamma \cdot \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}, \tag{2}$$

где t_γ - двусторонний квантиль стандартного нормального распределения.

Перейдем непосредственно к главному вопросу, рассматриваемому в данной статье: сравнению интервалов (1) и (2). Отметим, что основная сложность задачи сравнения заключается в большом количестве входных параметров: $\sigma_0^2, \Delta_0^2, n, \bar{x}, \theta_0, \gamma$.

Целью исследования были поставлены следующие вопросы:

I) При каких условиях границы байесовского и классического интервалов совпадают (с определенной точностью)?

II) Возможно ли подобрать такие значения параметров, при которых байесовский и классический интервалы не пересекаются?

III) Как смещается середина байесовского интервала по отношению к \bar{x} и θ_0 в зависимости от входных данных?

Проведем замены $\frac{n}{\sigma_0^2} = b$ и $\frac{1}{\Delta_0^2} = c$, с учетом которых интервалы (1) и (2) соответственно примут вид:

$$\frac{b\bar{x} + c\theta_0}{b + c} - t_\gamma \sqrt{\frac{1}{b + c}} < \theta < \frac{b\bar{x} + c\theta_0}{b + c} + t_\gamma \sqrt{\frac{1}{b + c}},$$

$$\bar{x} - t_\gamma \sqrt{\frac{1}{b}} < \theta < \bar{x} + t_\gamma \sqrt{\frac{1}{b}}.$$

Такая замена позволяет перейти от 6 входных параметров к 5 параметрам, а также установить следующие факты:

- длина байесовского интервала всегда меньше длины классического;
- длина байесовского интервала близка к длине интервала классического, при условии

$c = o(b)$, т.е. в случаях, когда дробь $\frac{\sigma_0^2}{n \cdot \Delta_0^2}$ мала. Такой эффект присутствует, если дисперсия исследуемой совокупности будет много меньше априорно известной дисперсии, либо, как отмечалось ранее, при больших n .

Выделим важный частный случай: $b = c$, т.е. (априорная дисперсия совпадает со средней дисперсией исследуемой совокупности), и априорное среднее равно выборочному среднему. В этом случае середина байесовского интервала совпадет с серединой классического, а его длина будет меньше в $\sqrt{2}$ раз. Таким образом, при подтвердившейся априорной информации, байесовский подход позволяет существенно уменьшить длину классического доверительного интервала.

Обозначим за $k = \frac{b}{c}$ величину, характеризующую отношение априорной дисперсии к дисперсии исследуемой совокупности. С учетом принятого обозначения байесовский интервал примет вид:

$$\frac{k}{1+k} \cdot \bar{x} + \frac{1}{1+k} \cdot \theta_0 - t_\gamma \sqrt{\frac{1}{c(k+1)}} < \theta < \frac{k}{1+k} \cdot \bar{x} + \frac{1}{1+k} \cdot \theta_0 + t_\gamma \sqrt{\frac{1}{c(k+1)}} \quad (3).$$

В выражении (3) за смещение середины интервала к \bar{x} отвечает величина $\frac{k}{1+k}$, а за смещение к θ_0 - величина $\frac{1}{1+k}$. Для ответа на вопрос о возможности существования не пересекающихся байесовского и классического доверительных интервалов, следует вспомнить, что серединой классического является \bar{x} , а длины интервалов напрямую зависят от величины t_γ . Несложно показать, что интервалы не будут пересекаться при малых значениях k и t_γ , а также значениях θ_0 сильно отличающихся от \bar{x} . Например при значениях параметров $\gamma=0,85$, $n=10$, $\Delta_0^2=1$, $\sigma_0^2=4$, для которых $k \approx 1,44$, интервалы не будут пересекаться, если θ_0 превосходит \bar{x} хотя бы в 3 раза.

Для ответа на последний вопрос исследования (о смещении середины байесовского интервала к \bar{x} или θ_0) введем обозначение $\theta_0 = v \cdot \bar{x}$. Середина доверительного интервала (3) с учетом этого обозначения примет вид: $\tilde{\theta}_0 = \frac{k+v}{1+k} \cdot \bar{x}$. Относительная близость к среднему и априорному математическому ожиданию характеризуется величинами $RX_{\text{ср}}(k, v) = \frac{\tilde{\theta}_0 - \bar{x}}{\bar{x}}$ и $RTeta0(k, v) = \frac{\theta_0 - \tilde{\theta}_0}{\theta_0}$ соответственно. Для различных значений v в системе MathCad были построены графики зависимости относительных близостей от k (рис.1).

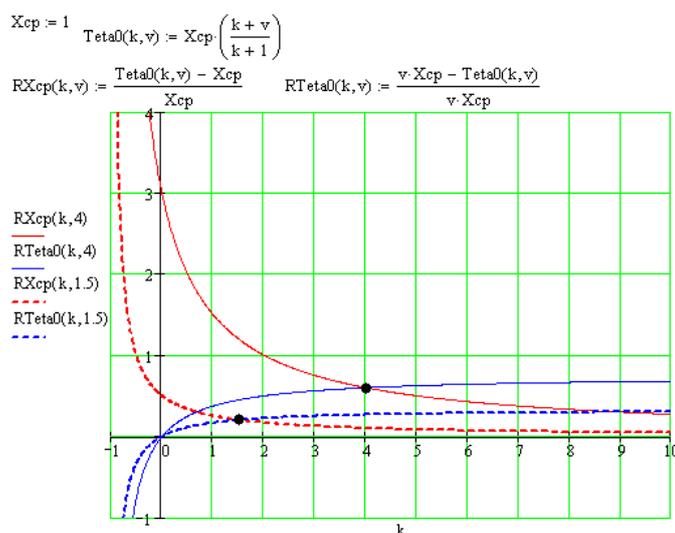


Рис. 1. Зависимость $RX_{\text{ср}}(k, v)$ и $RTeta0(k, v)$ от параметра k при $v=4$ (сплошная линия) и $v=1,5$ (пунктирная).

На данном графике видно, что середина байесовского интервала находится на одном уровне по отношению к \bar{x} и θ_0 при условии $k=v$. Этот факт объясняется равенством $\frac{\tilde{\theta}_0 - \bar{x}}{\bar{x}} = \frac{\theta_0 - \tilde{\theta}_0}{\theta_0}$, которое имеет место при $v=1$ (совпадении априорного и выборочного среднего), а также при $v=k$.

Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом: более общая рекомендация целесообразности применения байесовского подхода (в дополнение к условию малой выборки) заключается в необходимости сравнения величин, характеризующих отношение априорной дисперсии к дисперсии исследуемой совокупности (параметр k) и отношении априорного математического ожидания к выборочному среднему (параметр v).

Байесовский доверительный интервал будет давать более точную оценку по сравнению с классическим при условии $k > v$. Однако, следует иметь ввиду, что сбор априорной информации требует дополнительных затрат.

Список литературы

1. Айвазян С.А. Байесовский подход в эконометрическом анализе. // Прикладная эконометрика, 2008. N1(9). С. 1-5, 27-29.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Том 1: Теория вероятностей и прикладная статистика. Издание 2-е. М.: Юнити, 2001. – 656с.
3. Аксенов В.В., Павлов В.И. Применение байесовского подхода для оценки сигнально-помеховой обстановки канала передачи информации технологической системы связи. // Вестник Тамбовского Государственного Технического Университета, 2013. N2. С. 284-290.
4. Зикратов И.А., Одегов С.В. Оценка информационной безопасности в облачных вычислениях на основе байесовского подхода. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2012. N4(80). С. 121-126.
5. Шаров В.Д. Применение байесовского подхода для уточнения вероятностей событий в автоматизированной системе прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий. // Управление большими системами: сборник трудов, 2013. N43. С. 240-253.

01.02.04

Ш.М. Мамаев

Московский физико-технический институт (государственный университет),
кафедра информатики, Москва, sch_mamaev@mail.ru

ВОЛНЫ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСОЛЬНО-ЗАКРЕПЛЕННОЙ БАЛКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ

Методом бихарактеристик численно решена в трехмерной постановке задача о локальном поперечном ударе по балке цилиндрического профиля, один конец которой закреплен, а другой – свободен. Локальный характер нагружения сказывается на величине нормальных осевых и окружных напряжений, во много раз превышающей уровень действующих нагрузок. Исследуется эффект взаимного влияния отраженных от закрепленной, боковой границы волн напряжений и динамических возмущений от локальных ударов по различным площадкам. На основе анализа численных результатов устанавливаются ожидаемые области разрушения и их причины.

Ключевые слова: *метод бихарактеристик, балка, нормальное окружное напряжение, осевое напряжение, радиальное перемещение, разрушение.*

Проблемы напряженности корпусов при локальном воздействии статическими нагрузками и моментами рассматривались во многих работах (см., например, [1, 2] и др.). В [3, 4] рассмотрены волны напряжений, возникающие в полом упругом и упругопластическом толстом цилиндре при локальном нагружении, симметрично относительно торцов. В [5] методом бихарактеристик [6] в трехмерной постановке решена задача о локальном поперечном ударе по цилиндрической оболочке. Показано, что максимальные напряжения в оболочке при локальном ударе реализуются в области площадки удара и в моменты времени действия нагрузки. Ниже рассмотрена задача о локальном поперечном ударе по балке цилиндрического профиля. Исследованы напряженное состояние балки.

Определяющая система уравнений. Система уравнений, описывающая процесс распространения пространственных динамических возмущений в упругой изотропной линейной среде, в цилиндрических координатах $x_1 = r$, $x_2 = \varphi$, $x_3 = z$ в безразмерной форме имеет вид [7]:

$$\begin{aligned} \dot{v}_1 - \sigma_{11,1} - \frac{1}{r} \sigma_{12,2} - \sigma_{13,3} &= \frac{1}{r} (\sigma_{11} - \sigma_{22}), & \dot{v}_2 - \sigma_{21,1} - \frac{1}{r} \sigma_{22,2} - \sigma_{23,3} &= \frac{2}{r} \sigma_{21}, \\ \dot{v}_3 - \sigma_{31,1} - \frac{1}{r} \sigma_{32,2} - \sigma_{33,3} &= \frac{1}{r} \sigma_{31}, & \dot{\sigma}_{11} - c_{11} v_{1,1} - \frac{1}{r} c_{12} v_{2,2} - c_{13} v_{3,3} &= \frac{1}{r} c_{12} v_{1,1}, \\ \dot{\sigma}_{22} - c_{21} v_{1,1} - \frac{1}{r} c_{22} v_{2,2} - c_{23} v_{3,3} &= \frac{1}{r} c_{22} v_{1,1}, & \dot{\sigma}_{33} - c_{31} v_{1,1} - \frac{1}{r} c_{32} v_{2,2} - c_{33} v_{3,3} &= \frac{1}{r} c_{32} v_{1,1}, \\ \dot{\sigma}_{12} - s_{12} \left(\frac{1}{r} v_{1,2} + v_{2,1} \right) &= -\frac{1}{r} v_2, & \dot{\sigma}_{23} - s_{23} \left(\frac{1}{r} v_{3,2} + v_{2,3} \right) &= 0, \\ \dot{\sigma}_{31} - s_{31} (v_{1,3} + v_{3,1}) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{Здесь } c_{ij} = \begin{cases} \lambda + 2\mu & \text{при } i = j, \\ \lambda & \text{при } i \neq j, \end{cases} \quad s_{ij} = \mu$$

λ, μ – постоянные Ламе, точка над переменной и запятая перед индексом означают соответственно дифференцирование по времени и пространственной переменной. Безразмерные компоненты вектора скорости v_i , тензора напряжения σ_{ij} ($i, j=1, 2, 3$) определяются через соответствующие размерные величины:

$$x_i = \bar{x}_i / l, \quad t = \bar{t} c_1 / l, \quad \sigma_{ij} = \bar{\sigma}_{ij} / \rho c_1^2, \quad v_i = \bar{v}_i / c_1, \quad c_1 = \sqrt{(\lambda + 2\mu) / \rho}, \quad (2)$$

где с чертой обозначены размерные величины, t – время, l – характерная длина, ρ – плотность среды, c_1 – скорость распространения продольной волны.

Постановка задачи. Рассматривается консольно-закрепленная балка цилиндрического профиля толщиной H , внутренним радиусом R , длиной L , широтой $\varphi=30^\circ$. Балка в начальный момент времени находится в состоянии покоя

$$v_i = 0; \quad \sigma_{ij} = 0 (i, j = 1, 2, 3) \quad \text{при} \quad t = 0. \quad (3)$$

В любой другой момент времени t на участок $\Omega = \{x_2^0 \leq x_2 \leq x_2^1, x_3^0 \leq x_3 \leq x_3^1\}$ внешней поверхности балки действует нестационарная нормальная к поверхности оболочки нагрузка $f(x_2, x_3; t)$

$$\sigma_{11} = \begin{cases} f(x_2, x_3; t) & \text{при } t \leq T, \\ 0 & \text{при } t > T, \end{cases} \quad \sigma_{12} = 0, \quad \sigma_{13} = 0 \quad \text{при } x_1 = R + h, \quad (4)$$

$$v_1 = 0, \quad v_2 = 0, \quad v_3 = 0, \quad \text{при } x_3 = L, \quad (5)$$

$$\sigma_{33} = 0, \quad \sigma_{31} = 0, \quad \sigma_{32} = 0 \quad \text{при } x_3 = 0. \quad (6)$$

$$\sigma_{11} = 0, \quad \sigma_{12} = 0, \quad \sigma_{13} = 0 \quad \text{при } x_1 = R \quad (7)$$

$$\sigma_{22} = 0, \quad \sigma_{21} = 0, \quad \sigma_{23} = 0 \quad \text{при } x_2 = \varphi \quad (8)$$

Задача сводится к интегрированию системы уравнений (1) при нулевых начальных (3) и граничных (4-8) условиях.

Выбиралась следующая форма динамического нагружения

$$f(x_2, x_3; t) = A [1 - \cos(2\pi \cdot t / T)] (x_3^0 - x_3) (x_3^1 - x_3) \cos(\eta x_2) / \left((x_3^1 - x_3^0) / 2 \right)^2 \quad (9)$$

в которой A – постоянный коэффициент, T – период её действия. В расчетах принималось: $H=4h_1$, $R=200h_1$, $L=200h_3$, $|x_2| \leq 20h_2$ (боковая поверхность), $A=0.5$, $T=200\tau$, $x_2^0=-8h_2$, $x_2^1=8h_2$, $\eta=15$. Задача решалась на сетке $5 \times 21 \times 201$. Шаги сетки по времени $\tau=0.002$ и пространственным координатам $h_1=h_3=h=0.005$, $h_2= \pi/240 =0.01309$ выбирались в соответствии с условием устойчивости [8]. Минимальное значение внешней нагрузки равна $f(0, 80h_3; 100\tau) = -1$. Материал, балки имеет следующие характеристики: $E=202$ ГПа, $\nu=0.3$, $\rho=7.951 \cdot 10^{-10}$ кг·сек²/мм⁴.

Анализ результатов численных расчетов. Принятая форма нагружения (9) является симметричной относительно сечения $x_2=0$

$$v_2 = 0, \sigma_{12} = 0, \sigma_{23} = 0, v_{1,2} = \sigma_{11,2} = \sigma_{22,2} = 0 \quad \text{при } x_2 = 0. \quad (10)$$

На рис. 1 приведены осциллограммы (вариант 1) нормальных окружных σ_{22} (а) и осевых σ_{33} (б) напряжений в девяти точках: по три точки на внутренней поверхности 1(0, 0, 80h), 2(0, 8h₂, 80h), 3(0, 20h₂, 80h), на срединной поверхности 4(2h, 0, 80h), 5(2h, 8h₂, 80h), 6(2h, 20h₂, 80h) и на внешней поверхности 7(4h, 0, 80h), 8(4h, 8h₂, 80h), 9(4h, 20h₂, 80h) в сечении $x_3=80h$, на которое приходится наибольшее значение внешней нагрузки.

На внешней $x_1=R+H$ – поверхности приложения нагрузки реализуются напряжения сжатия. Исключением является точка 8(0, 8h₂, 80h) внешней поверхности, принадлежащая границе приложенной нагрузки (см. рис. 1а). В этой точке в начальные моменты времени окружные напряжения σ_{22} являются растягивающимися. Появление растягивающих напряжений на границе действия внешней нагрузки согласуется с общими представлениями о распределении локальных напряжений под штампом [9]. Максимальная величина окружных напряжений достигается в момент времени $t=180\tau$, которая в 1.5 раза превосходит максимум внешней нагрузки, что может способствовать развитию разрушения с внешней стороны балки.

На срединной поверхности $x_1 = R + 0.5H$ как окружные, так и осевые напряжения незначительны и их отличия от нуля обусловлены динамическими эффектами.

На внутренней поверхности $x_1 = R$ балки реализуются напряжения растяжения. В точке 1 осевая и окружная компоненты напряжений достигают наибольшего значения в моменты времени близкие к времени действия внешней нагрузки и их уровни с течением времени после окончания действия внешней нагрузки сильно понижаются. Окружная компонента напряжения σ_{22} в 5.3 раза, а осевая составляющая напряжений в 5.9 раза превосходят максимум внешней нагрузки в моменты времени 260 - 270τ в центре области действия внешней нагрузки. Известно [1], что в области действия локальных нагрузок с характерным размером r напряжения растяжения имеют особенность типа $\ln(R/r)$ (R – радиус оболочки) и, кроме того, они обратно пропорциональны квадрату толщины оболочки H . В точке ребра 3(0, 20 h_2 , 80 h) осевое напряжение принимает наибольшее значение в более позднее время $t = 875\tau$. Оно обусловлено краевым эффектом и является наиболее опасной областью с точки зрения сохранения целостности конструкции. Полученный результат вполне гармонирует с описанными в [5] эффектами влияния близости области удара от границы. Если энергия удара достаточна, то разрушение может произойти со стороны удара на границе действия внешней нагрузки. Эти разрушения обусловлены в основном растягивающим окружным нормальным напряжением σ_{22} . В этой области больших значений 0.9 достигают также напряжения сдвига σ_{23} , которые могут способствовать начатому разрушению. В начальные моменты времени в центре области действия внешней нагрузки может произойти разрыв на внутренней поверхности из-за растягивающего осевого напряжения. Если энергия удара недостаточна в этой точке, то в более позднее время может произойти разрыв в точке ребра. Осевая компонента напряжения σ_{33} достаточно большая, а окружная составляющая напряжений σ_{22} несколько уступает ей по величине. Этот эффект связан с окружной и осевой жесткостью конструкции и влиянием боковой границы.

Графики, приведенные на рис. 1а, б для окружных и осевых напряжений, качественно подобны графикам для цилиндра (для точек 1,2,4,5,7,8 не принадлежащих боковой поверхности). Однако они количественно различаются из-за присутствия свободной грани по окружности. Уровни максимальных окружных и осевых напряжений в балке понижаются по сравнению с цилиндром.

На рис. 2 приведены осциллограммы (вариант 1) нормальных окружных σ_{22} (а) и осевых σ_{33} (б) напряжений в девяти точках: 1(0, 0, 200 h), 2(0, 8 h_2 , 200 h), 3(0, 20 h_2 , 200 h), 4(2 h , 0, 200 h), 5(2 h , 8 h_2 , 200 h), 6(2 h , 20 h_2 , 200 h), 7(4 h , 0, 200 h), 8(4 h , 8 h_2 , 200 h), 9(4 h , 20 h_2 , 200 h) в жестко-закрепленном сечении $x_3 = 200h$ балки.

Из осциллограммы окружных напряжений σ_{22} видно, что наибольшее растягивающее напряжение будет в точке 1 внутренней поверхности, величина которой в 1.15 раза превышает максимум внешней нагрузки, и в 4.6 раз меньше по сравнению с уровнем напряжений, имеющем место в центре области действия внешней нагрузки (сравни рис. 1а и 2а). Поэтому для окружного напряжения определяющим является наибольшее напряжение соответствующее сечению $x_3 = 80h$, на которое приходится наибольшее значение внешней нагрузки. Из рис. 2б видно, что осевое напряжение в точке 1 в 3.8 раза, в точке 7 в 3 раза, в точке 3 в 6 раз, в точке 9 в 5.8 раза превышает максимум внешней нагрузки. Для осевого напряжения определяющим вначале является напряжение в точке ребра (угловая точка) 3 внутренней поверхности, а затем по истечению времени определяющим становится напряжение в точке ребра (угловая точка) 9 внешней поверхности.

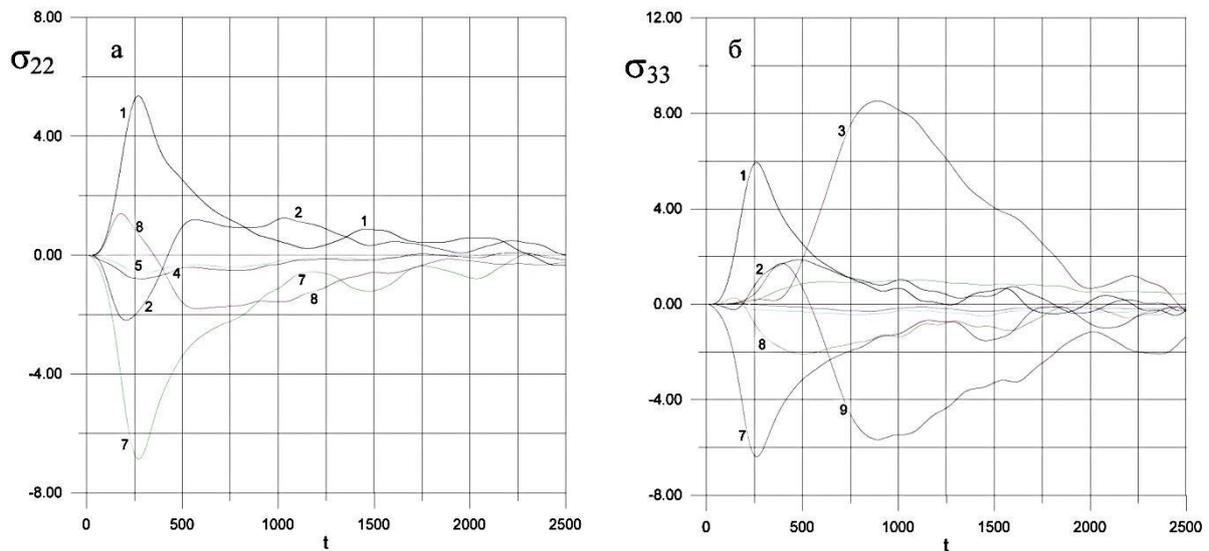


Рис. 1. Осцилограммы окружных σ_{22} (а) и осевых σ_{33} (б) напряжений

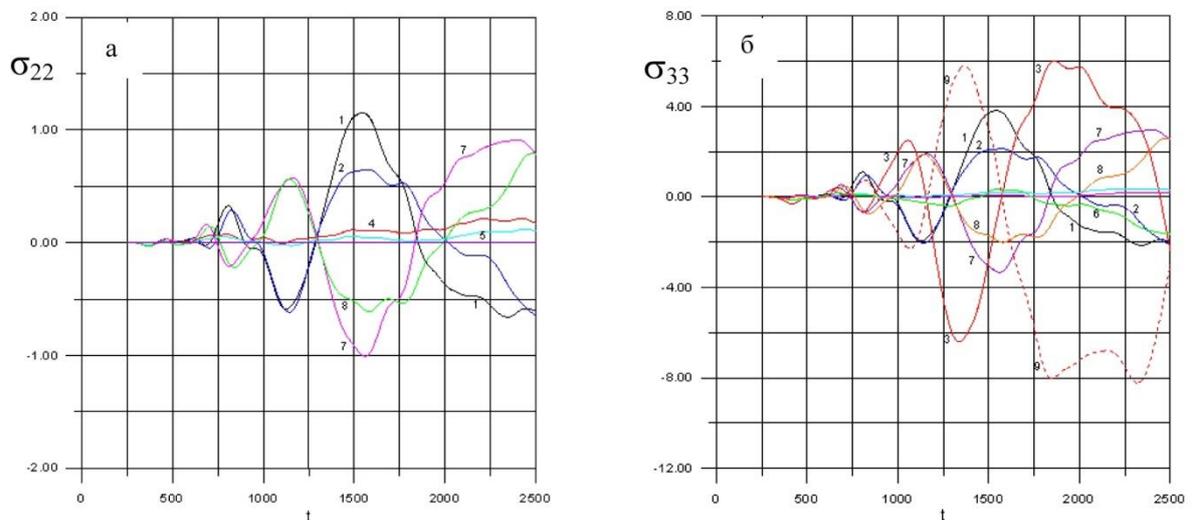


Рис.2. Осцилограммы напряжений σ_{22} (а) и σ_{33} (б) для точек закрепленного конца

Выводы. Локальный характер нагружения приводит к тому, что величина нормальных осевых и окружных напряжений в точках внутренней поверхности во много раз превышает уровень действующих нагрузок; для окружного напряжения определяющим является наибольшее напряжение соответствующее сечению, на которое приходится наибольшее значение внешней нагрузки; при принятых параметрах и расположении центра площадки удара в области $x_3=80h$ влияние закрепленного конца на наибольшие величины осевого напряжения не значительно; с приближением центра площадки удара к закрепленному концу уровни осевых напряжений в точках внешней поверхности закрепленного торца становятся преобладающими и критическими с точки зрения разрушений.

Список литературы

1. *Даревский В.М.* Оболочки под действием локальных нагрузок. Прочность. Устойчивость. Колебания. Т.2. Справочник в трех томах. – М.: Машиностроение, 1968. С. 49-96.
2. *Шаринов Л.И.* Действие на цилиндрическую оболочку сосредоточенной нагрузки, приложенной к свободному краю //Изв. АН СССР. МТТ. 1967. №3. С. 24-29.
3. *Бабич Ю.Н., Алтаидзе З.Г., Галиев Ш.У.* Напряженное состояние полого цилиндра при импульсном локальном нагружении // Проблемы прочности. 1987. №10. С. 89-94.
4. *Зеленский А.С., Кукуджанов В.Н.* Численное решение пространственных динамических задач для осисимметричных упругопластических тел // Препринт №384. Институт проблем механики АН СССР. 1989. 40 с.
5. *Каримбаев Т.Д., Мамаев Ш.* Волны напряжений в цилиндрической оболочке при локальном поперечном ударе // Журнал «Деформация и разрушения материалов». 2014. №3. С. 12-16.
6. *Тарабин Г.Т.* Численное решение нестационарных задач динамики анизотропной упругой среды // Изв. АН СССР. МТТ. 1982. № С.83-95
7. *Лурье А.И.* Теория упругости. – М.: Наука, 1970. 841 с.
8. *Магомедов К.М., Холодов А.С.* Сеточно-характеристические численные методы.- М.: Наука, 1988. 288 с.
9. *Галин Л.А.* Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости //М.:Наука, 1980. 304 с.

01.04.02

А.В. Михайлов, В.Л. Шаблов д.ф.-м.н.

Обнинский институт атомной энергетики –
филиал Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ",
г. Обнинск, Shablov@iate.obninsk.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАНСНОГО И ТЕНЕВОГО ПОЛЮСОВ
МНОГОЧАСТИЧНОЙ ФУНКЦИИ ГРИНА, ОТВЕЧАЮЩИХ ВТОРОМУ
ВОЗБУЖДЕННОМУ СОСТОЯНИЮ ЯДРА ${}^5\text{He}$,
В РАМКАХ ФОРМАЛЬНОЙ ТЕОРИИ РЕЗОНАНСОВ**

В работе представлены результаты применения формальной теории резонансов к описанию сечения реакции ${}^3\text{H}(d, n){}^4\text{He}$ и определению параметров резонансного и теневого полюсов многочастичной функции Грина, отвечающих второму возбужденному состоянию ($J^\pi=3/2^+$, $E^=16.76$ МэВ) ядра ${}^5\text{He}$.*

Ключевые слова: квантовая теория рассеяния, формальная теория резонансов, второе возбужденное состояние ядра ${}^5\text{He}$, резонансный и теневой полюсы.

Как известно, ядерные реакции с образованием в конечном состоянии трех и более фрагментов, два из которых являются продуктами распада нестабильной системы, являются важным источником информации о характеристиках этой системы и динамике взаимодействия. Это особенно важно, если изучаемую нестабильную систему трудно или практически невозможно наблюдать в бинарных столкновениях, как, например, нейтроноизбыточное ядро ${}^9\text{He}$, представляющее собой резонанс в системе $n+$ нестабильное ядро ${}^8\text{He}$ с временем жизни 0.1 с. Однако ядро ${}^9\text{He}$ можно наблюдать в реакциях столкновения тяжелых ионов типа ${}^9\text{Be}({}^{14}\text{C}, {}^{14}\text{O}){}^9\text{He}$ с последующим распадом ядра ${}^9\text{He}$. При этом приходится считаться с тем обстоятельством, что процесс образования и распада нестабильной системы уже не является изолированным, а протекает под влиянием кулоновского и ядерного полей сопутствующих продуктов реакции. Как было установлено экспериментально и теоретически [1-4], это влияние проявляется в изменении формы резонансной кривой, в частности, ее полуширины, сдвиге местоположения резонансного максимума и изменении соотношения ветвей распада, причем последнее является особенностью околопороговых резонансов.

В качестве примера приведем реакцию ${}^7\text{Li}(d, \alpha)n$ при $E_\alpha = 6.8$ МэВ [5], в которой было обнаружено радикальное уширение резонансного пика, отвечающего второму возбужденному состоянию ядра ${}^5\text{He}$ ($E^* = 16.76$ МэВ): ширина пика составила ~ 0.5 МэВ по сравнению с величиной 170 КэВ при наблюдении этого резонанса в упругом столкновении $n + \alpha$. Авторы [5] предположили, что такое уширение связано с влиянием теневого полюса. В работе [6] экспериментальные данные [5] были проанализированы на основе теоретических моделей, развитых в [1,2,4], в том числе для околопороговых резонансов, в которых учитывается влияние кулоновского поля сопутствующих продуктов реакции на процесс распада резонанса. Обнаруженное теоретическое уширение резонанса ${}^5\text{He}^{**}$ составило около 20% относительно его ширины Γ , равной 70 КэВ [7].

Для проведения дальнейших теоретических исследований необходимо знать местоположение резонансного и теневого полюсов многочастичной функции Грина на нефизическом месте энергий, т.е. комплексных энергий $Z_R = E_R - i\Gamma/2$ и $Z_\rho = E_\rho - i\Gamma_\rho/2$. В частности, величины E_R и Γ входят в параметризации амплитуды процесса, разработанные в [2,4]:

$$T(\bar{k}_{12}, \bar{p}_3) = e^{-\frac{\pi}{2}\xi} \Gamma(1+i\xi) \frac{\chi_{12}(k_{12})B(\bar{k}_{12}, \bar{p}_3)}{\left(E_{12} - \varepsilon_R + i\frac{\Gamma(E_{12})}{2}\right)\left(E_{12} - E_R + i\frac{\Gamma}{2}\right)^{i\xi}} \quad (1)$$

В (1) предполагается наличие околорогового резонанса в паре 12 с шириной $\Gamma(E_{12})$, зависящей от энергии, ε_R – параметр местоположения резонанса, определяемый на основе используемого теоретического подхода (R -матричная теория, формальная теория резонансов и т.д.), \bar{k}_{12} и \bar{p}_3 – импульсные координаты Якоби, ξ – кулоновский параметр выходного канала реакции

$$\xi = \eta_{13} + \eta_{23} - \nu, \quad \eta_{ij} = \frac{q_i q_j \mu_{ij}}{\hbar^2 k_{ij}} \quad (2)$$

где η_{ij} – кулоновский параметр для пары ij (\bar{k}_{ij} – относительный импульс в паре, μ_{ij} – приведенная масса системы ij , q_i и q_j – заряды частиц), ν – кулоновский параметр для системы "резонанс–третья частица":

$$\nu = \frac{(q_1 + q_2)q_3 n_{12,3}}{\hbar^2 \sqrt{2n_{12,3} \left(E^c - E_R + i\frac{\Gamma}{2}\right)}}, \quad (3)$$

причем $n_{12,3}$ есть приведенная масса резонанса и третьей частицы, а E^c – суммарная кинетическая энергия частиц в системе центра масс, $\chi_{12}(k_{12})$ – вершинная функция распада резонанса. Наконец, $B(\bar{k}_{12}, \bar{p}_3)$ – некоторая функция, слабо изменяющаяся в окрестности резонансной энергии.

Параметры резонансного и теневого полюсов, отвечающих резонансу ядра ${}^5\text{He } J^\pi = \frac{3}{2}^+$ ($E^* = 16.76$ МэВ), были определены в [8] на основе резонансной модели связанных каналов: $Z_R = (47 - i37)$ кэВ, $Z_S = (82 - i3.4)$ кэВ, причем энергия отсчитывается относительно порога канала $d+t$. Параметр ε_R оказался равным 79 КэВ. Близкие результаты были получены в ранее в [18] на основе R -матричной теории и для Z_R в [21] на основе разложения эффективного радиуса.

В настоящей работе для решения поставленной задачи используется формальная теория резонансов [9-11], в рамках которой местоположение интересующих полюсов определяется как полюсы аналитического продолжения матричных элементов многочастичной функции Грина на соответствующие нефизические листы энергии.

Формальная теория резонансов базируется на предположении, что гамильтониан многочастичной системы может быть представлен в виде $H = H_1 + V$, где гамильтониан H_1 имеет связанное состояние, утопленное в непрерывном спектре, а оператор V играет роль «возмущения» этого состояния. Обозначим через $P = |\Phi\rangle\langle\Phi|$ проектор на рассматриваемое состояние дискретного спектра H_1 с энергией E_0 . Тогда для полной функции Грина системы $G(Z) = (Z - H)^{-1}$ можно записать представление вида [11]

$$G(Z) = R(Z) + [I + R(Z)V]P \frac{1}{\omega(Z)} \langle\Phi| [VR(Z) + I] \rangle, \quad (4)$$

где $R(Z)$ – резольвента оператора QH_1Q в подпространстве, задаваемом проектором $Q = I - P$: $R(Z) = (ZQ - QH_1Q)^{-1}Q$, а функция $\omega(Z)$ задана выражением

$$\omega(Z) = Z - E_0 - \langle\Phi|V|\Phi\rangle - \langle\Phi|VR(Z)V|\Phi\rangle \quad (5)$$

В рассматриваемой ситуации резонанс ${}^5\text{He}$ распадается по двум каналам $\alpha + n$ и $d + t$. Поскольку непрерывные спектры гамильтонианов H и QH_1Q совпадают, использование для $R(Z)$ спектрального разложения приводит к следующей формуле

$$\omega(Z) = Z - E_0 - \langle\Phi|V|\Phi\rangle - \langle\Phi|VR_{\alpha n}(Z)V|\Phi\rangle - \langle\Phi|VR_{dt}(Z)V|\Phi\rangle, \quad (6)$$

где $R_{\alpha n}(Z)$ и $R_{dt}(Z)$ отвечают вкладом соответствующих ветвей непрерывного спектра. Вследствие удаленности порога канала $\alpha + n$ от местоположения резонанса матричный элемент $\langle\Phi|VR_{\alpha n}(Z)V|\Phi\rangle$ при $Z = E + i0$ можно аппроксимировать комплексной константой $\varepsilon - i\frac{\gamma}{2}$, $\gamma > 0$. Подставляя в $I_{dt}(Z) = \langle\Phi|VR_{dt}(Z)V|\Phi\rangle$ $R_{dt}(Z)$ в виде спектрального разложения и учитывая связь между волновыми функциями канала $d + t$ гамильтонианов QH_1Q и H , которая вытекает из представления $R(Z)$ вида [11]

$$R(Z) = G(Z) - G(Z)|\Phi\rangle \frac{1}{\langle\Phi|G(Z)|\Phi\rangle} \langle\Phi|G(Z) = F(Z)G(Z) \quad (7)$$

и предельной процедуры, связывающей резольвенту с волновыми функциями [11, 12, 19], получим

$$I_{dt}(Z) = \int d\bar{k}_{dt} \frac{\langle\Phi|VF(E_{dt} + i0)|\Psi_{dt}^+(\bar{k}_{dt})\rangle \cdot \langle\Psi_{dt}^+(\bar{k}_{dt})|F^+(E_{dt} - i0)V|\Phi\rangle}{Z + \chi_d^2 + \chi_t^2 - E_{dt}}, \quad (8)$$

где $E_{dt} = \frac{k_{dt}^2}{2\mu_{dt}}$, $-\chi_d^2$ и $-\chi_t^2$ – энергии связи ядер d и t соответственно, а $|\Psi_{dt}^+(\bar{k}_{dt})\rangle$ есть волновая функция канала $d + t$ для гамильтониана H . Представляя теперь $|\Psi_{dt}^+(\bar{k}_{dt})\rangle$ с помощью уравнения Липпмана-Швингера для системы 5 нуклонов в виде

$$|\Psi_{dt}^+(\bar{k}_{dt})\rangle = |\Phi_{d+t}\rangle |\bar{k}_{dt}^c\rangle + G(E_{dt} + \chi_d^2 + \chi_t^2 + i0)V^s|\Phi_{d+t}\rangle |\bar{k}_{dt}^c\rangle, \quad (9)$$

где $|\Phi_{d+t}\rangle$ обозначает произведение волновых функций внутреннего движения в кластерах d и t , V^s – сумма кулоновских и ядерных потенциалов, действующих между нуклонами из различных кластеров, за вычетом потенциала чисто кулоновского взаимодействия между ядрами дейтерия и трития, а $|\bar{k}_{dt}^c\rangle$ – двухчастичная волновая функция кулоновского рассеяния $d + t$. В итоге выражение (8) можно представить как

$$I_{dt}(Z) = \int d\bar{k}_{dt} \frac{|\langle\chi(E_{dt})|\bar{k}_{dt}^c\rangle|^2}{Z + \chi_d^2 + \chi_t^2 - E_{dt}} \quad (10)$$

с состоянием $\langle\chi|$ вида

$$\langle\chi(E_{dt})| = \langle\Phi|VF(E_{dt} + i0)(I + G(E_{dt} + \chi_d^2 + \chi_t^2 + i0)V^s)|\Phi_{d+t}\rangle \quad (10')$$

Представление (10) показывает, что мнимая часть (8) при $Z = E + i0$ вблизи порога канала $d + t$ ведет себя как $C_0^2(\eta_{dt}) = 2\pi\eta_{dt}(e^{2\pi\eta_{dt}} - 1)^{-1}$, где η_{dt} – кулоновский параметр пары $d + t$, что в дальнейшем определит энергетическую зависимость парциальной ширины распада резонанса $J^\pi = \frac{3^+}{2}$ по каналу $d + t$. Если пренебречь в (10) энергетической зависимостью состояния $\langle\chi|$, то рассматриваемый матричный элемент можно приближенно записать в виде

$$I_{dt}(Z) = A\langle\chi|g_{dt}^c(Z + \chi_d^2 + \chi_t^2)|\chi\rangle, \quad (11)$$

где g_{dt}^c – двухчастичная кулоновская функция Грина для пары $d + t$, A – подгоночная постоянная.

Резонансная энергия E_R определяется из уравнения [10, 11]

$$\text{Re } \omega(\varepsilon_R + i0) = 0 \quad (12)$$

или

$$E_R - \varepsilon_0 - \varepsilon_1 - \text{Re } I_{dt}(\varepsilon_R + i0) = 0 \quad (12')$$

Аппроксимируя $\text{Re } I_{dt}(E + i0)$ в интересующей области энергий линейной функцией

$$\text{Re } I_{dt}(E + i0) = \text{Re } I_{dt}(E + i0) + (E - \varepsilon_R)\alpha = \varepsilon_2 + (E - \varepsilon_R)\alpha, \quad (13)$$

где α есть производная $\text{Re } I_{dt}(E + i0)$ при $E = E_R$, получим

$$\omega(E + i0) = (1 - \alpha)(E - \varepsilon_R) + i\frac{\gamma}{2} - i \text{Im } I_{dt}(E + i0) \quad (14)$$

или

$$\frac{\omega(E + i0)}{1 - \alpha} = E - \varepsilon_R + i\frac{\Gamma_{\alpha n}}{2} + i\frac{\Gamma_{dt}(E)}{2}, \quad (14')$$

где $\Gamma_{\alpha n} = \frac{2\gamma}{1 - \alpha}$, $\Gamma_{dt}(E) = -\frac{2}{1 - \alpha} \text{Im } I_{dt}(E + i0)$, причем в (11) могут фигурировать только такие состояния $|\chi\rangle$, для которых $1 - \alpha > 0$. В дальнейшем состояния $|\chi\rangle$ выбираются в виде $\chi(\vec{r}) = \frac{1}{r} \sum_{i,j=1}^N (C_i e^{-\beta_i r} - C_j e^{-\beta_j r})$.

Представление (14') позволяет с учетом (4) получить в резонансном приближении выражения для амплитуд переходов и соответствующих сечений [9-11]. Например, для сечения реакции $dt \rightarrow \alpha n$ получается формула вида [9,11]

$$\sigma_{dt \rightarrow \alpha n} = \frac{(2J + 1) \pi}{(2S_1 + 1)(2S_2 + 1) k_{dt}^2} \frac{\Gamma_{\alpha n} \Gamma_{dt}(E)}{(E_{dt} - \varepsilon_R)^2 + \frac{(\Gamma_{\alpha n} + \Gamma_{dt}(E))^2}{4}} \quad (15)$$

где $J = \frac{3}{2}$ – спин резонансного состояния, S_1 и S_2 – спин частиц во входном канале. Формула (15) использовалась для подгонки экспериментальных данных, в частности, в случае реакции $dt \rightarrow \alpha n$ использовалась параметризация экспериментальных данных из работы [13]. При этом функция $\Gamma_{dt}(E)$ задавалась аналитическим выражением, вытекающим из представления Хостлера для двухчастичной кулоновской функции Грина [14]

$$g_c(\bar{r}, \bar{r}', Z) = \frac{4imk}{\hbar^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{l=0}^{n-1} \frac{2l+1}{4\pi} P_l(\widehat{\bar{r}, \bar{r}'}) \frac{(n-l-1)!}{(n+l)!} \frac{1}{n+i\eta} e^{ik(r+r')} (-2ikr)^l \cdot (-2ikr')^l \cdot L_{n-l-1}^{2l+1}(-2ikr) L_{n-l-1}^{2l+1}(-2ikr'), \quad (16)$$

где $k = \frac{1}{\hbar}(2mZ)^{1/2}$ и η – соответствующий кулоновский параметр. Метод вычисления матричных элементов вида $\langle \chi_1 | g^c(Z) | \chi_2 \rangle$ с состояниями $\chi_i(\bar{r})$ $i = 1, 2$ юкавского и экспоненциального типов был разработан в [11, 15]. Действуя по аналогии с [11, 15], получим при $\chi_j(\bar{r}) = C_j \frac{e^{-\beta_j r}}{r}$ (β_j и C_j вещественны):

$$\langle \chi_1 | g^c(Z) | \chi_2 \rangle = \frac{16i\pi k m C_1 C_2}{(\beta_1 - ik)^2 (\beta_2 - ik)^2} \frac{1}{1 + i\eta} {}_2F_1(1 + i\eta, 2; 2 + i\eta; v), \quad (17)$$

где параметр v равен

$$v = \frac{(\beta_1 + ik)(\beta_2 + ik)}{(\beta_1 - ik)(\beta_2 - ik)} \quad (17')$$

Заметим, что если в (17) гипергеометрическую функцию Гаусса преобразовать в функцию аргумента v^{-1} [16], в $\langle \chi_1 | g^c(Z) | \chi_2 \rangle$ можно выделить в явном виде мнимую часть

$$Im \langle \chi_1 | g^c(E + i0) | \chi_2 \rangle = - \frac{8\pi k m}{(\beta_1^2 + k^2)(\beta_2^2 + k^2)} C_0^2(\eta) v^{-i\eta} \quad (18)$$

К такому же результату приводит использование спектрального представления для $g^c(E + i0)$ и формулы Нордсика [17]

$$\langle \chi_j | \bar{k}^c + \rangle = \frac{4\pi}{(2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{\pi}{2}\eta} \Gamma(1 + i\eta) \left(\frac{\beta_j - ik}{\beta_j + ik} \right)^{i\eta} \frac{1}{k^2 + \beta_j^2} \quad (19)$$

Формула (17) позволяет осуществить аналитическое продолжение матричных элементов $\langle \chi_1 | g^c(Z) | \chi_2 \rangle$ и функции $\omega(Z)$ на нефизический лист энергий.

Параметры, задающие функцию $\omega(Z)$, определялись с помощью формул (14) и (15), и сопоставления с экспериментальными данными по сечению реакции синтеза, которые, в свою очередь, задавались с помощью параметризации из работы [13]. Результаты расчета показали, что наилучшее согласие с экспериментальными данными достигается при следующем наборе параметров:

$$N = 8, \quad \varepsilon_R = 85, \quad \Gamma_{\alpha n} = 148, \quad \Gamma_{dt} = 165 \text{ (кэВ)}$$

При этом относительная точность описания экспериментальных данных в диапазоне $E \leq 300$ кэВ была не хуже 2.5%.

Резонансный полюс расположен при энергии $Z_R = (51 - i33)$ кэВ, причем его местоположение слабо меняется при переходе к $N = 6$ или $N = 4$ или расширении диапазона энергий до 500 кэВ. Полученный результат близок к приведенным ранее результатам работ [8, 18, 21]. В комплексной плоскости k резонансный полюс расположен в точке $k_R = (57 - i17) \cdot 10^{-3}$ Фм⁻¹. Теневой полюс располагается в точке $k_S = (-69 - i0.7) \cdot 10^{-3}$ Фм⁻¹, или по энергии в точке $Z_R = (82 + i1.6)$ кэВ, $-2\pi < \arg Z_S < -\pi$, что несколько отличается от результатов [8, 18], но качественно согласуется с результатами [21] $Z_S = (77 + i14)$ кэВ.

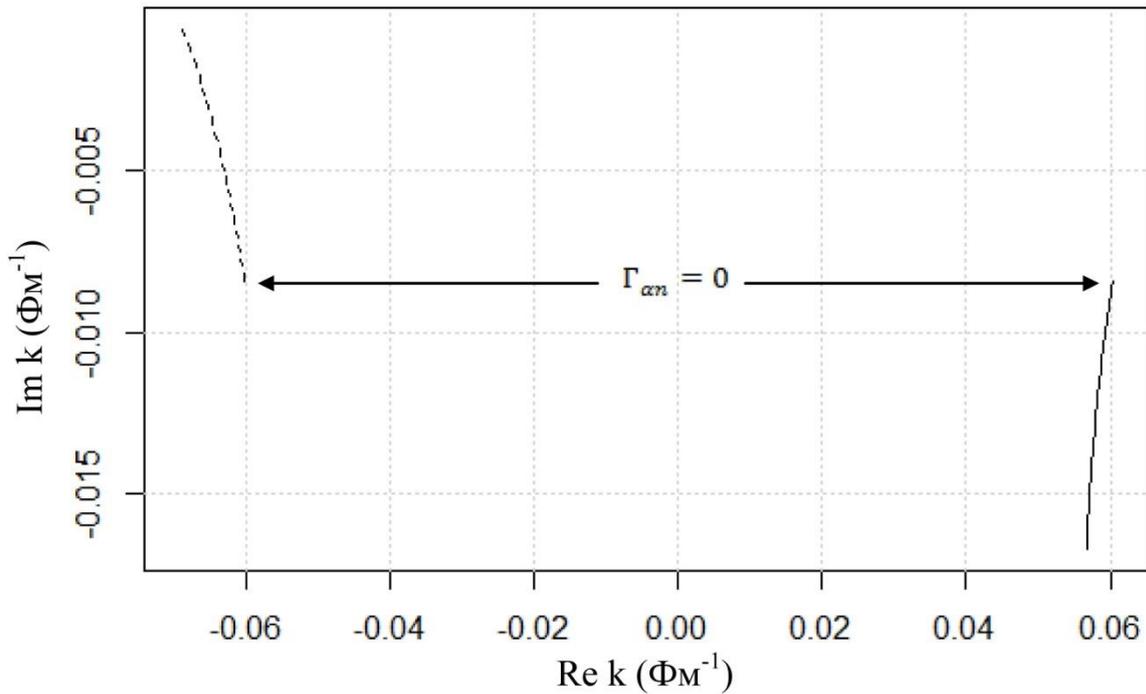


Рис. 1. Движение полюсов в комплексной плоскости k при изменении параметра $\Gamma_{\alpha n}$ – сплошная линия соответствует резонансному полюсу, прерывистая – теневому полюсу

На рис. 1 показано движение резонансного и теневого полюсов в комплексной плоскости k в зависимости от параметра $\Gamma_{\alpha n}$, который изменяется от 0 (что соответствует одноканальной задаче, когда $k_S = -k_R^*$ [8, 20]) до значения 148 кэВ. Видно, что каждый из полюсов оказывается в том же квадранте, что и при $\Gamma_{\alpha n} = 0$, т.е. при всех $\Gamma_{\alpha n}$ $\text{Im } k_{R,S} < 0$. На рис. 2 движение резонансного и теневого полюсов показано в плоскости комплексных энергий. Следует отметить, что параметры теневого полюса очень чувствительны к величине сечения в пике, как это ранее отмечалось в [8]. Если следовать [7], где рекомендованное значение $\sigma_{\max} = 4.88$ б (в отличие от параметризации [13], где $\sigma_{\max} = 5.065$ б), теновой полюс оказывается в точке $85 + i7$ кэВ. Для резонансного полюса при изменении σ_{\max} получается следующий результат: $56 - i34$ кэВ.

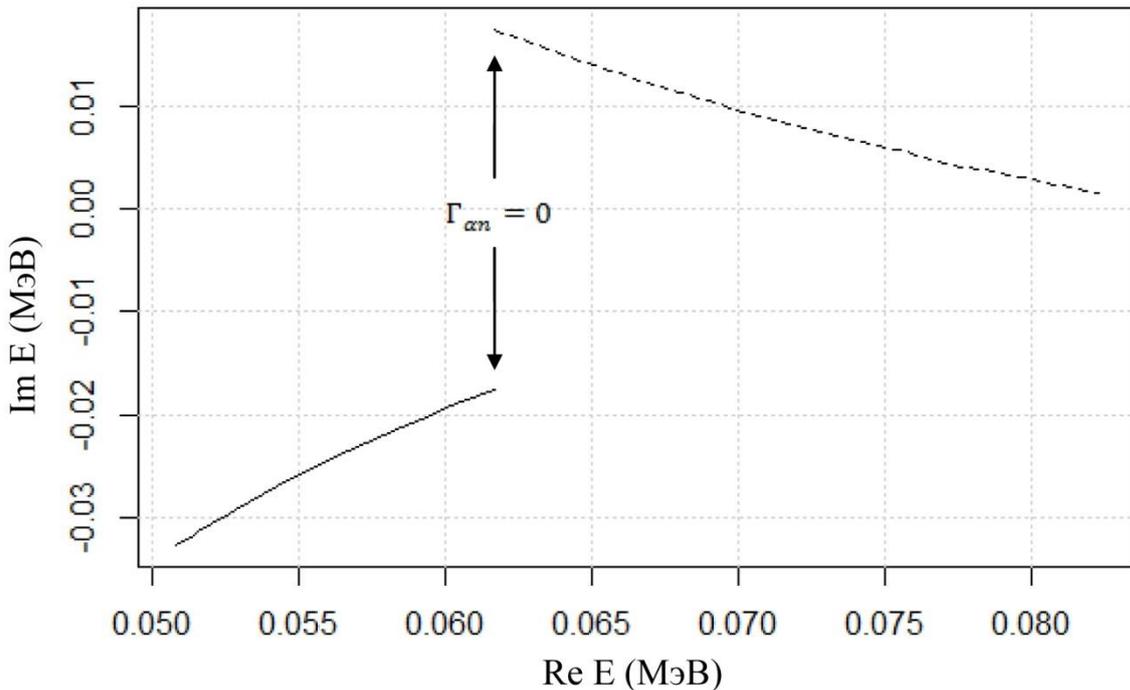


Рис. 2. То же, что на рис. 1 в комплексной плоскости E

Таким образом, резонансный полюс локализован в окрестности точки $E_R = 52$ кэВ с точностью 5%, и имеет ширину $\Gamma = 66$ кэВ с точностью 1%. В случае теневого полюса $E_S = 82$ кэВ с точностью 1% и $\Gamma \sim$ нескольких кэВ. Возможная причина различия в параметрах Z_R и Z_S , полученных в [8, 18, 21] и настоящей работе, заключается в использовании различных наборов экспериментальных данных. Этому обстоятельству, как и описанию параметров удалённых от Z_R и Z_S полюсов и кулоновских полюсов, описанных ранее в [21], будет посвящена отдельная работа.

Список литературы

1. Комаров В.В., Попова А.М., Карманов Ф.И., Шаблов В.Л., Немец О.Ф., Павленко Ю.Н., Пугач В.М. Свойства рассеяния двухфрагментных систем, образующихся в многочастичных ядерных реакциях // Физика элементарных частиц и атомного ядра. –1992. –Т. 23 –№4. – с. 1035-1087.
2. Fazio G., Giardina G., Karmanov F.I., Shablov V.L. Properties of the resonance scattering in two-fragment systems formed in many-particle nuclear reactions // Int. Journ. Mod. Phys. E. –1996, –v. 5. –№ 1. –p. 175-190.
3. Pavlenko Yu.N. The method of branching ratio measurements for nuclear unbound states produced by three particle reactions // Problems of Atomic Science and Technology. –2005. –№6. – p. 11-16.
4. Pavlenko Yu.N., Dobrikov V.N., Dorosko N.L., Gorpinich O.K., Korzina T.A., Kiva V.O., Shablov V.L., Tyras I.A. Decay properties of short lived resonances of light nuclei in many particle nuclear reactions // Int. Journ. Mod. Phys. E. –2010. –v. 19. –№ 5-6. –p. 1220-1226.
5. Arena N., Cavallaro S., Fazio G. et al. Three-body effects in the ${}^7\text{Li}(d, \alpha n)$ reaction // Phys. Rev. C. –1989. –v. 40. –№1. –p. 55-58.
6. Тырас И.А., Шаблов В.Л. Моделирование динамики взаимодействия в конечном состоянии ядерных реакций с заряженными частицами // Изв. вузов. Ядерная энергетика. – 2007. –т. 3. –№ 2. –с. 127-131.
7. Tilley D.R., Kelley J.H., Godwin J.L. et al. Energy levels of light nuclei A=5, 6, 7 // Nucl. Phys. A. –2002. –v.708. –p. 3-163.
8. Bogdanova L.N., Hale G.M., Markushin V.E. Analytical structure of S-matrix for the coupled channel problem $d + t \rightarrow n + \alpha$ and the interpretation of the $J^\pi = \frac{3}{2}^+$ resonance in the ${}^5\text{He}$ // Phys. Rev. C. –1991. –v.44. –n.4. –p. 1289-1295.
9. Feshbach H. A Unified Theory of Nuclear Reactions // Ann. of Phys. –1958. –v. 5. –p. 357-390.
10. Вильдермут К., Тан Я. Единая теория ядра. –М., Мир, 1980. –502с.
11. Комаров В.В., Попова А.М., Шаблов В.Л. Динамика систем нескольких квантовых частиц. –М., изд-во Московского университета, 1996. –335 с.
12. Шаблов В.Л., Виницкий П.С., Попов Ю.В., Кузаков К.А. Борновский ряд в теории ионизации атома электронным ударом // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2010. –т. 41. –Вып. 2. –с. 607-650.
13. Bosch H.-S., Hale G.M. Improved formulas for fusion cross-sections and thermal reactivities // Nuclear Fusion. –1992. –v. 32, –№4. –p. 618-622.
14. Hostler L. Coulomb Green's functions and the Furry approximation // J. Math. Phys. –1964. – v. 5. –p. 591-611.
15. Bilyk V.A., Shablov V.L., Krstik S., Shultz D.R. Coulomb effects in the interaction of a charged particle with a two-fragment system // J. Phys. A. –1998. –v. 31. –№ 20. –p. 4743-4754.
16. Бейтмен Г., Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции. т. 1. –М., наука, 1973. –295 с.
17. Nordsieck A. Reduction of an integral in the theory of bremsstrahlung // Phys. Rev. –1954. – v.93. –№4. –p.785-787.
18. Hale G.M., Ronald E.B., Nelson J. Pole structure of the $J^\pi = \frac{3}{2}^+$ resonance in ${}^5\text{He}$. // Phys. Rev. Lett. –1987. –v. 59, –№7. –p. 763-766.
19. Меркурьев С.П., Фаддеев Л.Д. Квантовая теория рассеяния для систем нескольких частиц. –М., Наука, 1985. –400с.
20. Тейлор Дж. Теория рассеяния. Квантовая теория нерелятивистских столкновений. –М., Мир, –1975 –565 с.
21. Карнаков Б.М., Мур В.Д., Поздняков С.Г., Попов В.С. Аналитическая структура амплитуды dt- рассеяния вблизи упругого порога. // Письма в ЖЭТФ. –1990. –т. 51. –вып. 7. –с. 352-355.

01.04.14

С.В. Рыков, И.В. Кудрявцева

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, toggl@yandex.ru

**ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МАСШТАБНОГО УРАВНЕНИЯ
В ФИЗИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ**

На основе феноменологической теории критических явлений с использованием в качестве базовых функций изотермической сжимаемости и изохорной теплоемкости построено масштабное уравнение в физических переменных. Показано, что предложенное уравнение согласуется с теорией критических явлений Мигдала А.А.

Ключевые слова: *линия псевдокритических точек, критические индексы, гипотеза Бенедика, масштабное уравнение, линейная модель.*

Проблема расчета равновесных свойств жидкости и газа в широкой области параметров состояния, включающей окрестность критической точки, в конце прошлого века нашла свое решение на основе фундаментальных уравнений жидкости и газа [1–3], разработанных в переменных плотность ρ и температура T и структурно включающих масштабные функции $a(x)$ свободной энергии $F(\rho, T)$. Покажем, что масштабные функции в переменных ρ и T , также как и уравнения Скофилда-Литстера-Хо (ЛМ) и Литстера-Хо (КБ) (см., например, [4]), могут быть строго рассчитаны в рамках феноменологической теории [5].

Представим масштабную гипотезу в виде:

$$\Delta\mu \cdot (C_v)^{\frac{\gamma+\beta}{\alpha}} = \varphi_0 \cdot m + \varphi_3 \cdot m^3 + \varphi_5 \cdot m^5 + \dots, \quad m = \Delta\rho \cdot (C_v)^{\frac{\beta}{\alpha}}, \quad (1)$$

где $\Delta\mu = \rho / p_c (\mu(\rho, T) - \mu_0(T))$; $\tau = T / T_c - 1$; $\mu_0(T)$ – регулярная функция температуры T ; $\Delta\rho = \rho / \rho_c - 1$; ρ – плотность; ρ_c , p_c , T_c – критические плотность, давление и температура, соответственно; α , β и γ – критические индексы изохорной теплоемкости C_v , кривой сосуществования и коэффициента изотермической сжимаемости K_T , соответственно; φ_{2i-1} – постоянные коэффициенты ($i = 1, 2, \dots$).

Выражение для C_v выберем исходя из гипотезы Бенедика [6]:

$$C_v = A_1 |\Delta\rho|^{-\alpha/\beta} |x + x_1|^{-\alpha}, \quad (2)$$

где $x = \tau / |\Delta\rho|^{1/\beta}$ – масштабная переменная; x_1 – постоянная.

Из уравнения состояния (1), подставляя в него (2), получим искомое масштабное уравнение в переменных плотность-температура [7]:

$$\Delta\mu = A_1 \Delta\rho |\Delta\rho|^{\delta-1} \left((x + x_1)^\gamma + \varphi_{31} (x + x_1)^{\gamma-2\beta} \right). \quad (3)$$

Из (3) следует, что масштабная функция химического потенциала $h(x)$ в рамках рассматриваемого подхода имеет вид:

$$h(x) = A_1 \left((x + x_1)^\gamma + \varphi_{31} (x + x_1)^{\gamma-2\beta} \right). \quad (4)$$

Заметим, что функция (4) имеет принципиально другую структуру, чем масштабная функция химического потенциала Безверхова-Мартынецца-Матизена (БММ):

$$h_M(x) = A \left((x + x_1)^\gamma - (x_1 - x_0)^\gamma \right). \quad (5)$$

Функция БММ (5), также как и большинство масштабных функций в физических переменных [1–3, 8, 9], сконструирована, но, в отличие от функций [1–3, 8, 9], не удовлетворяет гипотезе об одинаковом характере поведения C_V на критической и околокритических изохорах.

Уравнение ЛМ:

$$\Delta\mu = (a/k)\Delta\rho|\Delta\rho|^{\delta-1}(1-\theta^2)(1-b^2\theta^2)^{-\gamma}x^\gamma, \quad (6)$$

где $x = (1-b^2\theta^2)/(k|\theta|)^{1/\beta}$, $k = (b^2-1)^\beta x_0^{-\beta}$, $b = \sqrt{(\gamma-2\beta)/(\gamma(1-2\beta))}$, получило широкое распространение при оценке количественных характеристик масштабных функций в физических переменных [10]. Воспользуемся приведенной в [10] методикой для численной оценки функций (4) и (5).

Потребуем, чтобы выполнялись следующие равенства:

$$h(x)|_{x \rightarrow \infty} = h_l(x)|_{x \rightarrow \infty}, \quad h(x)|_{x=0} = h_l(x)|_{x=0}, \quad (7)$$

где $h_l(x)$ – масштабная функция химического потенциала ЛМ:

$$h_l(x) = (a/k)(1-\theta^2)(1-b^2\theta^2)^{-\gamma}x^\gamma. \quad (8)$$

Из проведенного сравнения масштабных функций ЛМ с соответствующими масштабными функциями, рассчитанными на основе (4) и (5), следует, что отклонения между ними превосходят 30%.

Воспользуемся теперь теорией критических явлений [5], в рамках которой масштабная гипотеза имеет вид:

$$\Delta\mu \cdot K_T^{(\gamma+\beta)/\gamma} = \varphi_0 \cdot m + \varphi_3 \cdot m^3 + \dots, \quad m = \Delta\rho \cdot K_T^{\beta/\gamma}. \quad (9)$$

Выражение для K_T выберем исходя из гипотезы об одинаковом характере поведения K_T на критической и околокритических изохорах:

$$K_T = A_2|\Delta\rho|^{-\gamma/\beta}|x+x_2|^{-\gamma}, \quad (10)$$

где A_2 и x_2 – постоянные.

Подставляя (11) в (10) получим:

$$\Delta\mu = A_2\Delta\rho|\Delta\rho|^{\delta-1}\left((x+x_2)^\gamma + \phi_{32}(x+x_2)^{\gamma-2\beta}\right) \quad (11)$$

Суперпозиция (1) и (19) приводит к следующей масштабной функции:

$$h_1(x) = A\left((x+x_1)^\gamma - (x_1/x_2) \cdot (x+x_2)^\gamma + \phi_3(x+x_1)^{\gamma-2\beta}\right). \quad (12)$$

Чтобы удовлетворить требованию $\mu^+ = \mu^-$ на линии насыщения, выберем значение параметра ϕ_{32} из условия $h(x=-x_0) = 0$:

$$\phi_3 = -\left((\varphi_1-1)^\gamma - \varepsilon(\varphi_2-1)^\gamma\right)(\varphi_1-1)^{-\gamma+2\beta}x_0^{2\beta}, \quad (13)$$

где $\varepsilon = x_1/x_2$, $\varphi_2 = x_2/x_0$.

Подставим найденное значение ϕ_3 в (12), и, выполнив замену переменной x на $\varphi = x/x_0$, в результате получим следующее выражение для $h_1(x)$:

$$h_1(x) = \frac{a \cdot x_0^\gamma}{k(1-\varepsilon)}\left((\varphi+\varphi_1)^\gamma - \varepsilon(\varphi+\varphi_2)^\gamma + \phi_3(\varphi+\varphi_1)^{\gamma-2\beta}\right). \quad (14)$$

Для определения значений параметров $\varphi_1 = x_1 / x_0$ и $\varphi_2 = x_2 / x_0$ воспользуемся равенствами:

$$h_1(x)|_{x=0} = h_l(\theta)|_{\theta=\pm 1/b} \text{ и } f(x)|_{x=0} = f_l(\theta)|_{\theta=\pm 1/b}, \quad (15)$$

где масштабная функция изохорной теплоемкости, полученная на основе (12), имеет вид:

$$f(x) = \frac{\gamma_1}{A} \frac{\beta}{x_1^{2\beta}} \left(\frac{\frac{1}{\alpha} + S_1 + \phi_3 \frac{F}{x_1^{2\beta}} \left(\frac{1}{\alpha} + S_3 \right)}{(x+x_1)^\alpha} - \frac{\left(\frac{x_1}{x_2} \right)^{2\beta+1} \left(\frac{1}{\alpha} + S_2 \right)}{(x+x_2)^\alpha} \right). \quad (16)$$

Здесь $F = (\gamma - 2\beta)(\gamma - 2\beta - 1) / (\gamma(\gamma - 1))$;

$$S_i = \sum_{n=1}^N \frac{\prod_{i=1}^n (2\beta - i)}{(\alpha + n)n!} \frac{(-1)^n x^n}{(x+x_i)^n}, \quad (i=1,2); \quad S_3 = \sum_{n=1}^N \frac{\prod_{i=1}^n (4\beta - i)}{(\alpha + n)n!} \frac{(-1)^n x^n}{(x+x_1)^n}.$$

Подставим масштабные функции (8), (14), (16) и масштабную функцию изохорной теплоемкости ЛМ:

$$f_l(x) = ak\gamma(\gamma - 1)(k|\theta|)^{\alpha/\beta} (2\alpha b^2)^{-1} \quad (17)$$

в равенства (15) и решая полученную таким образом систему уравнений найдем искомые значения параметров φ_1, φ_2 : $\varphi_1 = 4,53137$ и $\varphi_2 = 5,68899$.

Представленные на рис. 1. отклонения между масштабными функциями, рассчитанными на основе (12) и функциями ЛМ (8), (17), $h'_l(x)$ значительно меньше, чем между масштабными функциями, рассчитанными из уравнения (3) и масштабной функции $h_M(x)$ (5). Отметим, что в рамках предложенного подхода, как это следует из анализа (12) и (16), уравнение $x = -x_1$ описывает линию псевдокритических точек [9].

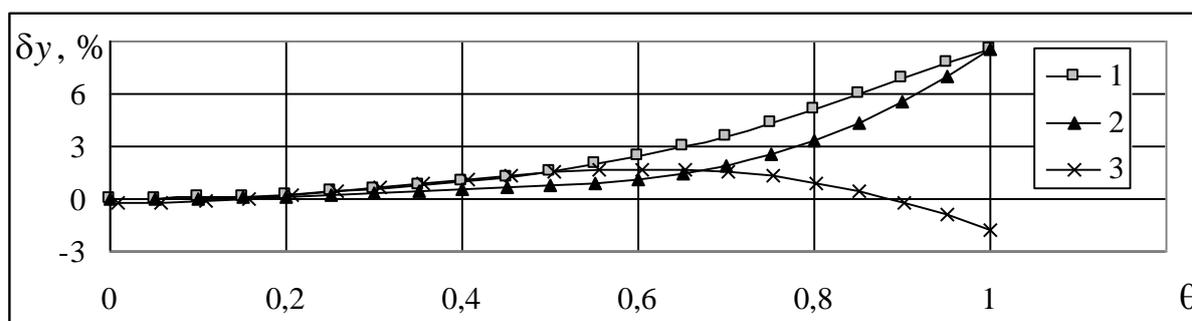


Рис. 1. Относительные отклонения δy масштабных функций, рассчитанных на основе выражения (12) от соответствующих масштабных функций ЛМ: 1 – $y = h(x)$; 2 – $y = h'(x)$; 3 – $y = f(x)$.

Полученное в данной работе масштабное уравнение состояния согласуется с феноменологической теорией критических явлений [5] и имеет лучшие расчетные характеристики, чем уравнение БММ (5). Результаты данной работы позволяют уточнить структуру сингулярной составляющей фундаментального уравнения состояния [1] и повысить точность описания критической и метастабильной областей термодинамической поверхности.

Список литературы

1. Кудрявцева И.В., Рыков А.В., Рыков В.А. Метод расчета равновесных свойств сверхкритических флюидов, используемых в СКФ-технологиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2. С. 29.
2. Рыков А.В., Кудрявцева И.В., Рыков В.А. Асимметричное масштабное уравнение состояния хладона R23 // Вестник Международной академии холода. 2012. № 4. С. 26–28.
3. Kozlov A.D., Lysenkov V.F., Popov P.V., Rykov V.A. Single non-analytic equation of R218 chladon state // Инженерно-физический журнал. 1992. Т. 62. № 6. С. 840–847.
4. Лысенков В.Ф., Попов П.В., Рыков В.А. Параметрические масштабные уравнения состояния для асимптотической окрестности критической точки // Обзоры по теплофизическим свойствам веществ. 1992. № 1. С. 78.
5. Мигдал А.А. Уравнение состояния вблизи критической точки // ЖЭТФ. 1072. Т. 62. № 4. С. 1559–1573.
6. Benedek G.B. Optical mixing spectroscopy, with applications to problem in physics, chemistry, biology and engineering // Polarisation, matiere et rayonnement. Presses Universitaires de France, Paris. 1969, p. 49.
7. Кудрявцева И.В., Рыков С.В., Рыков В.А. Непараметрическое уравнение состояния скейлингового вида и расчет равновесных свойств сверхкритических флюидов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2. С. 28.
8. Rykov V.A., Varfolomeeva G.B. Method of determining a structural form of the free energy satisfying the requirements of the scaling hypothesis // Journal of Engineering Physics. 1985. Т. 48. № 3. С. 341–345.
9. Rykov V.A. Structure of the singular terms in the free energy correctly reproducing the nonasymptotic corrections to the thermodynamic functions // Journal of Engineering Physics. 1986. Т. 49. № 6. С. 1502–1508.
10. Рыков А.В., Кудрявцев Д.А., Рыков В.А. Метод расчета параметров масштабной функции свободной энергии // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 5. С. 50–53.

01.01.02

А.С. Рябенко

Воронежский государственный университет, математический факультет,
кафедра уравнений в частных производных и теории вероятностей, alexr-83@yandex.ru

АПРИОРНЫЕ ОЦЕНКИ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С КОМПЛЕКСНЫМ ПАРАМЕТРОМ

Рассматривается краевая задача с комплексным параметром, порожденная первой начально-краевой задачей для уравнения теплопроводности на отрезке. Построены априорные оценки решения задачи, когда параметр принадлежит комплексной плоскости с разрезом по отрицательной части вещественной оси, а также при малых значениях параметра.

Ключевые слова: *априорные оценки, уравнения с параметрами, краевая задача, теплопроводность.*

Введение

Исследование эволюционных уравнений и систем, в том числе поведения их решений при большом времени, можно проводить, основываясь на исследовании поведения решений дифференциальных уравнений с параметрами (см. [1]-[3]). При этом поведение решений эволюционных уравнений и систем при большом времени тесно связано с зависимостью решений соответствующих дифференциальных уравнений с параметрами от параметров (см. [4]-[6]).

В работе рассматривается следующая краевая задача с комплексным параметром γ :

$$\frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} - \gamma b^2(x)u(x, \gamma) = -f(x, \gamma), \quad x \in [0; d], \quad (1)$$

$$u(0, \gamma) = 0, \quad u(d, \gamma) = 0. \quad (2)$$

Так, к примеру, задачу (1)-(2) можно получить из следующей начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial v(x, t)}{\partial t} - a^2(x) \frac{\partial^2 v(x, t)}{\partial x^2} = f(x, t), \quad x \in [0; d], \quad t > 0,$$

$$v(0, t) = 0, \quad v(d, t) = 0, \quad v(x, 0) = 0,$$

если формально применить к этой задаче преобразование Лапласа по переменной t ($L_{t \rightarrow \gamma}$) и ввести следующие обозначения:

$$u(x, \gamma) = L_{t \rightarrow \gamma} [v(x, t)] = \int_0^{\infty} e^{-\gamma t} v(x, t) dt, \quad a^2(x) = b^{-2}(x), \quad f(x, \gamma) = \frac{L_{t \rightarrow \gamma} [f(x, t)]}{a^2(x)}.$$

В дальнейшем предполагается, что $\varphi = \arg \gamma$, $b(x)$ – вещественнозначная функция, принадлежащая пространству $\tilde{N}([0; d])$, и существует константа c_1 такая, что при $x \in [0; d]$ $0 < c_1 \leq |b(x)|$.

Пусть функции $g_1(x, \gamma)$ и $g_2(x, \gamma)$ являются комплекснозначными функциями действительного переменного $x \in [0; d]$. Через $\|g_1(x, \gamma)\|$ и $(g_1(x, \gamma), g_2(x, \gamma))$ будут обозначаться норма и скалярное произведение по переменной x в пространстве $L_2([0; d])$

при фиксированном значении параметра γ , а через $\bar{g}_1(x, \gamma)$ будет обозначаться функция комплексносопряженная с функцией $g_1(x, \gamma)$.

Априорные оценки решения задачи (1)-(2)

Справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Пусть $\gamma \neq 0, |\varphi| \in [0; \pi - \varepsilon^0]$, где $\varepsilon^0 > 0$, функция $u(x, \gamma)$ является решением задачи (1)-(2), а функция $f(x, \gamma)$ принадлежит пространству $L_2([0; d])$ по переменной x . Тогда будет выполнена оценка

$$\left\| \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \right\| + |\gamma|^{1/2} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\| + |\gamma| \|u(x, \gamma)\| \leq c \|f(x, \gamma)\|.$$

Доказательство. Умножив уравнение (1) на функцию $\bar{u}(x, \gamma)$ и проинтегрировав результат по x от 0 до d , получим равенство

$$\int_0^d \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \bar{u}(x, \gamma) dx - \gamma \int_0^d b^2(x) u(x, \gamma) \bar{u}(x, \gamma) dx = - \int_0^d f(x, \gamma) \bar{u}(x, \gamma) dx. \quad (3)$$

В силу граничных условий (2) справедливо равенство

$$\int_0^d \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \bar{u}(x, \gamma) dx = - \int_0^d \left| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right|^2 dx.$$

С учетом последнего равенства из (3) получаем, что

$$\int_0^d \left| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right|^2 dx + \gamma \int_0^d b^2(x) |u(x, \gamma)|^2 dx = (f(x, \gamma), u(x, \gamma)). \quad (4)$$

Запишем действительную и мнимую части равенства (4):

$$\int_0^d \left| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right|^2 dx + |\gamma| \cos \varphi \int_0^d b^2(x) |u(x, \gamma)|^2 dx = \operatorname{Re}(f(x, \gamma), u(x, \gamma)), \quad (5)$$

$$|\gamma| \sin \varphi \int_0^d b^2(x) |u(x, \gamma)|^2 dx = \operatorname{Im}(f(x, \gamma), u(x, \gamma)). \quad (6)$$

При $0 \leq |\varphi| \leq \frac{\pi}{2} - \varepsilon^0$ существует $\varepsilon > 0$, такое что $\varepsilon \leq \cos \varphi$. Введем обозначение

$b_0^2 = \min_{x \in [0; d]} b^2(x)$, тогда из (5) следует оценка

$$\int_0^d \left| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right|^2 dx + \varepsilon b_0^2 |\gamma| \int_0^d |u(x, \gamma)|^2 dx \leq |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))|. \quad (7)$$

При $\frac{\pi}{2} - \varepsilon^0 \leq |\varphi| \leq \pi - \varepsilon^0$ существует $\varepsilon > 0$, такое что $|\sin \varphi| \geq \varepsilon$, тогда из (6) получим оценку

$$b_0^2 \varepsilon |\gamma| \int_0^d |u(x, \gamma)|^2 dx \leq |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))|. \quad (8)$$

Из (7) и (8) следует, что при $0 \leq |\varphi| \leq \pi - \varepsilon^0$ выполнена оценка

$$b_0^2 \varepsilon |\gamma| \|u(x, \gamma)\|^2 \leq |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))|. \quad (9)$$

Отметим справедливость следующей оценки при произвольном $\varepsilon_1 > 0$:

$$|(f(x, \gamma), u(x, \gamma))| \leq \|f(x, \gamma)\| \|u(x, \gamma)\| \leq \frac{\|f(x, \gamma)\|^2}{2\varepsilon_1} + \frac{\varepsilon_1 \|u(x, \gamma)\|^2}{2}. \quad (10)$$

Из (9) и (10) следует оценка

$$|\gamma| \|u(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{|(f(x, \gamma), u(x, \gamma))|}{b_0^2 \varepsilon} \leq \frac{\|f(x, \gamma)\|^2}{2b_0^2 \varepsilon \varepsilon_1} + \frac{\varepsilon_1 \|u(x, \gamma)\|^2}{2b_0^2 \varepsilon}.$$

Положив в последнем неравенстве $\varepsilon_1 = b_0^2 \varepsilon |\gamma|$, получим оценку

$$|\gamma| \|u(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{\|f(x, \gamma)\|^2}{2b_0^4 \varepsilon^2 |\gamma|} + \frac{|\gamma| \|u(x, \gamma)\|^2}{2},$$

из которой следует, что

$$|\gamma|^2 \|u(x, \gamma)\|^2 \leq c \|f(x, \gamma)\|^2. \quad (11)$$

Введем обозначение $b_1^2 = \max_{x \in [0; d]} b^2(x)$, тогда из (5) следует неравенство

$$\begin{aligned} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 &= \operatorname{Re}(f(x, \gamma), u(x, \gamma)) - |\gamma| \cos \varphi \int_0^d b^2(x) |u(x, \gamma)|^2 dx \leq \\ &\leq |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))| + |\gamma| b_1^2 \|u(x, \gamma)\|^2. \end{aligned} \quad (12)$$

При помощи неравенства Коши-Буняковского получаем оценку

$$|\gamma| |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))| = |(f(x, \gamma), |\gamma| u(x, \gamma))| \leq \frac{\|f(x, \gamma)\|^2}{2} + \frac{\|u(x, \gamma)\|^2 |\gamma|^2}{2}. \quad (13)$$

Умножим неравенство (12) на $|\gamma|$, тогда с учетом (11) и (13) получим оценку

$$\begin{aligned} |\gamma| \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 &\leq |\gamma| |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))| + |\gamma|^2 b_1^2 \|u(x, \gamma)\|^2 \leq \\ &\leq \frac{\|f(x, \gamma)\|^2}{2} + \left(\frac{1}{2} + b_1^2\right) |\gamma|^2 \|u(x, \gamma)\|^2 \leq c_1 \|f(x, \gamma)\|^2. \end{aligned} \quad (14)$$

Для оценки $\left\| \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \right\|$ запишем уравнение (1) в виде

$$\frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} = \gamma b^2(x) u(x, \gamma) - f(x, \gamma). \quad (15)$$

Из последнего равенства и (11) получаем оценку:

$$\begin{aligned} \left\| \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \right\| &\leq b_1^2 |\gamma| \|u(x, \gamma)\| + \|f(x, \gamma)\| \leq \\ &\leq R (|\gamma| \|u(x, \gamma)\| + \|f(x, \gamma)\|) \leq c \|f(x, \gamma)\|, \end{aligned} \quad (16)$$

где $R = \max\{b_1^2, 1\}$.

Из (11), (14) и (16) следует утверждение теоремы.

Теорема доказана.

В [7] было доказано, что если $v(x)$ – вещественнозначная функция, принадлежащая пространству $C^1([0;1])$, и $v(0) = v(1) = 0$, то

$$\int_0^1 (v(x))^2 dx \leq \frac{\pi}{8} \int_0^1 (v'(x))^2 dx.$$

По аналогии доказывается, что если $v(x)$ – вещественнозначная функция, принадлежащая пространству $C^1([0;d])$, и $v(0) = v(d) = 0$, то

$$\int_0^d (v(x))^2 dx \leq \frac{\pi d^2}{8} \int_0^d (v'(x))^2 dx. \tag{17}$$

В следующей лемме проводится обобщение неравенства (17) на случай комплекснозначных функций. Эта лемма полезна при получении оценок для решения задачи (1)-(2) при достаточно малых γ .

Лемма 1. Пусть $u(x, \gamma)$ является решением задачи (1)-(2), тогда будет выполнена оценка

$$\|u(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{\pi d^2}{8} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2.$$

Доказательство. Нетрудно видеть, что функции $u(x, \gamma)$ и $\frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x}$ представимы в виде

$$u(x, \gamma) = u_1(x, \gamma) + iu_2(x, \gamma), \quad \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} = \frac{\partial u_1(x, \gamma)}{\partial x} + i \frac{\partial u_2(x, \gamma)}{\partial x},$$

где $u_1(x, \gamma), u_2(x, \gamma)$ – вещественнозначные функции. Из (2) следует, что

$$u_1(0, \gamma) = u_2(0, \gamma) = u_1(d, \gamma) = u_2(d, \gamma) = 0. \tag{18}$$

Из (17) и (18) получаем, что при $n = 1, 2$

$$\|u_n(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{\pi d^2}{8} \left\| \frac{\partial u_n(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2.$$

С учетом последних равенств получаем, что

$$\begin{aligned} \|u(x, \gamma)\|^2 &= \|u_1(x, \gamma)\|^2 + \|u_2(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{\pi d^2}{8} \left(\left\| \frac{\partial u_1(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 + \left\| \frac{\partial u_2(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 \right) = \\ &= \frac{\pi d^2}{8} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2. \end{aligned}$$

Лемма доказана.

При помощи оценки из леммы 1 доказывается следующая теорема.

Теорема 2. Если существует такая положительная константа ε , что при $|\gamma| \leq \varepsilon$ функция $f(x, \gamma)$ принадлежит пространству $L_2([0;d])$ по переменной x , а функция $u(x, \gamma)$ является решением задачи (1)-(2), то найдется такая положительная константа ε_2 , что при $|\gamma| \leq \varepsilon_2$ будет выполнена оценка

$$\left\| \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \right\| + \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\| + \|u(x, \gamma)\| \leq c \|f(x, \gamma)\|.$$

Доказательство. Запишем неравенство (12) в виде

$$\frac{1}{2} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 - |\gamma| b_1^2 \|u(x, \gamma)\|^2 \leq |(f(x, \gamma), u(x, \gamma))|. \quad (19)$$

Положив в (10) $\varepsilon_1 = \frac{4}{\pi d^2}$, получаем, что

$$|(f(x, \gamma), u(x, \gamma))| \leq \frac{\pi d^2}{8} \|f(x, \gamma)\|^2 + \frac{2}{\pi d^2} \|u(x, \gamma)\|^2. \quad (20)$$

Воспользовавшись (20), леммой 1 и (19), получаем неравенство

$$\frac{1}{2} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 + \frac{4}{\pi d^2} \|u(x, \gamma)\|^2 - |\gamma| b_1^2 \|u(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{\pi d^2}{8} \|f(x, \gamma)\|^2 + \frac{2}{\pi d^2} \|u(x, \gamma)\|^2,$$

которое можно записать в виде

$$\frac{1}{2} \left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 + \frac{2}{\pi d^2} \|u(x, \gamma)\|^2 - |\gamma| b_1^2 \|u(x, \gamma)\|^2 \leq \frac{\pi d^2}{8} \|f(x, \gamma)\|^2. \quad (21)$$

Из (21) следует, что найдутся такие положительные константы ε_2 и c , что при $|\gamma| \leq \varepsilon_2$ будет выполнена оценка

$$\left\| \frac{\partial u(x, \gamma)}{\partial x} \right\|^2 + \|u(x, \gamma)\|^2 \leq c \|f(x, \gamma)\|^2. \quad (22)$$

Из (15) и (22) следует, что найдутся такие положительные константы ε_3 и c_1 , что при $|\gamma| \leq \varepsilon_3$ будет выполнена оценка

$$\left\| \frac{\partial^2 u(x, \gamma)}{\partial x^2} \right\| \leq c_1 \|f(x, \gamma)\|.$$

Утверждение теоремы следует из последней оценки и (22).

Теорема доказана.

Список литературы

1. *Эйдельман С.Д.* Параболические системы. – М: Наука, 1964. – 444 с.
2. *Агранович М.С., Вишик М.И.* Эллиптические задачи с параметром и параболические задачи общего типа // *Успехи математических наук.* – 1964. – Т. XIX, вып. 3. – С. 53-161.
3. *Глушко А.В.* Асимптотические методы в задачах гидродинамики. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – 300 с.
4. *Глушко А.В., Рябенко А.С.* Принцип локализации и оценка скорости затухания колебаний в вязкой сжимаемой стратифицированной жидкости // *Математические заметки.* – 2009, – Т.85, №4. – С. 585-593.
5. *Рябенко А.С.* Оценка при $t \rightarrow \infty$ решения задачи о распределении тепла в полупространстве с переменным коэффициентом теплопроводности // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика.* – 2007. – № 1. – С. 95-99.
6. *Карпова Ю.Ю., Рябенко А.С.* Изучение второй начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика.* – 2011. – № 1. – С. 168-174.
7. *Треногин В.А.* Функциональный анализ. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002 – 488 с.

01.02.04

Т.Ю. Тришина

Тульский государственный университет, горно-строительный факультет,
кафедра строительства, строительных материалов и конструкций,
Тула, Loranatula@gmail.com

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

В работе представлены основные физико-механические параметры конструкционных металлических материалов при пластической деформации. Проведен анализ влияния инвариантных характеристик напряжений и накопленных деформаций на рост микропор. Выявлено сильное влияние средних напряжений (гидростатического давления) на скорость роста плотности пор.

Ключевые слова: *напряжение, деформация, микропора.*

Многие технические устройства эксплуатируются в жёстких режимах. Их служебные характеристики в значительной степени определяются механическими и физико-структурными свойствами материала. Большая роль в технологическом обеспечении задаваемых физико-механических свойств материала готовых изделий принадлежит процессам обработки давлением (ОД).

В данной статье рассматриваются перспективы и проблемы применения кинетического подхода в теории и технологии обработки металлов давлением (ОМД). Кинетический подход основывается на технологическом формировании заданных и прогнозируемых как механических, так и физико-структурных характеристик обрабатываемых материалов. Оптимальное использование технологических возможностей процессов ОД также часто требует учёта структурных изменений в деформируемых материалах. Структура деформированных металлов в значительной степени определяет эксплуатационные характеристики готовых изделий. Поэтому структурные параметры могут являться одновременно и критериальными технологическими параметрами.

Важнейшей технологической характеристикой деформируемого материала является пластичность, как его способность изменять форму при тех или иных значениях термомеханических параметров без разрушения в виде макроскопического нарушения сплошности. Мерой пластичности является степень деформации, накопленная материалом к моменту разрушения. По отношению к деформируемому телу (заготовки, полуфабрикату) используется понятие деформируемости, как его способности изменять в целом свою форму при ОД без нарушения сплошности. Для решения вопроса о деформируемости проверяется возможность разрушения металла в наиболее опасных точках тела. Для такой проверки вводятся критерии использования запаса пластичности, который является и характеристикой повреждённости микродефектами. Деформационная поврежденность материала оказывает сильное влияние на эксплуатационные свойства готовых изделий, получаемых методами ОД [1].

Детальное изучение видов микродефектов выявило сильное влияние микропор на прочность деформируемых материалов. Микроструктурные исследования показали, что разрушение происходит в результате размножения, роста микропор и их объединения в крупные полостные дефекты. Крупные дефекты под действием инициирующих динамических напряжений являются источником зарождения магистральных макротрещин, означающих разрушение материала. Для оценки динамической прочности элементов конструкций вводятся критерии, учитывающие фактор времени (временные критерии /6/), например, следующего вида:

$$\int \sigma_{kk} \dot{\varepsilon}_{kk} dt = a_{np}^{(v)} \quad (1)$$

или $\alpha \Lambda_{np} \int \sigma_{kk} \dot{\varepsilon}_{kk} dt = a_{np}^{(v)}$ ($k=1, 2, 3$),

где σ_{kk} , $\dot{\varepsilon}_{kk}$ — линейная свёртка тензора напряжений и скорости деформации, соответственно;

$\dot{\omega}$ — скорость накопления повреждённости (точка означает дифференцирование по времени t);

$a_{np}^{(v)}$ — предельное значение интегральной функции (удельной работы напряжений на объёмных деформациях), соответствующее моменту макроразрушения;

Λ_{np} — предельная деформация;

α — параметр пластического разрыхления деформируемого материала.

Согласно критерию (1), разрушение в заданной точке (локальной зоне) материала изделия наступает при достижении удельной работы напряжений на объёмных деформациях (за счёт деструкции материала) предельной величины. Значительную роль в развитии объёмных деформаций играют крупные полостные дефекты, образующиеся в результате слияния пор. Экспериментальное подтверждение возможности разрушения вследствие объединения соседних микропор осуществлено К.Д. Бичеком [2] и развито в работе Н.Л. Данга [3]. Проведённые исследования по вязком разрушению пластически деформируемых металлических материалов показали определяющее влияние роста и объединения цилиндрических и сферических пустот на прочностные характеристики изделий. В связи с этим возникает вопрос о формулировке критерия микроразрушения, соответствующего образованию крупных полостных дефектов в процессе деформирования конструкционных материалов. Возможность построения кинетического соотношения для микроразрушения на основе экспериментальных данных о развитии и объединении микропор рассмотрена в работе. Плотность пор оценивается величиной

$$\bar{V}_n = \frac{V_n}{V} \text{ в объёмных задачах,} \quad (2)$$

$$\bar{F}_n = \frac{F_n}{F} \text{ в двумерных задачах,} \quad (3)$$

где V_n — объём, занятый порами в рассматриваемом объёме V материала;

F_n — площадь, занятая порами на изучаемой поверхности F сечения образца.

С помощью сканирующей электронной микроскопии установлено, что с ростом гидростатического давления, при котором осуществляется деформация, количество пор N_n уменьшается, а их размер (средняя площадь f_n видимой под микроскопом одной поры) в критический момент увеличивается. В соответствии с приведёнными экспериментальными данными приращение повреждённости деформируемого металла микропорами описывается скалярной характеристикой

$$d\nu = \frac{d\bar{F}_n}{\bar{F}_{n\text{kp}}}, \quad (4)$$

где $\bar{F}_{n\text{kp}}$ — критическая плотность пор.

Интегральное значение параметра ν изменяется в пределах $0 \leq \nu \leq 1$, где значение $\nu = 1$ соответствует стадии процесса объединения пор в крупные полостные дефекты (стадия микроразрушения).

Плотность пор и её приращение зависят от их среднего размера (средней площади поры) и количества следующим образом:

$$\bar{F}_n = \frac{F_n}{F} = \frac{f_n N_n}{F} = \bar{f}_n N_n; \quad d\bar{F}_n = \bar{f}_n dN_n + N_n d\bar{f}_n, \quad (5)$$

где \bar{f}_n — средняя плотность одной поры.

Поэтому характеристика повреждённости за время деформации t

$$v = \int_0^t \frac{\dot{\bar{F}}}{\bar{F}_{n\,kp}} dt = \int_0^t \frac{\dot{f}_n \dot{N}_n}{\bar{F}_{n\,kp}} dt + \int_0^t \frac{N_n \dot{f}_n}{\bar{F}_{n\,kp}} dt = v_N + v_f, \quad (6)$$

где $\dot{\bar{F}}_n, \dot{N}_n, \dot{f}_n$ — скорость роста плотности, числа пор, плотности одной поры, соответственно.

Решение интегрального уравнения (6) сопряжено с постановкой системы опытов по экспериментальному определению кинетики роста плотности и числа пор в деформируемых материалах. В работе использовались известные экспериментальные результаты. Экспериментальные исследования показывают сильное влияние технологических деформаций на развитие повреждённости деформируемых материалов микродефектами, в том числе, порами. При больших технологических деформациях представляется целесообразным приращение плотности пор за счёт скорости роста их количества связывать с приращением деформации, а соотношение между скоростями (приращениями) роста числа и размера пор связывать с тензорной функцией напряжений

$$\bar{f}_n \dot{N}_n dt = \chi_n H dt = \chi_n d\Lambda, \quad (11)$$

$$\zeta = \frac{N_n \dot{f}_n}{\bar{f}_n \dot{N}_n} = \frac{N_n d\bar{f}_n}{\bar{f}_n dN_n} = b_n \exp \left[a_n I_1(T_\sigma) \frac{\bar{D}_\sigma}{D_\sigma} \right] = b_n \exp(a_n \bar{\sigma}), \quad (12)$$

где χ_n, a_n, b_n — коэффициенты, зависящие от физико-структурных свойств металла и термомеханических параметров процесса деформирования;

$I_1(T_\sigma)$ — линейный инвариант тензора напряжений T_σ ;

D_σ — девиатор напряжений;

\bar{D}_σ — направляющий девиатор напряжений.

Коэффициенты a_n, b_n рассчитываются по опорными точкам опытной кривой для зависимости (12).

Критическая величина плотности пор

$$\bar{F}_{n\,kp} = \chi_f \Lambda_{np}, \quad (13)$$

где χ_f — коэффициент, связанный с физико-структурными свойствами материала.

Интегральное уравнение (6), с учётом зависимостей (11) — (13), приводится к следующему виду

$$v = \int_0^t \frac{\chi_n H}{\chi_f \Lambda_{np}} \left\{ 1 + b_n \exp \left[a_n I_1(T_\sigma) \frac{\bar{D}_\sigma}{D_\sigma} \right] \right\} dt. \quad (14)$$

Проведённые исследования показали вполне удовлетворительное соответствие критерия (14) результатам испытания изделий проникающего действия. Технологические расчёты по модели (14) подтверждают сильное влияние накапливаемой деформации и показателя напряжённого состояния $\bar{\sigma} = I_1(T_\sigma) \bar{D}_\sigma / D_\sigma$ на повреждённость деформируемых металлов микропорами.

Список литературы

1. Комплексные задачи теории пластичности / Н.Д. Тутышкин, А.Е. Гвоздев, В.И. Трегубов [и др].; под. ред. Н.Д. Тутышкина, А.Е. Гвоздева. - Тула: Тул. гос. ун-т, 2001. - 377 с.
2. *Бичем К.Д.* Разрушение. Т. 1 / Под ред. Г. Либовина: Пер. с англ. – М.: Мир, 1973. – С. 265 – 375.
3. *Dung N.L.* Plasticity Theory of Ductile Fracture by Void Growth and Coalescence // *Forsch Ingenieurw/* – 1992. – V. 58. – № 5. – P. 135 – 140.

01.02.04

Т.Ю. Тришина

Тульский государственный университет, горно-строительный факультет,
кафедра строительства, строительных материалов и конструкций,
Тула, Loranatula@gmail.com

ПРЕДЕЛЬНЫЕ КРИВЫЕ РОСТА ПОР ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

В работе рассматривается влияние микропор на прочность пластически деформируемых материалов. Зависимость роста пор, включая «стартовые» условия для начала их роста установлена на основе гипотезы макрофизической определенности и определения напряженно-деформируемого состояния в пластическом материале. Анализ показал сильное влияние среднего напряжения на скорость роста плотности пор.

Ключевые слова: напряжение, деформация, микродефект, пора.

Детальное изучение видов микродефектов выявило сильное влияние микропор на прочность деформируемых материалов. Микроструктурные исследования показали, что разрушение происходит в результате размножения, роста микропор и их объединения в крупные полостные дефекты. [1].

Пожалуй, впервые исследование роста пор провёл Макклинток. Позднее, работы Ксиаминга, Халинга, Динка, Винфрида были посвящены влиянию среднего напряжения на рост сферических пор в упрочняемых пористых материалах. Введение представления о макроэлементе, как элементарного объёма пористого материала, соответствует фундаментальной гипотезе макрофизической определенности в механике сплошной среды, так как макроэлемент воспроизводит свойства деформируемой среды (М-образца по терминологии А.А.Ильюшина) [2].

Напряжённо-деформированное состояние материала описывается в ортогональной системе криволинейных координат X_i следующими основными и определяющими уравнениями:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} = \rho(j_i - F_i), \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{N}_i}{\partial x_i} = 0, \quad (2)$$

$$f(s_{ij}, e_{ij}, T, \chi_s, \mu_k) = \frac{1}{2}(s_{ij}s_{ij} - s_{ii}s_{jj}) - \tau_s^2(e_{ij}, T, \chi_s, \mu_k) = 0, \quad (3)$$

$$\dot{e}_{ij} = \lambda \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial s_{ij}}, \quad (4)$$

$$\frac{d\mu_k}{dt} = \dot{\mu}_k(\sigma_{ij}, e_{ij}, T, \chi_s, \mu_k), \quad (5)$$

где σ_{ij} — компоненты тензора напряжений T_σ ; V_i , j_i , F_i — компоненты векторов скорости, ускорения пластического течения и плотности внешних сил, соответственно; e_{ij} — компоненты тензора деформации T_e ; ρ — плотность материала; T — термодинамическая температура; χ_s — параметры, связанные с деформациями

неголономными соотношениями; μ_k — физико-структурные параметры; $\dot{\lambda}$ — положительная скалярная величина, пропорциональная мощности пластической деформации; s_{ij} — девиаторные компоненты напряжений; \dot{e}_{ij} — компоненты скорости деформации.

Система (1) — (5) состоит из уравнений движения (1), условия несжимаемости (2), уравнения поверхности текучести (3), условия градиентности скоростей деформаций (4) и кинетических уравнений (5) для физико-структурных параметров.

Обобщённая функция текучести (3) вполне удовлетворительно описывает поведение металлических конструкционных материалов при больших конечных деформациях.

В качестве параметров χ_s , связанных с деформациями e_{ij} , принимается степень деформации сдвига (параметр Одквиста)

$$\Lambda = \int_s \sqrt{2(de_{ij}de_{ij} - de_{ii}de_{jj})}, \quad (6)$$

где de_{ij} — компоненты девиатора приращения деформации D_{de} и интенсивность скоростей деформаций сдвига, связанные неголономным уравнением

$$\frac{d\Lambda}{dt} = H. \quad (7)$$

Значения параметра Λ определяются интегрированием соотношения (6) для каждого известного пути деформации s , когда приращения деформации de_{ij} известны.

В качестве физико-структурных параметров μ_k приняты скалярные меры повреждённости материала ω и ν .

В определяющее кинетическое уравнение для повреждённости порами ν входит приращение (скорость роста пор). Экспериментальные исследования показали, что рост пор при развитии пластической деформации происходит при растягивающих средних напряжениях. В области значительных гидростатических давлений происходит, наоборот, компенсация и залечивание микродефектов. Следовательно, существует “граница” напряжённого состояния

$$f^*(\sigma_{ij}) = 0, \quad (8)$$

при переходе через которую в направлении $df^* > 0$ становится возможным рост пор. Развитие микропор в соответствии со схемой микроэлемента деформируемого материала должно приводить к существованию “стартового” условия (8) для начала роста пор.

Условие (8) должно представлять собой связь между инвариантами напряжений. Выясним эту связь. Устойчивый рост микропор вызывает появление средней скорости деформации микроэлемента, так как применительно к микроэлементу

$$f_n = \bar{V}_n^* \Delta V^* \quad \text{и} \quad \dot{f}_n = \bar{V}_n^* \Delta \dot{V}^*. \quad (9)$$

С другой стороны, линейный инвариант тензора скоростей деформаций описывает скорость относительного изменения объёма ΔV^* , то есть

$$\dot{\varepsilon}_{ii}^* = \frac{\Delta \dot{V}^*}{\Delta V^*}. \quad (10)$$

Подставляя в соотношение (10) значения ΔV^* и $\Delta \dot{V}^*$ из зависимостей (9), находим связь между скоростью линейных деформаций и скоростью роста поры

$$\dot{\varepsilon}_{ii}^* = \frac{\dot{f}_n}{f_n}. \quad (11)$$

Для установления связи скорости роста пор с напряжениями необходимо использовать определяющие соотношения, связывающие объёмные деформации со средними напряжениями. Постулируя существование связи $\dot{\varepsilon}_{ii}^* = \dot{\lambda}^{(v)} \sigma_{ii}^*$, где $\dot{\lambda}^{(v)}$ — положительный скалярный множитель, пропорциональный мощности пластической деформации при изменении объёма, находим, что

$$\dot{f}_n = \dot{\lambda}^{(v)} f_n \sigma_{ii}^* \tag{12}$$

Влияние средних напряжений на скорость роста пор приводит к предположению о зависимости (8) как связи линейного инварианта тензора напряжений $I_1(T_{\sigma^*})$ с квадратичным инвариантом девиатора напряжений $I_2(D_{\sigma^*})$ на микроуровне, то есть

$$f^*[I_2(D_{\sigma^*}), I_1(T_{\sigma^*})] = 0. \tag{13}$$

Относительно функции (13) можно сделать предположения, удовлетворяющие экспериментальным данным и положениям математической теории пластичности. Если рассматривать зависимость (13) как аналог уравнения предельной поверхности для сжимаемого пластического материала, то можно ввести следующее условие:

$$f^*[I_2(D_{\sigma^*}), I_1(T_{\sigma^*})] = I_2(D_{\sigma^*}) - [k - b \cdot I_1(T_{\sigma^*})]^2 = 0, \tag{14}$$

где b и k — параметры предельной поверхности, связанные с деформациями и пористостью.

Анализ экспериментальных данных по построению предельных поверхностей для малоуглеродистых сталей свидетельствует о параболической зависимости между квадратичным инвариантом девиатора напряжений $\sqrt{I_2(D_{\sigma^*})}$ и линейным инвариантом тензора напряжений $I_1(T_{\sigma^*})$.

$$f^*(\sigma_{ij}, e_{ij}, T, \chi_s, \mu_k) = I_2(D_{\sigma^*}) - [k - b \cdot I_1(T_{\sigma^*})]^2 = 0. \tag{15}$$

Уравнение (15) можно представить в следующем виде:

$$\bar{\sigma}_i^* = \bar{k} \sqrt{3} - 9 \sqrt{3b} \bar{\sigma}^{*2}, \tag{16}$$

где $\bar{b} = b/\sigma_s$.

Исходя из полученных результатов по анализу структурных параметров деформируемых материалов, можно сделать следующие выводы.

Детальное изучение кинетики микродефектов выявило сильное влияние микропор на прочность деформируемых материалов. Анализ показывает сильное влияние средних напряжений (гидростатического давления) на скорость роста плотности пор, особенно за счёт роста их числа.

Для разработки более совершенного критерия микроповреждённости вводятся в рассмотрение микроэлементы, как элементарные матрицы материала, содержащие каждые, например, одну пору, с характеристикой пористости \bar{V}_n . Установленная связь между скоростью объёмной деформации и инвариантами напряжений соответствует ассоциированному закону быстрого пластического течения металлов.

Список литературы

1. Колмогоров В.Л. Пластичность и разрушение / В.Л.Колмогоров, А.А.Богатов, Б.А.Мигачёв и др. – М.: Металлургия, 1977. – 336 с.
2. Макаров Э.С. Технологическая механика дилатирующих материалов / Э.С. Макаров, Н.Д. Тутьшкин, А.Е. Гвоздев и др.; под ред. Н.Д. Тутьшкина. М. - Тула: Тул. гос. ун-т, 2005 - 191 с.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

02.00.06

Е.А. Полякова, И.С. Коротнева, Б.С. Туров

Ярославский государственный технический университет,
химико-технологический факультет,
кафедра «Химия и технология биологически активных и высокомолекулярных соединений»,
Ярославль, elizaveta.ponomareva.91@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОДЕСТРУКЦИИ И
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНОГО
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

Изучены процессы биодеструкции новых полимерных композиционных материалов под действием микромицетов, методы стабилизации для продления срока эксплуатации, исследована экотоксикологическая безопасность при захоронении в почве.

Ключевые слова: *микромицеты, стабилизация, фитотестирование, экотоксикологическая безопасность.*

В настоящее время материалы на основе синтетических полимеров приобретают возрастающее значение в различных областях науки и техники, что связано, в первую очередь, с широким разнообразием их эксплуатационных свойств и долговечностью. Вместе с тем огромное количество полимерных материалов и изделий из них приводит к необходимости их уничтожения или захоронения по окончании срока службы[1]. Процессы утилизации требуют сложных технологий и не всегда экономически выгодны, поэтому все более актуальными становятся исследования по созданию биоразлагаемых полимерных композиционных материалов, изучению процессов их биодеструкции и методов регулирования срока эксплуатации.

Исследования в данной работе посвящены изучению процессов деструкции композиционных материалов на основе полисахаридов и синтетических дисперсий диен-акриловых сополимеров под влиянием факторов окружающей среды, методов их стабилизации для продления срока эксплуатации и установлению экотоксикологической безопасности[2].

Известно, что немаловажную роль в процессах деструкции материалов играют микроскопические грибы. Мощность ферментных систем, их разнообразие и лабильность позволяют этой группе живых организмов использовать в качестве источников питания различные полимеры как природного, так и синтетического происхождения[3]. Для исследования биодеструкции материала под действием плесневых грибов образцы композиционных материалов были инокулированы суспензиями микромицетов родов *Mucor*, *Saccharomyces*, *Aureobasidium*, *Acromonium*, *Cladosporium* на 28 суток. В течение периода инокуляции происходит активный рост колоний микромицетов, в результате которого материал пронизывается гифами мицелия и деструктурируется, что свидетельствует о его биодоступности и нетоксичности для различных родов плесневых культур.

Для продления срока эксплуатации в состав композиционных материалов в качестве консервантов были введены бензоат натрия и сорбат калия в различных количественных соотношениях, а также их смесь, после чего проводилось повторное тестирование. Выбор данных ингредиентов обусловлен их высокой способностью угнетать действие ферментов, рост бактерий, плесневых грибов и дрожжей, а также широким применением в пищевой и косметической промышленности зарубежного и отечественного производства, невысокой

стоимостью и доступностью. Оценка грибостойкости материалов производилась по изменению массы образцов (рисунок 1).

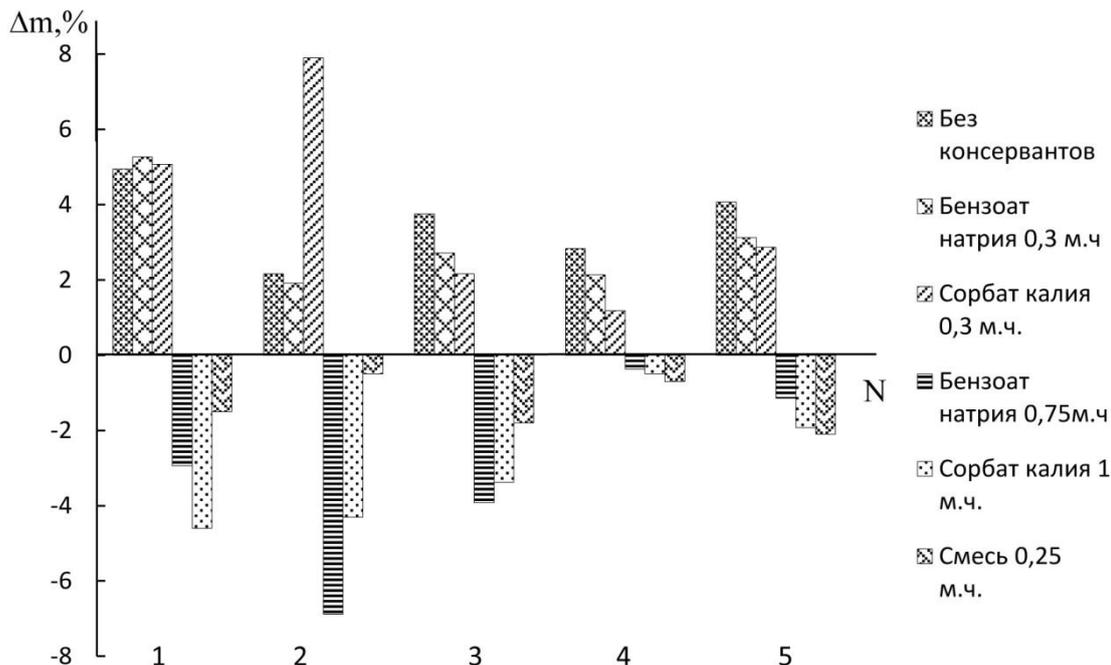


Рис. 1 – Динамика изменения массы образцов (Δm), содержащих различные консерванты, при инкубировании на них микромицетов различных родов: 1 – *Mucor*, 2 – *Saccharomyces*, 3 – *Aureobasidium*, 4 – *Acremonium*, 5 – *Cladosporium*

Для образцов композиционных материалов, не содержащих консервантов или небольшое их количество, наблюдается прирост биомассы микромицетов ввиду их активного развития. Уменьшение массы образцов, содержащих большие количества консервантов или их смесь, свидетельствует об угнетении микроскопических грибов, что сопровождается потерей влаги и предотвращением их развития. Следовательно, введение этих консервантов или их смеси в состав композиционных материалов способствует продлению срока эксплуатации, по окончании которого происходит биодеструкция без вреда для окружающей среды.

Для подтверждения нетоксичности продуктов, образующихся при деградации материалов, проводилось биотестирование с использованием кресс-салата (*Lepidium sativum*) и редиса (*Raphanus sativus*) в качестве растений-индикаторов. Выбор данных культур обусловлен быстрым прорастанием их семян и высокой всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей; побеги и корни под действием токсичных веществ подвергаются морфологическим изменениям (задержка роста, искривление побегов, уменьшение длины корней и т.д.), поэтому эти растения являются эффективными индикаторами для определения фитотоксичности почв. Для используемых биологических объектов определяли морфологические показатели и производили расчёты по всхожести семян и энергии прорастания для каждой фитотест-системы. Результаты фитотестирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения фитотоксичности почвы

Образец почвы	Контрольный образец		Выдерживание образцов композита в течение 1 месяца		Выдерживание образцов композита в течение 6 месяцев	
	кресс-салат	редис	кресс-салат	редис	кресс-салат	редис
Характеристика						
Средняя длина корня, см	1,96	14,36	2,01	14,42	2,19	16,01
Средняя длина наземной части, см	0,51	8,32	0,56	8,64	0,73	9,27
Всхожесть семян, %	93	91	97	92	99	92
Энергия прорастания на 5 сутки, %	81	77	76	78	80	78
ИТФ	1,22	1,35	1,02	1,00	1,12	1,11
Средняя токсичность почвы	1,29		1,01		1,16	

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности оцениваемого фактора для каждого биологического тест – объекта:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФк}$$

где ТФ_0 – значение регистрируемой тест-системы в опыте; ТФк – значение регистрируемой тест-системы в контроле [4]. По данным показателям оценивали среднюю токсичность исследуемых почв и влияние композиционного материала на рост растений.

Для определения класса токсичности почвы использовали оценочную шкалу токсичности [5,6], исходя из которой можно сделать вывод, что при утилизации композиционного материала в почве происходит стимуляция роста редиса, так как величина тест-реакции в опыте превышает контрольное значение. Пролонгированный эффект в данном случае связан с высоким содержанием полисахаридов в композите, обеспечивающих данную культуру питательными веществами. Существенного влияния на рост кресс-салата не наблюдается, величина тест-реакции находится на уровне контрольного значения. Следовательно, при захоронении композита не происходит попадания токсичных веществ в почву и происходит стимуляция роста некоторых растений, что подтверждает его экотоксикологическую безопасность.

Таким образом, установлена способность композиционного материала к биодеструкции под действием микромицетов различных родов после окончания срока его эксплуатации, исследованы методы стабилизации для продления периода потребления, а также доказана экотоксикологическая безопасность полимерного материала.

Список литературы

1. Суворова А.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала/ Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова Е.И.// Успехи химии. Российская академия наук, Отделение общей и технической химии Российской академии наук. – 2000. – №69(5). – С. 494-503.
2. Высоковский А.С., Коротнева И.С., Комин А.В., Полякова Е.А. Биокмпозиционный материал на основе синтетических латексов и природных полисахаридов // Изв. вузов. Сер. Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56, № 12. – С. 105-107.
3. Васнев В.А. Биоразлагаемые полимеры // Высокомолекулярные соединения, серия Б. – 1997. – Т.39, №12. – С. 2073-2086.
4. Экологическое почвоведение / сост. Волкова И.И., Кондакова Г.В., Яросл. гос. Ун-т. Ярославль, 2002. – 35 с.
5. Багдасарян А.С. Эффективность использования тест-систем при оценке токсичности природных сред // Экология и промышленность России. – 2007. – С. 64.
6. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной теса-системы для оценки токсичности почвенного крова городской территории // Экология. – 1997. – №6. – С. 408-411.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

05.22.10

Г.В. Абакумов, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
Институт Транспорта, кафедра сервиса автомобилей и технологических машин,
Тюмень, satm_tsogu@mail.ru

**КОРРЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

В статье рассматривается вопрос корректирования режимов технического обслуживания автомобилей при эксплуатации в переменных условиях. Представлена структура изучаемой системы. Разработана модель формирования надёжности автомобилей в переменных условиях эксплуатации. Приведен пример использования модели для двигателей автомобилей УАЗ.

Ключевые слова: надёжность автомобилей, режимы технического обслуживания, наработка на отказ, условия эксплуатации.

Необходимое условие снижения затрат на эксплуатацию автомобилей – управление ресурсами их элементов, которое невозможно без наличия объективных нормативов [1, 2, 5]. Долговечность автомобиля и его элементов существенно зависит от условий эксплуатации [7]. Для учета этого влияния разработаны и используются различные методики корректирования нормативов технической эксплуатации [1, 9]. Но переменный характер условий эксплуатации учитывается в этих методиках недостаточно [4]. Это ведет к снижению надёжности автомобилей и увеличению времени простоев в техническом обслуживании и ремонте [3]. В то же время трудно найти автомобиль, работающий в постоянных условиях. Например, нет автомобилей, эксплуатируемых исключительно в первой категории условий эксплуатации.

В процессе эксплуатации автомобили используются в переменных условиях, характеризующихся значениями факторов $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$ (рис. 1). Каждому значению фактора соответствует интенсивность расходования ресурса элемента автомобиля $u_1, u_2, u_3, \dots, u_m$. Если для каждого отдельного автомобиля зафиксировать условия эксплуатации на одном из уровней $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$, то будет реализован ресурс рассматриваемого элемента соответственно $L_1, L_2, L_3, \dots, L_m$. Эти ресурсы назовем потенциальными.

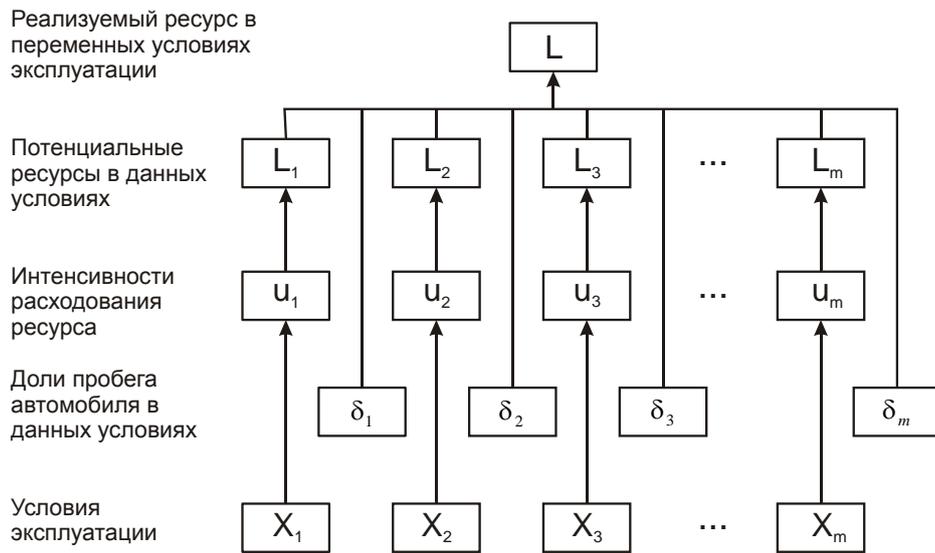


Рис. 1. Схема изучаемой системы

Поскольку на практике условия каждого автомобиля не постоянны, то потенциальные ресурсы не достигаются, а формируется ресурс L, который можно назвать реализуемым ресурсом.

Для решения задачи прогнозирования ресурса представим *i*-ю реализацию ресурса в виде суммы

$$L_i = L_1\delta_{1,i} + L_2\delta_{2,i} + \dots + L_m\delta_{m,i} \text{ или } L_i = \sum_{j=1}^m L_j\delta_{j,i},$$

где L_j – ресурс элемента автомобиля в *j*-х условиях эксплуатации;

$\delta_{j,i}$ – доля наработки *i*-го элемента в *j*-х условиях эксплуатации.

В случае эксплуатации элемента в условиях двух типов $L_i = L_1\delta_{1,i} + L_2\delta_{2,i}$.

Задача сводится к определению численных значений L_1 и L_2 . Воспользуемся для решения этой задачи методом наименьших квадратов. В соответствии с ним составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \sum \delta_{1,i}^2 \cdot L_1 + \sum \delta_{1,i} \cdot \delta_{2,i} \cdot L_2 = \sum \delta_{1,i} \cdot L_i \\ \sum \delta_{1,i} \cdot \delta_{2,i} \cdot L_1 + \sum \delta_{2,i}^2 \cdot L_2 = \sum \delta_{2,i} \cdot L_i \end{cases}$$

Выше описано решение для наиболее простого случая. В случае *m* типов условий эксплуатации система имеет вид:

$$\begin{cases} \sum \delta_{1,i}^2 \cdot L_1 + \sum \delta_{2,i} \cdot \delta_{1,i} \cdot L_2 + \dots + \sum \delta_{m,i} \cdot \delta_{1,i} \cdot L_m = \sum \delta_{1,i} \cdot L_i \\ \sum \delta_{1,i} \cdot \delta_{2,i} \cdot L_1 + \sum \delta_{2,i}^2 \cdot L_2 + \dots + \sum \delta_{m,i} \cdot \delta_{2,i} \cdot L_m = \sum \delta_{2,i} \cdot L_i \\ \dots \\ \sum \delta_{1,i} \cdot \delta_{m,i} \cdot L_1 + \sum \delta_{2,i} \cdot \delta_{m,i} \cdot L_2 + \dots + \sum \delta_{m,i}^2 \cdot L_m = \sum \delta_{m,i} \cdot L_i \end{cases}$$

Определение численных значений коэффициентов уравнений из такой системы при большом числе типов условий эксплуатации затруднительно, нет готового программного обеспечения для решения такой задачи. Поэтому предложен второй вариант, изложенный ниже.

Пусть L_0 – ресурс в условиях, принятых в качестве базовых. Ресурс в других условиях обозначим L_1 . Представим разницу ресурсов следующим образом: $\Delta L_1 = L_0 - L_1$.

Тогда ресурс i -го элемента составит: $L_i = L_0 + \Delta L_1 \delta_1$.

Существуют различные методы вычисления коэффициентов уравнения регрессии. Чаще всего для этой цели используют метод наименьших квадратов (МНК).

Для реализации МНК уравнение дифференцируются по каждому из неизвестных параметров, частные производные приравниваются нулю. В результате получается система уравнений, при решении которой определяются значения параметров уравнения регрессии. Ниже приведена такая система для линейного уравнения

$$\begin{cases} L_0 n + \Delta L_1 \sum \delta_1 = \sum L_i \\ L_0 \sum \delta_1 + \Delta L_1 \sum \delta_1^2 = \sum \delta_1 L_i \end{cases}$$

Последний вариант предпочтительнее, поскольку уравнение представляет собой линейную регрессионную модель. Для реализации таких моделей имеется готовое программное обеспечение [6].

Рассмотрим решение этой задачи на примере двигателей автомобилей УАЗ. Для оценки влияния условий движения на надежность двигателей проведен пассивный эксперимент. Получены выборки наработки на отказ двигателей автомобилей с различными долями пробега в городе δ_1 , пригороде δ_2 и за городом. Доли пробега в разных условиях оценивались по типичным маршрутам для групп (колонн) автомобилей разных предприятий. Затем по выделенным группам составлялись выборки реализаций наработок до отказа, которые затем обрабатывались с целью расчета статистических характеристик. Ниже приведена модель влияния условий движения на наработку на отказ двигателя:

$$L = 64,3 - 0,28 \cdot \delta_1 - 0,14 \cdot \delta_2, \text{ тыс. км.}$$

В результате расчетов по ней определены коэффициенты корректирования нормативов в зависимости от режимов работы автомобилей (табл.).

Таблица

Численные значения коэффициента корректирования нормативов в зависимости от долей использования автомобилей в городе и пригороде

Доля пробега в городе, %	Доля пробега в пригороде, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,84	0,82
10	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78	
20	0,87	0,85	0,84	0,82	0,80	0,78	0,77	0,75	0,73		
30	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72	0,70	0,68			
40	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64				
50	0,68	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59					
60	0,61	0,59	0,58	0,56	0,54						
70	0,55	0,53	0,51	0,49							
80	0,48	0,46	0,45								
90	0,42	0,40									
100	0,35										

Используя полученные результаты, можно корректировать нормативы в зависимости от доли пробега автомобилей в разных условиях. Кроме того, приведенные коэффициенты можно применять для определения потребности в запасных частях [8].

Список литературы

1. *Абакумов, Г.В.* Корректирование нормативов ресурса автомобильных шин с учетом факторов, оцениваемых качественными признаками [Текст] / Г.В. Абакумов, А.Н. Макарова, М.С. Данильченко // Научно-технический вестник Поволжья. - 2013. - № 1. - С. 71-74.
2. *Захаров, Н.С.* Актуальные проблемы эксплуатации автомобилей и транспортно-технологических машин в нефтегазодобывающем регионе [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, К.В. Бугаев, Д.С. Быков, В.В. Ефимов, А.А. Панфилов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 6. С. 77-79.
3. *Захаров, Н.С.* Влияние неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей на время простоя исполнителей технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, В.Н. Карнаухов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 12-2. – С. 167-173.
4. *Захаров, Н.С.* Модель восстановления транспортной подсистемы производственных систем нефтегазового комплекса [Текст] / Н.С. Захаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 6. – С. 157.
5. *Захаров, Н.С.* Оценка факторов, влияющих на эффективность транспортно-технологического обслуживания процессов нефтегазодобычи [Текст] / Захаров Н.С., Новоселов О.А., Иванкив М.М., Лушников А.А. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2013. – № 1. – С. 70-75.
6. *Захаров, Н.С.* Программа «REGRESS». Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. -52 с.
7. *Захаров, Н.С.* Факторы, влияющие на продолжительность простоя транспортно-технологических машин в текущем ремонте [Текст] / Захаров Н.С., Савин С.А., Иванкив М.М., Лушников А.А. // Нефтяное хозяйство. – 2014. – №4. – С. 82-84.
8. *Зиганшин, Р.* Моделирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов / Р. Зиганшин, А. Зиганшина, Н. Захаров, В. Савчугов // Логистика. – 2013. – № 4 (77). – С. 50-52.
9. *Резник, Л.Г.* Корректирование норм пробега шин [Текст] / Л.Г. Резник, Н.С. Захаров // Автомобильный транспорт. – 1988. – № 11. – С. 29-31.

05.13.15

Д.Г. Аннин, Д.А. Страбыкин д.т.н.

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Факультет автоматике и вычислительной техники,
Кафедра электронных вычислительных машин
г. Киров, annind@mail.ru, strabykin@mail.ru

МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ РЕКУРСИВНЫХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ДЕДУКТИВНОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

В работе предлагается метод параллельного вычисления рекурсивных функций на основе множества унифицирующих подстановок и множества выражений, формируемых в процессе решения задачи вычисления рекурсивной функции, как задачи логического вывода. Рассматривается пример применения метода. Выполняется оценка эффективности метода.

Ключевые слова: *логический вывод, рекурсия, рекурсивная функция, параллельные вычисления.*

Несмотря на распространение параллельных компьютеров решение многих задач, по-прежнему, основано на последовательных методах обработки данных, а производительность параллельных систем не используется в полной мере [1].

Одним из наиболее ярких примеров задач, решаемых до сих пор, в основном, последовательными методами, является класс задач вычисления рекурсивных функций. Существуют методы преобразования и замены [2] рекурсии, однако в них процесс вычисления сильно зависит от самой рекурсивной функции и исходных данных метода. Поэтому проблема распараллеливания вычисления рекурсии сохраняется. Поскольку рекурсивные функции широко используются на практике, разработка метода, позволяющего выполнять параллельное вычисление рекурсивных функций, является актуальной задачей.

Метод параллельного вычисления рекурсивных функций

Предлагаемый метод включает в себя три следующих этапа: формальное описание задачи вычисления рекурсивной функции, как задачи логического вывода; решение задачи логического вывода и получение множества унифицирующих подстановок U и множества выражений E ; построение формулы G и вычисление ее значения.

Рассмотрим выделенные этапы более подробно.

1. *Формальное описание задачи вычисления рекурсивной функции, как задачи логического вывода.* Формулировка задачи вычисления рекурсивной функции описывается с помощью выражений исчисления предикатов первого порядка и представляет собой исходные посылки задачи логического вывода. Исходные данные и результат вычисления рекурсивной функции представляются в виде выводимого заключения.

2. *Решение задачи и получение множества унифицирующих подстановок U и множества выражений E .* С помощью обобщенного метода параллельного логического вывода [3] устанавливается, является ли при каких-либо значениях унифицируемых переменных выводимое заключение следствием исходных посылок.

В случае успешного логического вывода выполняется согласование полученных решений, и формируются следующие множества: множество

$U = \{\lambda_i / i = 1, \dots, I\}$ унифицирующих подстановок $\lambda_i = \{t_{ij} / w_{ij} / j = 1, \dots, J\}$, где I – число шагов логического вывода, J – число элементарных подстановок t_{ij} / w_{ij} соответствующей унифицирующей подстановки, t_{ij} – терм, а w_{ij} – переменная, отличная от t_{ij} , и множество

$E = \{e_{ik} | i=1, \dots, I; k=1, \dots, K\}$, выражений e_{ik} вида $y=f(x_1, x_2, \dots, x_l)$, представляющих собой вычисление рекурсивной функции на i -м шаге логического вывода, заданное соответствующими предикатами, где y – значение рекурсивной функции (значение выражений e_{ik}), x_1, x_2, \dots, x_l – аргументы рекурсивной функции, K – число выражений e_{ik} , l – число аргументов рекурсивной функции.

3. *Построение формулы G и вычисление ее значения.* На данном этапе одновременно выполняются два процесса (А, Б): в первом процессе осуществляется построение формулы G при движении от результата к исходным данным, во втором процессе выполняются вычисления при движении от исходных данных к результату. При «встрече» двух процессов (в процессе Б вычислены значения переменных формулы, формируемой процессом А) вычисляется значение формулы G , являющееся результирующим значением рекурсивной функции, и третий этап завершается.

А. Выполняются следующие действия:

1) принимается $i=1$;

2) во множестве E выделяются выражения e_{ik} , а во множестве U – подстановка λ_i , в которую включаются только те элементарные подстановки t_{ij}/w_{ij} , в которых переменные w_{ij} представляют собой аргументы рекурсивной функции, заданные соответствующими предикатами. Каждая переменная w_{ij} элементарных подстановок t_{ij}/w_{ij} сравнивается с переменными правых частей выражений e_{ik} . Если находится совпадение, то выполняется замена переменной выражения e_{ik} на соответствующий терм t_{ij} ;

3) Значение каждого выражения e_{ik} сравнивается с переменными выражений e_{im} ($m=1, \dots, K, m \neq k$). Если находится совпадение, то выполняется замена переменной выражения e_{im} на правую часть выражения e_{ik} , которое исключается из множества E ;

4) Если $i=1$, то определяется $G=e_{11}$ и производится переход к п. 5. В противном случае ($i>1$) значение каждого выражения e_{ik} сравнивается с переменными формулы G . Если находится совпадение, то выполняется замена переменной формулы G на правую часть выражения e_{ik} . Формула G упрощается: приводятся подобные слагаемые;

5) Проверяется, завершился ли процесс Б. Если условие выполнено, то процесс А завершается. В противном случае устанавливается $i=i+1$ и производится переход к п. 2.

Б. Выполняются следующие действия:

1) принимается $i=I$;

2) во множестве E выделяются выражения e_{ik} , а во множестве U – подстановка λ_i . Каждая переменная w_{ij} элементарных подстановок t_{ij}/w_{ij} сравнивается с переменными правых частей выражений e_{ik} . Если находится совпадение, то выполняется замена переменной выражения e_{ik} на соответствующий терм t_{ij} ;

3) пункт аналогичен п. 3 процесса А;

4) Каждое выражение e_{ik} сравнивается с выражениями e_{im} ($m=1, \dots, K, m \neq k$). Если находится совпадение, то выражение e_{im} исключается из множества E ;

5) Если $i=I$, то вычисляются значения выражений e_{ik} . Формируется множество E^* , в которое включаются вычисленные выражения e_l^* : $E^* = \{e_l^* | l=1, \dots, L\}$. В противном случае ($i < I$) анализируется множество E^* , выбираются необходимые e_l^* и вычисляются значения выражений e_{ik} . Во множество E^* добавляются вычисленные выражения e_l^* ;

6) Анализируется множество E^* и проверяется получены ли в процессе Б значения всех переменных правой части формулы G . Если условие выполнено, то вычисляется значение формулы G и этап 3 завершается. В противном случае устанавливается $i=i-1$ и производится переход к п. 2.

Пример вычисления рекурсивной функции

Применение метода рассмотрим на следующем простейшем примере. Пусть требуется вычислить n -е число Фибоначчи [4]. При этом рекурсивная функция задана следующим образом:

$$F(n) = \begin{cases} 0, & \text{если } n=0, \\ 1, & \text{если } n=1, \\ F(n-1)+F(n-2), & \text{если } n>1. \end{cases}$$

Исходным данным является порядковый номер числа Фибоначчи – n . Результат обозначим переменной s . Вычисление рекурсивной функции рассмотрим в виде этапов в соответствии с описанием метода.

1. Представим задачу в виде выражений исчисления предикатов первого порядка. Обозначим предикатом $R(m,h)$ m -е число Фибоначчи равное h ($h=f(m)$). При $m=0$ имеем $R(0,0)$, а при $m=1$ – $R(1,1)$. Отношение $x+y=z$ представим с помощью предиката $P(x,y,z)$, который принимает значение «истина», если отношение выполняется. Будем также считать, что это отношение может вычисляться при выполнении логического вывода по мере необходимости. Тогда формальное описание задачи будет иметь следующий вид.

Исходные посылки: 1) $R(0,0)$; 2) $R(1,1)$;

3) $R(v,x)P(n,-1,v)R(u,y)P(n,-2,u)P(x,y,z) \rightarrow R(n,z)$.

Выводимое заключение: 4) $R(6,s)$.

Правило 3 описывает действия, выполняемые для вычисления n -го числа Фибоначчи по двум предыдущим.

2. Решим задачу с помощью обобщенного метода параллельного логического вывода. Получим, что заключение 4 является следствием исходных посылок 1-3. После согласования полученных решений, формируются множества U и E .

3. Построим формулу G и вычислим ее значение. Для этого выполним два процесса: А и Б. Для простоты будем считать, что время выполнения обоих процессов одинаково.

При первом выполнении процесса А произведем следующие действия:

1) Примем $i=1$.

2) Определим множества E и U : $E=\{x_1=f(v_1), y_1=f(u_1), z_1=x_1+y_1, z_1=f(n_1)\}$, $U=\{6/n_1, 5/v_1, 4/u_1\}$.

Сравним переменные w_{1j} элементарных подстановок t_{1j}/w_{1j} с переменными правых частей выражений e_{1k} и выполним соответствующие замены: $E=\{x_1=f(5), y_1=f(4), z_1=x_1+y_1, z_1=f(6)\}$.

3) Сравним значение каждого выражения e_{1k} с переменными выражений e_{1m} и выполним соответствующие замены: $E=\{f(6)=f(5)+f(4)\}$.

4) Поскольку $i=1$, то определим $G=e_{11}$, то есть формула $G: f(6)=f(5)+f(4)$.

5) Примем $i=2$ и перейдем ко второму выполнению процесса А.

При первом выполнении процесса Б проведем следующие действия:

1) Примем $i=5$.

2) Определим множества E и U :

$E=\{x_{12}=f(v_{12}), y_{12}=f(u_{12}), z_{12}=x_{12}+y_{12}, z_{12}=f(n_{12})\}$,

$U=\{2/n_{12}, y_8/z_{12}, 1/v_{12}, 0/u_{12}, 1/x_{12}, 0/y_{12}, 1/y_8, 2/y_4, 3/y_2, 5/y_1, 8/s\}$.

Сравним переменные w_{5j} элементарных подстановок t_{5j}/w_{5j} с переменными правых частей выражений e_{5k} и выполним соответствующие замены: $E=\{x_{12}=f(1), y_{12}=f(0), z_{12}=1+0, z_{12}=f(2)\}$.

3) Сравним значение каждого выражения e_{5k} с переменными выражений e_{5m} и выполним соответствующие замены: $E=\{f(2)=1+0\}$.

4) Поскольку во множестве E всего одно выражение e_{51} , то перейдем к выполнению следующего пункта.

5) Поскольку $i=5$, то вычислим значение выражения e_{51} и сформируем множество $E^*=\{f(2)=1\}$.

6) Так как в процессе Б получены значения не всех переменных правой части формулы G , то примем $i=4$, и перейдем ко второму выполнению процесса Б.

При втором выполнении процесса А получим: $G: f(6)=3f(3)+2f(2)$, так как $f(6)=f(5)+f(4)=f(4)+f(3)+f(4)=f(3)+f(2)+f(3)+f(3)+f(2)=3f(3)+2f(2)$.

При втором выполнении процесса Б получим: $E^*=\{f(3)=2, f(2)=1\}$.

Поскольку в процессе Б получены значения всех переменных правой части формулы G, то вычислим значение формулы G: $f(6)=3f(3)+2f(2)=6+2=8$. Таким образом, результирующее значение рекурсивной функции равняется восьми.

Оценка эффективности метода

Для оценки эффективности метода, сравним его по времени вычисления с широко используемым на практике методом циклической редукции [2]. Введем множество операций O, выполняемых в предлагаемом методе и методе циклической редукции, поставим в соответствие им переменные, определяющие время их выполнения, и подсчитаем суммарное время вычисления тем и другим методом. Пусть множество O состоит из следующих элементов: сложение, умножение. Допустим, что операция сложения выполняется за время τ_s , операция умножения – за время τ_m . Метод циклической редукции состоит из 2 этапов: прямого и обратного хода. Время выполнения прямого хода составит: $\tau_1 = \tau_s n$, а время выполнения обратного хода: $\tau_2 = \tau_s \log_2 n$.

Тогда время вычисления методом циклической редукции T_1 можно оценить по формуле:

$$T_1 = (n + \log_2 n)\tau_s,$$

а данного метода T_2 :

$$T_2 = \begin{cases} \left(\frac{n}{2} - 1\right)\tau_s + \tau_m + \tau_s, & n - \text{четное}, n > 3, \\ \left(\frac{n-1}{2}\right)\tau_s + \tau_m + \tau_s, & n - \text{нечетное}, n > 3. \end{cases}$$

Пусть время выполнения операции умножения равно времени выполнения операции сложения $\tau_s = \tau_m$. Тогда получим:

$$T_2 = \begin{cases} \left(\frac{n+2}{2}\right)\tau_s, & n - \text{четное}, n > 3, \\ \left(\frac{n+3}{2}\right)\tau_s, & n - \text{нечетное}, n > 3. \end{cases}$$

Результаты сравнительного анализа методов по времени вычисления числа Фибоначчи для различных значений n представлены на следующем рисунке:

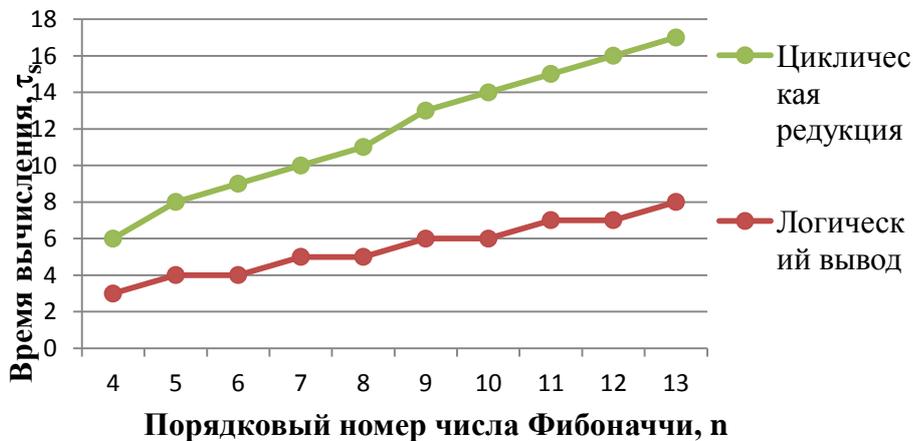


Рис. 2 – Время вычисления числа Фибоначчи для различных n

Полученные результаты свидетельствуют о том, что метод параллельного вычисления рекурсивных функций с помощью дедуктивного логического вывода требует меньшего времени, чем метод циклической редукции.

Заключение

Таким образом, с помощью предлагаемого метода возможно параллельное вычисление рекурсивных функций. При этом процесс вычисления не зависит от исходных данных метода, в том числе рассматриваемой рекурсивной функции. Применение метода к различным рекурсивным функциям (факториал, вычисление биномиальных коэффициентов, вычисление суммы элементов массивов) подтверждает возможность их параллельного вычисления. При этом время выполнения метода, меньше времени выполнения аналогичных методов.

Список литературы

1. *Воеводин, В.В.* Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин // Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
2. *Старченко, А.В.* Методы параллельных вычислений / А.В. Старченко, В.Н. Берцун //Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. – 223 с.
3. *Страбыкин, Д.А.* Логический вывод в системах обработки знаний / Д.А. Страбыкин // Санкт-Петербург: СПбГЭТУ, 1998. – 164 с.
4. *Рудаков, А.Н.* Числа Фибоначчи и простота числа $2^{127}-1$ / А.Н. Рудаков // Математическое Просвещение, третья серия. — 2000. — Т. 4.

05.14.03

А.М. Бахметьев, И.А. Былов, Л.В. Абрамов

ОАО «Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова»,
Нижний Новгород, vab@okbm.nnov.ru

РАЗВИТИЕ РИСК-ИНФОРМИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

В работе представлено описание одного из направлений применения риск - информированных методов при эксплуатации ядерных установок – мониторинга риска. Отмечены наиболее широко используемые в мире системы мониторинга риска. Приведено краткое описание отечественной системы мониторинга риска РИМ, которая введена в опытно-промышленную эксплуатацию на энергоблоке №3 Белоярской АЭС с реактором БН-600.

Ключевые слова: *ядерная установка, вероятностный анализ безопасности, мониторинг риска, реактор БН-600.*

Введение

Современные требования к анализу и обоснованию безопасности ядерных установок, предусматривают использование детерминистских и вероятностных методов как необходимого условия полноты исследования безопасности на всех этапах жизненного цикла ядерной установки (далее ЯУ). В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [1] решения, влияющие на безопасность ядерных установок, необходимо принимать с использованием интегрированного риск-информированного подхода. Указанный подход к оценке принимаемых решений предполагает, что результаты и информация, полученные в ходе детерминистской и вероятностных оценок учитываются в совокупности.

Одним из основополагающих аспектов применения риск-информированного подхода при принятии решений по безопасности является количественная оценка уровня безопасности и реализация процесса его мониторинга в процессе эксплуатации [2].

Мониторинг риска

Технология мониторинга риска обеспечивает реализацию непрерывной оценки и контроля изменения количественных показателей безопасности и состояния глубокоэшелонированной защиты, которые могут происходить вследствие возникновения при эксплуатации энергоблока различных событий, приводящих к нарушению нормальной эксплуатации или к изменению конфигурации (структуры) систем безопасности вследствие вывода в плановый или внеплановый ремонт их компонентов. Логические модели системы мониторинга риска (далее СМР) основаны на результатах анализа безопасности ядерной установки, выполненного детерминистскими и вероятностными методами.

Для реализации процесса мониторинга риска необходимо соответствующее программное обеспечение – СМР. СМР представляет собой компьютерную программу, которая моделирует специфические особенности и конфигурацию ядерной установки с целью оперативного определения значения вероятностного показателя безопасности (далее ВПБ), например вероятности тяжёлого повреждения активной зоны. Под конфигурацией ядерной установки понимается текущий режим эксплуатации установки, а также состояние оборудования и систем важных для безопасности.

Система мониторинга риска обеспечивают поддержку решения следующих задач:

– оценка в режиме реального времени вероятностных показателей безопасности в различных состояниях установки;

- оценка допустимого времени вывода в ремонт или на техническое обслуживание определённого набора оборудования;
- сравнение различных вариантов и оптимизация регламента технического обслуживания и ремонтов при условии выполнения ограничений на показатели безопасности;
- анализ и ранжирование по значимости событий – «предшественников аварий»;
- ранжирование по значимости для безопасности различного оборудования и эксплуатационных процедур с целью совершенствования процедур для наиболее значимых компонентов.

Впервые системы мониторинга риска были разработаны и внедрены в Великобритании на энергоблоках Heysham 2 и Torness в 1988 году [3].

В течение последующих 15 лет количество систем мониторинга риска на эксплуатирующихся энергоблоках атомных электростанций (далее АЭС) увеличилось с 2 до 110. В настоящее время системы мониторинга риска внедрены на многих зарубежных АЭС [3].

В России технология мониторинга риска находится на начальном этапе развития. ОАО «Концерн Росэнергоатом» в 2005 году разработана «Программа мероприятий по повышению эффективности использования методов вероятностного анализа безопасности (далее ВАБ) при эксплуатации атомных электростанций», которая определила необходимость расширения применения методологии ВАБ и, в частности, внедрения мониторинга риска при эксплуатации АЭС. В настоящее время внедрена и эксплуатируется система мониторинга риска на Ленинградской АЭС.

На сегодняшний день в мире разработано 12 программных средств – систем мониторинга риска. Наиболее широко применяемые системы мониторинга риска следующие: Safety Monitor фирмы SCIENTECH Inc (используется на станциях в Нидерландах, Чехии, Словакии), EOOS разработки EPRI (используется на станциях США, Словакии, Испании, Румынии, Канады), ESOP фирмы British Energy Engineering Division (внедрена на станциях Великобритании), Riskwatcher разработки Lloyd's Register Consulting (внедрена на станциях Швеции, Китая), ORAM-SENTINEL фирмы ERIN Engineering and Research Inc (используется на станциях США) [3].

Система мониторинга риска РИМ

Для решения задачи оценки уровня безопасности энергоблока в процессе эксплуатации на базе вероятностных методов ОАО «ОКБМ Африкантов» совместно с филиалом ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Белоярская атомная станция» разработана система мониторинга риска, которая в настоящее время находится в опытно-промышленной эксплуатации на энергоблоке №3 Белоярской АЭС.

Система мониторинга риска построена с использованием сетевой архитектуры «клиент-сервер» при этом к серверной части программы отнесены базы данных, процедуры управления и администрирования базами, а в клиентскую часть включены: интерфейс работы с базами данных, интерфейсы и редакторы оператора, средства анализа логико-вероятностной модели (далее ЛВМ) энергоблока, и документирования результатов мониторинга.

В состав системы мониторинга риска входят следующие модули:

- а) основной модуль, в котором происходит подготовка модели к мониторингу, мониторинг в режиме реального времени, планирование графиков ТОиР, информирование;
- б) программа управления правами доступа – позволяет разграничить права пользователей персональных компьютеров;
- в) сервер приложений, осуществляющий обмен информацией между системой мониторинга риска с информационно-поисковой системой и системой планирования технического обслуживания и ремонта.

В системе мониторинга риска «РИМ» оценка уровня безопасности энергоблока осуществляется на базе ЛВМ ВАБ первого уровня, разработанной для внутренних ИС при

работе реактора на мощности и состояний остановленного реактора, выполненного специалистами ОАО «ОКБМ Африкантов» с использованием отечественного аттестованного Ростехнадзором программного комплекса CRISS.

Интерфейс системы мониторинга риска РИМ представлен на рисунке 1.

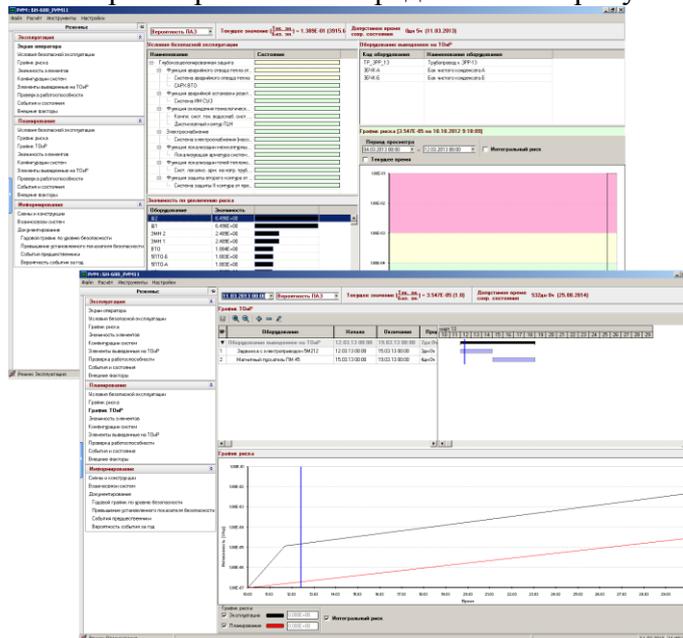


Рисунок 1 – Интерфейс системы мониторинга риска «РИМ»

В 2014 году планируется внедрение СМР РИМ в промышленную эксплуатацию.

Заключение

1. В рамках «Программы мероприятий по повышению эффективности использования методов вероятностного анализа безопасности при эксплуатации атомных электростанций» ОАО «Концерн «Росэнергоатом» специалистами ОАО «ОКБМ Африкантов» с участием персонала Белоярской АЭС разработана система мониторинга риска РИМ для энергоблока № 3 с реактором БН-600.

2. Система мониторинга риска позволяет:

- выполнять оценку вероятностных показателей безопасности для различных конфигураций систем энергоблока и различных исходных событий;
- определять допустимое время существования определенных конфигураций систем энергоблока;
- разрабатывать графики технического обслуживания и ремонта оборудования на базе информации об уровне безопасности энергоблока;

3. Завершается опытно-промышленная эксплуатация системы мониторинга риска РИМ, по результатам которой планируется в 2014 году внедрение её в промышленную эксплуатацию.

Список литературы

1. Оценка безопасности установок и деятельности. Общие требования безопасности, часть 4, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № GSR, Part 4, МАГАТЭ, Вена, 2009
2. A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process, INSAG-25, A report by the International Nuclear Safety Group. IAEA, Vienna, 2011
3. Risk monitors. The State of the Art in their Development and Use at Nuclear Power Plants. NEA/CSNI/R(2004)20, OECD, 2004.

05.13.19

М.К. Бойдало, Г.П. Жигулин

Университет Информационных Технологий Механики и Оптики,
кафедра Мониторинга и Прогнозирования Информационных Угроз,
Санкт-Петербург, MikhailBojdalo@yandex.ru, ikvo@grv.ifmo.ru

МЕТОД И МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ПЕРСОНАЛА В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Одной из главных угроз информационной безопасности организаций являются инсайдеры. На инсайдеров приходится более половины случаев нарушения информационной безопасности. В статье рассматривается математическая модель оценки профессиональных и служебных качеств персонала с целью выявления потенциальных инсайдеров.

Ключевые слова: *информационная безопасность, математическое моделирование, персонал, инсайдер, лояльность.*

Введение

Как показывает практика последних десятилетий, одной из главных угроз информационной безопасности организаций являются инсайдеры. Больше половины случаев хищения информации и незаконного доступа к информационным системам происходит при участии собственных сотрудников организаций. В одних случаях нарушение информационной безопасности было следствием неосторожности, халатности или излишней доверчивости, в других сотрудники сознательно действовали против своей организации. Таким образом, лояльность персонала и выполнение им своих профессиональных обязательств является одним из важнейших факторов обеспечения информационной безопасности.

Современные модели оценки лояльности персонала, такие как модель Мейер-Ален, работают с психологическими факторами: удовлетворённость от работы, отвлечённость в деятельность организации, верность профессии, и т.д. [8] Основным методом получения данных для анализа является тестирование сотрудников, при этом применяются тесты с достаточно большим числом вопросов, что позволяет оценить как ряд интересующих проверяющего факторов, так и достоверность ответов. В тоже время эти модели не учитывают ряда объективных факторов: уровень оплаты труда, стаж работы и другие как универсальные, так и специфические.

Поэтому, для оценки персонала предлагается использовать гибкую многофакторную аддитивную модель оценки персонала, которая позволит учесть различные факторы как субъективно-психологические, так и объективные.

Принципы построения аддитивной модели

В аддитивной модели итоговая оценка представляет собой сумму отдельных факторов, с учетом их весовых коэффициентов позволяющих учесть вклад каждого конкретного фактора на общую оценку.

Пусть S – конкретный сотрудник, $W(S)$ – оценка лояльности сотрудника, N_k – нормирующий коэффициент, N – количество факторов, k_n – влияние фактора на общую оценку, $f(s_n)$ – вклад каждого из факторов в оценку уровня лояльности сотрудника, полученный путем обработки веса $s_n(S)$ каждого из факторов.

Тогда весовой коэффициент лояльности сотрудника будет рассчитываться по формуле №1.

$$W(S) = \frac{1}{Nk} \sum_{n=1}^N k_n f(s_n(S)) \quad (1)$$

Функция обработки веса фактора

Для обработки веса фактора, в зависимости от его типа и принципов построения модели могут разные функции. В рамках предложенной предполагается применение двух функций.

Первый вариант.

Для обработки факторов могущих, в зависимости от природы фактора, принимать произвольные значения на известных интервалах используется функция №2.

$$f(s_n(S)) = k1_n + \arctg \frac{(s_n(S))}{k2_n} \quad (2)$$

Значение функции арктангенса принадлежит области $[-0.5\pi; 0.5\pi]$, а аргумент должен быть действительным числом. Коэффициенты $k1_n$ и $k2_n$, выбираются таким образом, что бы все возможные значения функции №2 находились в области $[0; 1]$, а для среднего состояние фактора, его обработанный вес должен составлять одну вторую. При этом исходный вес фактора может быть любым действительным числом в заданном интервале.

Из свойств функции арктангенса следует:

1. Каждому значению аргумента соответствует одно и только одно значение результата.
2. Функция арктангенса может принимать минимальное и максимальное значение только при $s_n(S)$ равном $-\infty$ и $+\infty$ соответственно.

3. $\arctg(0) = 0$ следовательно $f(0) = k1_n$

4. Чем дальше значение аргумента от нуля, тем меньше приращение функции при приращении аргумента. Что отображает существенное влияние фактора на общий вес, при колебаниях фактора около среднего значения и малое влияния его колебаний при значениях значительно отстоящих от средних. Ведь если состояние фактора очень хорошее или, наоборот, очень плохое, то его малые изменения мало влияют общее состояние организации.

Отметим – благодаря условию №3.

$$0 \leq f(s_n(S)) \leq 1 \quad (3)$$

И тому, что сумма весов факторов нормируется по Nk равному сумме всех k_n , возможные значения общего веса так же ограничены неравенством №4.

$$0 \leq W(S) \leq 1 \quad (4)$$

В рамках рассматриваемой модели, в большинстве случаев, функция $s_n(S)$ строится таким образом, что её областью значений является интервал $[-\infty; +\infty]$ или интервал $[0; +\infty]$. В дальнейшем будем называть $f(s_n)$ для этих интервалов функцией первого и второго типа соответственно. Рассчитаем коэффициенты $k1_n$ и $k2_n$ для них, так что бы выполнялось условие №3.

Для $f(s_n)$ первого типа: $k1_n = 0.5$ и $k2_n = \pi$

Для $f(s_n)$ второго типа: $k1_n = 0$ и $k2_n = 0.5\pi$

Для обработки факторов имеющих дискретные значения используются интервальные оценки. Вес фактора будет принимать одно из фиксированных значений, в зависимости от того какому интервалу принадлежит значение фактора. Например, как правило, в тестах сотруднику предлагают оценить каждый вопрос в баллах от одного до пяти. В таком случае пяти вариантам ответа можно сопоставить веса $0; 0.25; 0.5; 0.75$ и 1 , соответственно.

Для определения весовых коэффициентов k_n необходимо собрать статистику, включающую большое количество (как минимум несколько десятков, лучше сотен) случаев

действий сотрудников направленных против своих организаций, что позволит определить важность каждого из рассматриваемых факторов. Так же, анализ статистики может привести к обнаружению новых закономерностей, что потребует добавить в модель дополнительные факторы.

Используемые факторы

В базовом варианте модели предполагается учёт следующих групп факторов:

Уровень оплаты труда:

Для учета влияния уровня оплаты труда на лояльность сотрудника рассчитываются два показателя: относительная заработная плата по организации и относительная заработная плата по отрасли.

Относительная заработная плата по организации позволяет сравнить зарплату сотрудника со средней зарплатой по организации, при этом, в крупных организациях стоит сравнивать не со всеми сотрудниками, а только с теми которые занимают близкие, по уровню ответственности и нагрузке, должности.

$$s_n(S) = \frac{\text{зарплата сотрудника}}{\text{сред. зарплата по организации}} \quad (5)$$

Зарплата не может быть меньше нуля, следовательно:

$$0 \leq f(s_n(S)) \leq +\infty \quad (6)$$

$f(s_n)$ – второго типа.

Если заработная плата в организации выше, чем в среднем по отрасли, то она является фактором способствующим повышению лояльности. Наоборот – если заработная плата, ниже чем в среднем для должности, занимаемой сотрудником, то она становится стимулом для перехода в организацию с более высоким уровнем оплаты труда. Относительная заработная плата по отрасли рассчитывается по формуле №7.

$$s_n(S) = \frac{\text{зарплата сотрудника}}{\text{средняя зарплата по отрасли}} \quad (7)$$

$f(s_n)$ – второго типа.

Степень вовлеченности в работу:

Для оценки вклада сотрудника в общую работу просуммируем количество проектов лично выполненных сотрудником за отчетный период и количество коллективных проектов в реализации, которых он принял участие. При этом необходимо учесть важность проектов для организации, для коллективных проектов так же важно учесть степень участия сотрудника в них. Относительный вклад сотрудника рассчитывается по формуле №8.

$$s_n(S) = \frac{\text{вклад сотрудника}}{\text{сред. вклад по организации}} \quad (8)$$

$f(s_n)$ – второго типа.

Следует учесть, что в крупных организациях правильнее сравнивать сотрудника с сотрудниками равными ему по должности и обязанностям, а не со всем персоналом.

Фактор поощрений и взысканий

Учёт поощрений и взысканий имеет смысл, если они производятся регулярно, а отчетный период, дающий достаточное их число, меньше стажа большинства сотрудников.

Рассчитываем для сотрудника его рейтинг, который представляет собой сумму всех поощрений и взысканий, при этом каждому поощрению присваивается рейтинг больший нуля, а каждому взысканию меньший нуля.

Затем на основе полученных результатов рассчитываются два показателя – абсолютный и относительный.

Абсолютный показатель рассчитывается как функция $f(s_n)$ первого типа.

$$s_n(S) = \text{рейтинг поощрений и взысканий сотрудника} \quad (9)$$

Относительный показатель рассчитываем в рамках подразделения с помощью дискретных оценок. Для проведения оценки, сотруднику, имеющему наибольший рейтинг, присваиваем $f(s_n)=1$, имеющему наименьший рейтинг $f(s_n)=0$. Остальным назначаем веса данного фактора в интервале $[0;1]$ через равные промежутки, в соответствии с их рейтингами.

Фактор увольнения и изменения должности.

Как показывает международный опыт, факт скорого увольнения часто приводит к снижению эффективности труда сотрудника и значительно повышает вероятность действий направленных в ущерб организации. Так же негативно сказывается понижение в должности, было ли оно оправданным или нет. Для обработки этого фактора будем использовать интервальные оценки значения $f(s_n)$.

Для увольняемого сотрудника $f(s_n)=0$;

Для понижаемого или недавно пониженного в должности $f(s_n)=0.25$;

Для среднего сотрудника $f(s_n)=0.5$;

Для повышаемого или недавно повышенного $f(s_n)=0.75$.

Данные значения предлагаются в качестве базовых, и могут, более того должны, корректироваться исходя из статистики конкретной организации или пула организаций. Период, для которого учитывается недавнее изменение должности сотрудника, должен рассчитываться индивидуально для каждой рассматриваемой организации.

Стаж работы.

Чем дольше человек работает в организации, тем выше вероятность того, что он и дальше будет работать в ней. Для учёта такого роста введём в модель фактор относительного стажа сотрудника:

$$s_n(S) = \frac{\text{стаж сотрудника}}{\text{средстаж по организации}} \quad (10)$$

$f(s_n)$ второго типа.

Исследование, проведённое Владиславом Доминьяком, показывает, что зависимость лояльности от стажа описывается S-образной кривой, и начальный период падения лояльности может занимать около двух-трех лет, и только потом начинается рост лояльности, так же падение лояльности характерно для сотрудников работающих более двадцати лет [2, 3].

Из этого можно сделать вывод, что предложенная для математической модели функция будет давать ошибку для недавно устроившихся и для очень долго работающих сотрудников. Для уточнения необходим проведение практической работы и сбор статистики, по результатам которого возможна корректировка или изменение $f(s_n)$. Например, возможно применение полиномиальной функции n-го порядка, коэффициенты которой будут рассчитываться методом регрессионного анализа на основе собранной статистики.

Если на предыдущих местах работы сотрудник увольнялся, отработав лишь небольшой срок, то можно ожидать, что и в нынешней организации он будет работать не слишком долго. Так же верно и обратное. Для учёта данного фактора введём в модель параметр относительного среднего стажа сотрудника:

$$s_n(S) = \frac{\text{стаж сотрудника}}{\text{средстаж по организации}} \quad (11)$$

$f(s_n)$ второго типа.

Таким образом, функция $s_n(S)$ представляет собой отношение среднего стажа по прежним местам трудоустройства, к среднему стажу всех сотрудников организации.

По национальному составу:

Человеку более комфортно работать вместе с представителями своей национальности, чем с представителями других национальностей. И чем больше разница между нациями, тем ниже уровень комфорта и тем больше вероятность того, что сотрудник решит сменить место работы или его смогут убедить совершить акт наносящий ущерб организации.

Для оценки национального фактора, модель предполагает учёт трёх групп: национальный состав подразделения, национальный состав организации в целом и национальный состав региона.

Учёт производится по одинаковому принципу - рассматриваемую группу (коллектив подразделения, фирмы или население региона) разбиваем на подгруппы по национальному признаку. Каждой из них присваиваем коэффициент близости, таким образом, что подгруппа, к которой принадлежит рассматриваемый сотрудник коэффициент равный единице, максимально чуждая ему группа имеет коэффициент ноль.

$$s_n(S) = \sum_{m=1}^M Kb_m P_m \quad (12)$$

Где, P_m – процент, который составляет национальная группа m от общей численности сотрудников, Kb_m – коэффициент близости для данной группы.

Коэффициенты $k1_n$ и $k2_n$ функции $f(s_n)$ должны быть подобраны таким образом, что $f(0)=0$ и $f(1)=1$.

$s_n(S)$ может принимать значения в интервале $[0;1]$, тогда $\arctg(s_n(S))$ может принимать значения в интервале $[0; 0.25\pi]$. Областью значений $f(s_n)$ должен быть интервал $[0;1]$. Для выполнения этих условий коэффициенты должны иметь следующие значения: $k1_n=0$, $k2_n=0.25\pi$.

Если для государства или региона, в котором находится организация, характерна высокая религиозность, то стоит аналогичным образом учесть религиозный состав.

Специфические факторы.

Учитывая, что модель разрабатывается в интересах обеспечения информационной безопасности, в неё необходимо так же добавить специфические факторы, могущие указывать на действия, нарушающие или могущие нарушить информационную безопасность организации.

Так исследование, проведённое в 2009 году в США [7], показало, что вредоносным инсайдерам, сознательно действующим против своей организации присущи несколько характерных черт:

«Количество важнее качества» - для вредоносных инсайдеров, количество запросов сделанных в корпоративной сети и скопированных документов значительно превышает среднестатистическое.

Для злоумышленников характерно значительно большее число косвенных запросов и других попыток обхода системы контроля.

Также, если у сотрудников есть доступ к сети Интернет, то значительное превышение интернет трафика над среднестатистическим у одно из сотрудников может служить беспокоящим признаком.

Для всех трёх параметров $s_n(S)$ представляет собой отношение частного рейтинга к среднестатистическому, а $f(s_n)$ принадлежит ко второму типу. В зависимости от специфики конкретной организации стоит добавлять другие параметры.

Субъективные факторы.

Для учёта субъективных факторов характеризующих отношение сотрудника к организации, коллективу, рабочему процессу etc, стоит использовать отработанные модели

оценки лояльности, такие как ОСQ (опросник организационной лояльности) [8]. Для включения результатов тестов в аддитивную модель необходимо нормировать их, так чтобы они удовлетворяли условию №3.

Выводы

К однозначным достоинствам модели стоит отнести её гибкую структуру позволяющую проводить модификацию и адаптацию модели к условиям конкретной организации. Так в больших организациях, таких как транснациональные корпорации, для расчета параметров правильнее рассматривать не всю организацию, а конкретное региональное подразделение. Но также может иметь смысл добавление факторов позволяющих сравнить конкретное подразделение с корпорацией в целом.

Предложенный проект математической модели оценки профессионального соответствия персонала требует дальнейшей разработки включающей в себя несколько этапов, таких как практические испытания модели с последующей корректировкой весовых коэффициентов. Так же, по результатам практических тестов, возможно добавление в модель новых факторов или выведение из модели факторов показавших отсутствие или незначительность своего влияния на общую оценку.

Применение разрабатываемой, и описанной в данной статье, модели позволит учесть как субъективно-психологические факторы, используемые в различных адаптациях моделей Мейер-Аллен и Моудей-Портер-Стирс, так и комплекс объективных факторов влияющих на персонал или являющихся тревожными признаками его вредоносной активности. Предложенная модель может оказать заметную помощь службам безопасности организаций в вопросе оценки сотрудников как потенциальных точек уязвимости системы информационной безопасности. Так же она может быть полезна руководству организаций, в процессе выработки решений могущих повлиять на персонал и его лояльность.

Список литературы

1. Баранская С.С. Методика измерения лояльности [Электронный ресурс] // Психологические исследования: электрон. науч. Журн. - 2011. - N 1(15). - URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 25.04.2014).
2. Доминяк В.И. Измерение лояльности: действующая модель. // Персонал-Мик. - 2004. - №2. - С. 114-119.
3. Доминяк В.И. Измерение лояльности: действующая модель. // Персонал-Мик. - 2004. - №3. - С. 105-108.
4. Доминяк В.И. Организационная лояльность: основные подходы. // Менеджер по персоналу. - 2006, №4. - С. 34-40.
5. Жигулин Г.П., Бузинов А.С., Шабаетов Р.И. Моделирование и прогнозирование информационных угроз. - СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2011.
6. Жигулин Г.П., Серебров А.И., Яковлев А.Д. Прогнозирование устойчивости и функционирования объектов с использованием теории игр и исследования операций. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 1994.
7. Caputo D. D., Stephens G., Stephenson B., Kim M. Human Behavior, Insider Threat, and Awareness: An Empirical Study of Insider Threat Behavior.: Research Report No. 16. - Institute for Information Infrastructure Protection, July 2009. - P.4-5.
8. Jaros S. Meyer and Allen model of Organizational Commitment: Measurement Issues. // The ICFAI Journal of Organization Behavior. - 2007. - Vol. VI, No. 4. - P. 8-25.
9. Montelibano J., Moore A. Insider Threat Security Reference Architecture // Technical Report CMU/SEI-2012-TR-007. - Software Engineering Institute. - April 2012.
10. Todd M. The insider threat to organizational information security: A structural model and empirical test: A Dissertation of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. - Auburn, Alabama, 2007.

05.23.01

Л.С. Ботова, С.А. Ращепкина

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
 Балаковский институт техники, технологии и управления,
 кафедра ВММ – botovalv@yandex.ru, кафедра ПГС – Rashh2008@mail.ru

К РАСЧЕТУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ

Рассматривается металлическая емкость, состоящая из цилиндрических панелей, которые жестко прикреплены к стойкам. Исследуется особенность распределения усилий по продольным краям панелей приведенной толщины в зависимости от конструктивных параметров мультицилиндрической сборной оболочки.

Ключевые слова: металл, емкость, цилиндрические панели, напряжения.

Установление взаимосвязи между конструктивными параметрами емкости. Металлическая емкость, состоит из цилиндрических панелей, прикрепляемых к стойкам на сварке или болтах. Панели имеют дискретно расположенные продольные полые ребра [1, 2]. В результате образуется ребристая мультицилиндрическая емкость, предназначенная для хранения сыпучих материалов. Вырежем одновременно из всех n панелей горизонтальным сечением единичную полоску, расположенную на расстоянии y от верхней кромки емкости (рис.1).

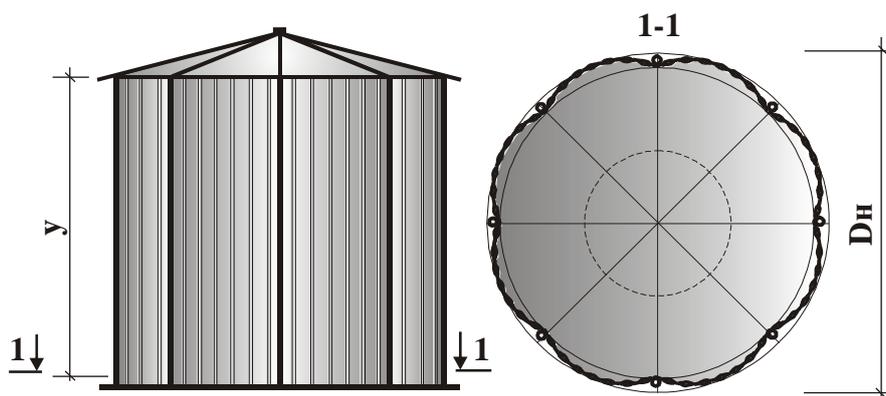


Рис.1 - Общий вид ребристой емкости

Из условия равенства периметра описанной окружности по наружному контуру панелей мультицилиндрической емкости радиуса R_n (проведенной по внешним касательным, приложенным в середине панелей) и периметра полосок единичной ширины длиной B сочлененных из n цилиндрических панелей радиуса R получим зависимость (рис.2,а):

$$R_n = \eta R, \quad (1)$$

где
$$\eta = 1 + \frac{n\gamma}{\pi}.$$

Если учесть, что
$$\gamma = \beta - \frac{\pi}{n},$$

то будем иметь
$$\eta = \frac{n\beta}{\pi}, \quad (2)$$

Подставив (2) в выражение (1) получим:

$$R_n = \frac{n\beta}{\pi} R. \tag{3}$$

Определение зависимостей для определения усилий. Определим изгибные деформации единичной полоски вырезанной из одной цилиндрической панели радиуса R под воздействием внутреннего давления интенсивностью q (рис. 2,б); при этом изгибающий момент M в поперечном сечении единичной полоски и её кривизна $1/\rho$ можно определить [3-4]:

$$\left. \begin{aligned} M &= M_0 + \frac{q(R_n^2 - R^2)}{2}; \\ \frac{1}{\rho} &= \frac{2d\left(R^2 \frac{d\varphi}{dS}\right)}{d(R^2)}, \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

где O – начало полярной системы координат – совпадает с центром поперечного сечения цилиндрической емкости; M_0 – изгибающий момент в середине единичной круговой единичной полоски панели ($\varphi = 0$).

Используя известную зависимость

$$M = EJ\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{R}\right)$$

и дважды интегрируя уравнения (4) с учётом равенства

$$ds^2 = dr^2 + (rd\varphi)^2$$

и граничных условий (рис. 2, б), получим два уравнения для определения R_n и R_g :

$$\left. \begin{aligned} \int_{x_k}^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{x - f^2(x)}} &= \pm 2\left(\frac{\pi}{n} \pm \gamma\right); \\ \int_{x_k}^{x_0} \frac{f(x)dx}{\sqrt{x - f^2(x)}} &= 2\frac{\pi}{n}. \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

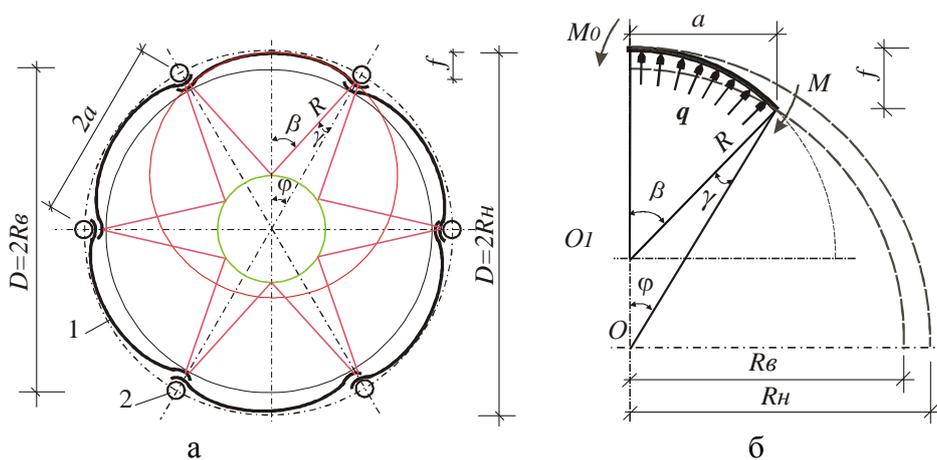


Рис.2 - К расчету емкости из панелей: а - расположение панелей в плане; б - усилия, действующие на половину поперечного сечения панели;

1 – стойки; 2 – панели

Здесь:

$$x = r^2/R^2, \quad x_0 = R_n^2/R^2, \quad x_k = R_g^2/R^2;$$

$$f(x) = \Psi(x_0 - x)(x - x_k) - \xi(x_0 - x) + \sqrt{x_0},$$

где

$$\Psi = \frac{qR^3}{8EJ} = 1,5 \left(\frac{\sigma_0}{E}\right) \left(\frac{R}{t}\right)^2, \tag{6}$$

$$\sigma_0 = \frac{qR}{t}.$$

$$\xi = (\sqrt{x_0} - \sqrt{x_k} \cos \gamma)(x_0 - x_k). \quad (7)$$

В интегралах уравнений (5) при $x = x_0$ выражение $x - f^2(x) = 0$. Для получения численных результатов эти интегралы необходимо преобразовать. С учетом особенностей функции $x - f^2(x)$ в окрестности $x = x_0$ имеем [4, 5]:

$$\left. \begin{aligned} \int_{x_k}^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{f_3(x)}} + \int_{x_k}^{x_0} f_7(x) dx &= 2 \left(\frac{\pi}{n} + \gamma \right); \\ \int_{x_k}^{x_0} \frac{f(x) dx}{x \sqrt{f_3(x)}} + \int_{x_k}^{x_0} f(x) f_7(x) dx / x &= \frac{2\pi}{n}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где значения функций $f_3(x)$, $f_7(x)$] приведены в таблице.

Вторые интегралы в уравнениях (8) при $\Psi \geq 25$ составляют менее 0,1% соответственно от первых интегралов. Поэтому ими можно пренебречь.

Таблица – Значения функций интегралов выражения (8)

$f_1 = 1 + 2\sqrt{x_0}\beta_0$	$f_6(x) = \frac{[\Psi^2(x_0 - x) - 2\Psi\beta_0]}{f_4(x)}$
$f_2 = 2(2\Psi\sqrt{x_0} - \beta_0^2)$	
$f_3(x) = f_4(x)(x_0 - x)$	$f_7(x) = \frac{\left[\frac{f_6(x)(x_0 - x)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{1 - f_5(x)} + 1 - f_5(x)} \right]}{(f_4(x))^{\frac{1}{2}}}$
$f_4(x) = \frac{(x_0 - x)f_2}{2} - f_1$	
$f_5(x) = f_6(x)(x_0 - x)^2$	

где $\beta_0 = (x_0 - x_k)\Psi - \xi$.

Первые интегралы уравнений (8) выражаются через простейшие функции. Обозначив $m = x_0 - x_k$ и выполнив ряд преобразований можно получить следующую зависимость:

$$m = \frac{(1 - \cos \gamma)^{\frac{1}{2}} \left[\left(\frac{R_H}{R} \right)^2 - m \right]^{\frac{1}{4}}}{\Psi^{\frac{1}{2}}}. \quad (9)$$

Полученная зависимость решается простой итерацией, если принять за начальное приближение следующее выражение:

$$m = \frac{(1 - \cos \gamma)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{R_H}{R} \right)^2}{\Psi^{\frac{1}{2}}}. \quad (10)$$

Анализ показал, что можно пользоваться формулой (10); причем погрешность составляет менее 1%.

Изгибающий момент определяется из выражения [2]:

$$M_k = \frac{qR^2}{2} \cdot \frac{1}{c}, \quad (11)$$

где
$$\frac{1}{c} = \frac{1}{4\psi[2(\psi m + \xi) - 1]}. \quad (12)$$

С учётом выражений (7) и (10) после преобразований выражение (12) принимает вид (при углах $\gamma \geq 8^\circ$):

$$\frac{1}{c} = \frac{\sqrt{1 - \cos \gamma}}{2\sqrt{\psi}} \cdot \sqrt{\frac{R_H}{R}}.$$

Тогда изгибающий момент определится:

$$M_{\kappa} = \frac{qR^2}{2} \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos \gamma}}{2\sqrt{\psi}} \cdot \sqrt{\frac{R_n}{R}}$$

Напряжения, действующие вдоль продольных кромок панели,

$$\sigma_u = \frac{M_{\kappa}}{W} = \sqrt{\frac{3qRE}{2t}} \cdot \sqrt{\frac{R_n}{R}} \cdot \sqrt{(1 - \cos \gamma)}. \tag{13}$$

Таким образом, получено выражение по определению изгибных напряжений, действующих по продольным кромкам цилиндрических панелей прикрепляемых к вертикальным стойкам.

Анализ полученного решения. При малых углах $\gamma \leq 8^\circ$ можно (с небольшой погрешностью) принять

$$(1 - \cos \gamma)^{\frac{1}{2}} = \gamma / \sqrt{2}$$

и тогда параметр $1/c$ заметно упростится:

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{2\sqrt{\psi}} \cdot \frac{\gamma}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{R_n}{R}} = \gamma \sqrt{\frac{R_n}{8\psi R}}. \tag{14}$$

Подставим (14) в (11), а затем в полученное выражение формулу (7) и после преобразований будем иметь:

$$M_{\kappa} = \frac{qR^2}{2} \cdot \gamma \cdot \sqrt{\frac{R_n}{8\psi R}} = \gamma \cdot \sqrt{qREI} \cdot \sqrt{\frac{R_n}{R}}. \tag{15}$$

Пример. Требуется определить изгибные напряжения в емкости состоящей из 6, 8, 10 и 12 панелей при следующих данных: емкость предназначена для хранения цемента с $\gamma = 16\text{кПа}$; ширина панели $B_1 = 3\text{м}$; радиус панели $R = 2,6\text{м}$; высота емкости $H = 12\text{м}$; приведенная толщина панели бмм.

Анализ графиков (рис.3 и рис.4, где $\zeta = \gamma / \beta$; $\bar{\sigma} = \sigma_u / R_y$) показал:

- с увеличением количества панелей увеличивается угол γ ;
- прослеживается взаимосвязь между конструктивными параметрами панелей и ребристой емкости и их влияние на значение напряжений;
- изгибные напряжения вдоль продольных кромок панели заметно увеличиваются при $\zeta > 0.4$, а при $\zeta > 0.5$ растут интенсивно; это накладывает ограничение на конструктивные параметры емкости и требует изменение марки стали или толщины стенки панели.

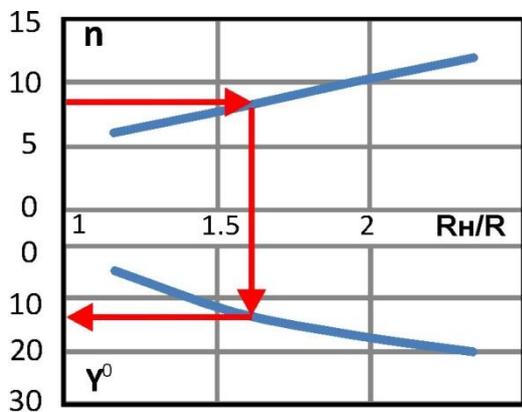


Рис. 3 - Зависимость "n - Rn/R - γ°"

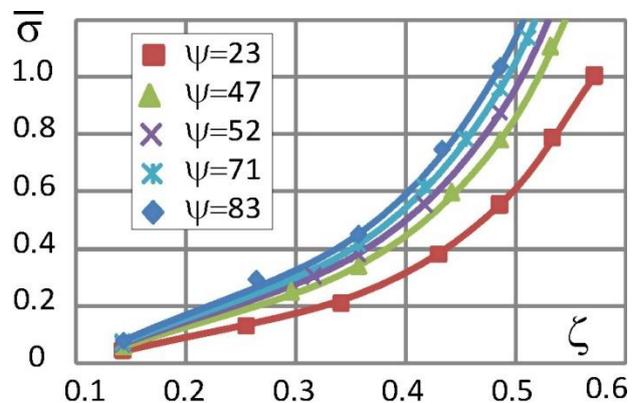


Рис. 4 - Зависимость "ζ - σ̄"

Вывод. Полученные выражения позволяют оценить изгибные напряжения, действующие вдоль кромок панелей, которые прикрепляются стойкам с помощью сварки или болтов, как изменяются напряжения в зависимости от количества панелей и их конструктивных параметров. Предложенный подход может быть рекомендован для практических расчетов емкостей из ребристых панелей.

Список литературы

1. *Ращепкина С.А.* Металлические емкости из легких конструкций повышенной транспортабельности. Саратов: СГТУ, 2007. – 288с.
2. *Ращепкина С.А.* Новые пространственные ребристые металлические конструкции зданий и сооружений. Промышленное и гражданское строительство, 2009, №7. С. 48-50.
3. *Попов Е.Л.* Нелинейные задачи статики тонких стержней. М.: Гостехиздат, 1948. – 170с.
4. *Погорелов А.В.* Дифференциальная геометрия. М.: изд-во «Недра». 1969. 176с.
5. *Никиреев В.М.* Приближенный метод проверки устойчивости цилиндрических резервуаров // Исследования процесса монтажа трубопроводов и резервуаров. Сб. науч. тр. ВНИИМСС М., 1984.

05.22.07

А.П. Буйносов д.т.н., Д.К. Зенович

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Электрическая тяга», Екатеринбург, buynosov@mail.ru, shaman_igg@mail.ru

СИСТЕМА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ АВАРИЙНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

В статье приводится анализ требований к системам пассивной безопасности железнодорожного подвижного состава, приводятся рассчитанные силы в упругих связях возникающие при различных случаях столкновения вагонов.

Ключевые слова: *подвижной состав, авария, столкновения, защита, пассивная безопасность, система.*

Современный скоростной и высокоскоростной транспорт – это не только большие скорости и комфортабельность, но и требуемый высокий уровень безопасности железнодорожных перевозок. Для этого одновременно с устранением возможных причин возникновения аварийных ситуаций и разработкой повышенных технических требований безопасной эксплуатации подвижного состава [1] идет усовершенствование существующих конструкций, путем оборудования системой специальных пассивных средств защиты в аварийных ситуациях [2], основная цель которых уменьшить продольные силы, возникающие при столкновении поездов или наезд на препятствие.

В настоящий момент в Европе степень безопасности перевозимых пассажиров и грузов на железнодорожном транспорте регулирует европейский стандарт EN-15227 «Подвижной состав железных дорог. Требования стойкости к ударным нагрузкам кузовов вагонов» [3]. В России же аналогичный документ называется «Технический регламент ЕврАзЭС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» [4]. Соответствие этим документам является важнейшим критерием для перевозчика.

Одним из главных требований этих стандартов является наличие системы пассивной безопасности (СПБ), исполняющей основные сценарии столкновения. При проектировке СПБ необходимо рассмотреть четыре сценария столкновения. Скоростной и высокоскоростной подвижной состав входят категорию С-I (Таблица 1 EN-15227) [3].

Таблица 1

Сценарий столкновения

Сценарий столкновения	Столкновение с препятствием	Описание столкновения	Скорость столкновения, км/ч			
			С-I	С-II	С-III	С-IV
1	Идентичная единица.	Столкновение двух идентичных единиц.	36	25	25	15
2	Вагон 80 т.	Столкновение с вагоном оснащенным боковыми буферами.	36	-	25	-
3	15 т. Деформируемое препятствие.	Столкновение с препятствием (например транспортное средство на железнодорожном переезде).	50–110	-	25	-
4	Не большое или низкое препятствие.	Столкновение с низким препятствием.	см. табл. 2	-	см. табл. 2	-

Таблица 2

Требования к производительности дефлектора препятствий, в кН

Эксплуатационная скорость	>160 км/ч	140 км/ч	120 км/ч	100 км/ч	< 80 км/ч
Статическая нагрузка на центральную линию	300 кН	240 кН	180 кН	120 кН	60 кН
Статическая нагрузка на расстоянии 750 мм от центральной линии	250 кН	200 кН	150 кН	100 кН	50 кН

Чтобы уменьшить последствия удара с препятствием на пути, ведущие концы электровозов и вагонов должны быть оснащены дефлектором препятствий, требования к производительности которых, указаны в стандарте EN-15227.

В настоящее время в России разработана стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года [5]. Ее решение направлено на преодоление технического и технологического отставания России от передовых стран мира по уровню железнодорожной техники. Один из принципов, положенных в основу стратегии: повышение уровня безопасности функционирования железнодорожного транспорта, что является важнейшим государственным приоритетом развития и модернизации отрасли, научных исследований и текущей эксплуатационной работы. Одной из основных задач рассматриваемой стратегии является задача разработки и адаптации новейших технологий и программно-аппаратных средств обеспечения безопасности, в том числе пассивных и активных средств защиты [6].

Так, например, система пассивной безопасности установлена на электропоездах «Ласточка», построенных немецкой компанией Сименс для ОАО «РЖД».

Согласно стандартам [4, 6] все современные электропоезда должны быть оборудованы системой пассивной безопасности, которая в случае аварийного столкновения без активного участия машиниста позволит обеспечить условия для защиты локомотивной бригады, пассажиров и персонала поезда, а так же значительно уменьшить степень повреждения железнодорожных экипажей, и как следствие сократить затраты на ликвидацию последствий аварии.

В состав СПБ должны быть включены съемные устройства поглощения энергии (УПЭ), сцепные устройства с механизмом поглощения энергии, устройства защиты от напоздания.

В штатной эксплуатации энергопоглощение при соударениях в процессе маневровой работы должно обеспечиваться не разрушаемыми поглощающими аппаратами сцепных устройств и буферами [7].

Поглощающие аппараты предназначены гасить часть энергии удара, уменьшая продольные растягивающие и сжимающие усилия, передающиеся на раму кузова вагона через автосцепку. Принцип их действия основан на возникновении в аппарате сил сопротивления и преобразовании кинетической энергии соударяющихся масс в другие виды энергии (в работу сил трения и потенциальную энергию деформации упругих элементов аппарата).

Основным показателем защитных свойств подвижного состава можно назвать суммарную энергоемкость соударяющихся вагонов относительно уровня приложенных продольных сил. Для увеличения энергоемкости можно применять вагоны, оснащенные подвижными хребтовыми балками (см. рис. 1).

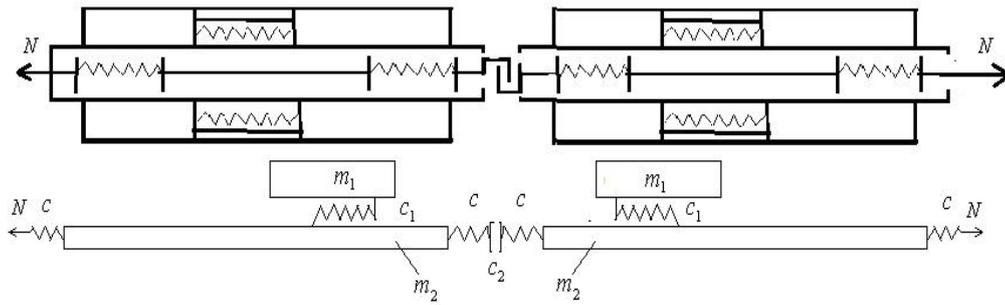


Рис. 1. Схемы вагонной упряжки с подвижной хребтовой балкой

Рассчитаем силы взаимодействия возникающие при соударении вагонов, принимая, для упрощения, что все связи упругие и линейные. Усилия в упругих связях:

$$N_1 = c_1 \cdot q_1, N_2 = c_2 \cdot q_2, N_3 = c_1 \cdot q_3, \tag{1}$$

где c_1 – жесткость связи кузова с подвижной хребтовой балкой; c_2 – жесткость связи между подвижными хребтовыми балками; m_1 – масса вагона без учета массы подвижной хребтовой балки; m_2 – масса подвижной хребтовой балки; q_1, q_2 и q_3 – деформации упругих связей.

Так как система симметрична $q_1 = q_3$, тогда относительные перемещения масс можно описать системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \ddot{q}_1 + a_1 \cdot \dot{q}_1 - a_2 \cdot q_2 = 0, \\ \ddot{q}_2 + 2 \cdot a_2 \cdot \dot{q}_2 - 2 \cdot a_3 \cdot q_1 = 0. \end{cases} \tag{2}$$

где a_1, a_2 и a_3 – коэффициенты. $a_1 = \frac{c_1}{m_1} + \frac{c_1}{m_2}, a_2 = \frac{c_2}{m_2}, a_3 = \frac{c_1}{m_2}$.

Начальные условия примем: $t = 0, q_1 = q_2 = 0, \dot{q}_1 = 0, \ddot{q}_2 = v$, тогда решение системы уравнений (1) будет:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{v \cdot a_2}{p_1 \cdot (p_2^2 - p_1^2)} \cdot \sin p_1 t - \frac{v \cdot a_2}{p_2 \cdot (p_2^2 - p_1^2)} \cdot \sin p_2 t, \\ q_2 = \frac{v \cdot (a_2 - p_1^2)}{p_1 \cdot (p_2^2 - p_1^2)} \cdot \sin p_1 t - \frac{v \cdot (a_1 - p_1^2)}{p_2 \cdot (p_2^2 - p_1^2)} \cdot \sin p_2 t. \end{cases} \tag{3}$$

где $p_{1(2)}$ – частоты, определяемые по формуле:

$$p_{1(2)} = \sqrt{\frac{a_1 + 2 \cdot a_2 \pm \sqrt{(a_1 - 2 \cdot a_2)^2 + 8 \cdot a_2 \cdot a_3}}{2}}. \tag{4}$$

В таблице 3 приведены результаты расчетов по полученным формулам при соударении вагонов со скоростью $v = 4,3$ м/с (15 км/ч) для случаев:

- 1) оба вагона с подвижными хребтовыми балками при $m_1 = 82$ т.; $m_2 = 3$ т; $c_1 = 2,1$ МН/м; $c_2 = 16$ МН/м;
- 2) только один из вагонов имеет подвижную хребтовую балку, в то время как другой – обычный вагон с массой $m_3 = 85$ т;
- 3) ни один из вагонов не имеет хребтовой балки, $m_1 = m_2 = 85$ т.

Таблица 3

Силы в упругих связях

Случай соударения	Сила, МН	
	N_1	N_2
1	0,85	1,4
2	1,15	1,7
3	3,50	3,5

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что при использовании подвижной хребтовой балки значительно уменьшается сила взаимодействия при соударениях.

В тоже время если произойдет соударение с той же скоростью двух вагонов не имеющих хребтовых балок (случай 3) сила взаимодействия в соединении вагонов возрастет до 3,5 МН, что создаст внутри вагона ускорение более 40 м/с.

Список литературы

1. Буйносов А.П., Зенович Д.К. Выбор способа восстановления работоспособности осей колесных пар электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 3. С. 100-102.
2. Буйносов А.П., Зенович Д.К. Анализ причин отказов осей колесных пар электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 3. С. 97-99.
3. EN-15227:2008. Railway applications – Crashworthness requirements for railway vehicle bodies. Brussel: European committee for standardization, 2008. 37 p.
4. О безопасности железнодорожного подвижного состава. Технический регламент ЕврАзЭС. ТР 000_00_ЕврАзЭС. Решение Комиссии таможенного союза ЕврАзЭС от 15.07.2011 г. № 710.
5. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года // Транспортная безопасность и технологии. 2008. № 4. С. 25-37.
6. Технические требования к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм: утв. распоряжением ОАО «Российские железные дороги» от 20.12.11 № 2740р.
7. Кобищанов В.В. Разработка конструктивных мер повышения пассивной безопасности отечественных пассажирских вагонов / В.В. Кобищанов, Д.Я. Антипин, Д.Ю. Расин, С.Г. Шорохов // Вестник Брянского государственного технического университета. 2013. № 4. С. 27-32.

05.22.07

А.П. Буйносов д.т.н., Я.А. Мишин

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Электрическая тяга», Екатеринбург, buynosov@mail.ru, yaroslav_mishin@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРОВЗОВ 2ЭС6

В статье приведен анализ отказов подшипников колесно-моторного электровозов 2ЭС6, определены зависимости интенсивности отказов буксового, моторно-осевого и моторно-якорного подшипников от пробега.

Ключевые слова: *электровоз, колесно-моторный блок, подшипники, отказ, интенсивность, определение.*

Подшипники колесно-моторного блока являются одним из ответственных узлов механической части электровозов 2ЭС6. Разрушение подшипников приводит к заклиниванию колесно-моторных блоков, возникновению ползунов на поверхности качения колес и как следствие, к длительным задержкам поездов, срыву графика и нарушению безопасности движения [1, 2].

Конструктивно моторно-осевые подшипники представлены коническими подшипника качения, которые рассчитаны на долговечность не менее 5 млн км пробега. В корпусе буксы размещен двухрядный конический роликовый подшипник закрытого типа с эластомерным уплотнением расчетный пробег составляет 1,4 млн км [3].

Несмотря на конструктивные решения, заявленная долговечность подшипников заводом-изготовителем не обеспечивается, что подтверждается результатами эксплуатации электровозов 2ЭС6 [4].

После проведения текущего ремонта в сервисном локомотивном депо Свердловск в течение 2-х лет велись наблюдения за 11 электровозами, которые эксплуатировались на полигонах Свердловской, Западно-Сибирской и Южно-Уральской железных дорогах. Объектами исследования были подшипники колесно-моторного блока (буксовый, моторно-осевой и моторно-якорный подшипники).

За каждым из 528 подшипников велись наблюдения, фиксировались случаи возникновения повреждения (отказ) и пробег L . В результате проведенных исследований, за период от 0 до пробега 30 тыс. км было зафиксировано 27 отказов подшипников, из которых отказало 7 – буксовых, 9 – моторно-осевых и 11 моторно-якорных [5].

При проведении комиссионного осмотра и вибродиагностики отказавших подшипников, в сервисном локомотивном депо Свердловск, были выявлены основные дефекты: ослабление внутреннего кольца подшипника на оси колесной пары; примесь графита, а также разжижение и обводнение смазки в узле; выдавливание смазки через лабиринтные кольца в корпус подшипника; отгорание краски на корпусе – признак перегрева (отсутствие смазки в подшипнике).

С целью оценки надежности устройств часто используем количественную характеристику интенсивность отказов $\lambda(l)$. Этот показатель представляет собой плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемую для рассматриваемого момента времени (наработки) l при условии, что до этого момента отказ не возник [6–8].

Для определения интенсивности λ отказов каждого типа подшипника весь полученный статистический материал в каждой группе был разбит на K интервалов пробега (наработки) шириной $\Delta l = 5 \cdot 10^3$ км, сведен в таблицу 1, при этом интенсивность отказов определяли по формуле (1):

$$\lambda = \frac{\Delta n}{m\Delta l} = \frac{\Delta n}{(N - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta n_j)\Delta l}, \quad (1)$$

$$j < i, j = 1, 2, \dots, K - 1,$$

где m – число подшипников, работоспособных к началу i -го интервала; Δn – число повреждений (отказов) подшипников на i -ом интервале ($i = 1, 2, \dots, N$).

Таблица 1

Показатели работоспособности подшипников колесно-моторного блока

Тип подшипника	Интервалы пробега, l , тыс. км	Количество отказов, Δn	Интенсивность отказов, $\lambda(l) \cdot 10^{-3}$, 1/тыс. км
Буксовый	0–5	0	0
	5–10	1	1,136
	10–15	1	1,142
	15–20	1	1,149
	20–25	2	2,312
	25–30	2	2,339
Моторно-осевой	0–5	0	0
	5–10	1	1,136
	10–15	1	1,142
	15–20	2	2,298
	20–25	2	2,325
	25–30	3	3,529
Моторно-якорный	0–5	1	1,136
	5–10	0	0
	10–15	1	1,142
	15–20	2	2,298
	20–25	3	3,488
	25–30	4	4,733

Анализ отказов подшипников колесно-моторного блока в сервисном локомотивном депо Свердловск показал, что с увеличением пробега интенсивность отказов возрастает [9–11].

Для подтверждения этой зависимости $\lambda(l)$ были аппроксимированы методом наименьших квадратов различными видами функций. Минимальные значения остаточных дисперсий были получены в случае аппроксимации зависимостей линейными функциями вида

$$\lambda(l) = a(l + b), \quad (2)$$

где l – пробег до возникновения отказа.

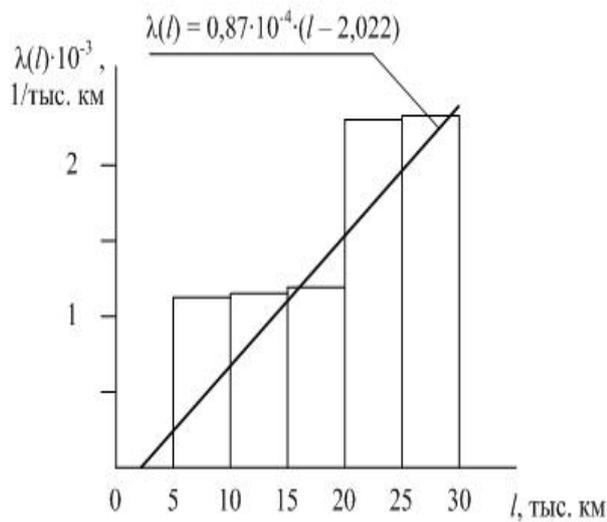


Рис. 1. Интенсивность отказов буксовых подшипников

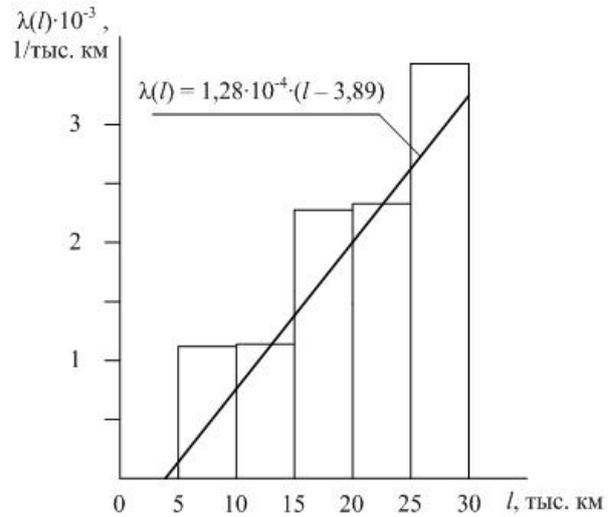


Рис. 2. Интенсивность отказов моторно-осевых подшипников

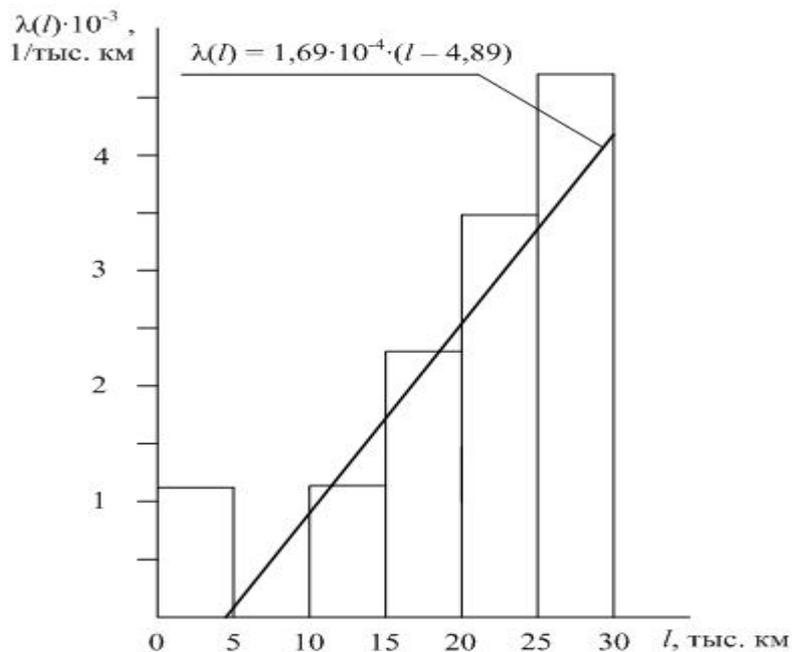


Рис. 3. Интенсивность отказов моторно-якорных подшипников

Значения коэффициентов a и b , коэффициентов корреляции представлены в таблице 2, из которой видно, что значения всех коэффициентов корреляции $r_{\lambda l}$ близки к единице. Это свидетельствует об адекватности линейной аппроксимации, то есть о достаточно тесной связи интенсивности отказов с величиной пробега.

Таблица 2

Коэффициенты уравнений регрессии интенсивности отказов

Тип подшипника	Коэффициенты уравнения регрессии		Коэффициент корреляции $r_{\lambda l}$	Остаточная дисперсия, $S^2_{ост} \cdot 10^{-6}/тыс. км^2$
	$a, 10^{-4}/тыс. км$	$b, тыс. км$		
Буксовый	0,87	-2,022	0,927	0,771
Моторно-осевой	1,28	-3,89	0,969	1,521
Моторно-якорный	1,69	-4,89	0,909	3,03

Из построенных диаграмм интенсивности отказов (см. рис. 1–3) для подшипников колесно-моторного блока видно, что с увеличением пробега возрастает количество отказов.

Таким образом, встает задача выявления причин выхода из строя подшипниковых узлов, разработки технологии уменьшения интенсивности отказов, повышения долговечности подшипников колесно-моторного блока электровоза 2ЭС6.

Список литературы

1. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 85-89.
2. Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Гузенкова Е.А., Мишин Я.А. Повышение надежности роликовых подшипников тяговых двигателей электровозов постоянного тока // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 117-120.
3. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ отказов узлов электровозов постоянного тока на основе закона Парето // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 2. С. 97-100.
4. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ надежности узлов электровозов ВЛ10 и ВЛ11 на основе диаграммы Исикавы // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 2. С. 93-96.
5. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение долговечности опорных цилиндрических роликовых подшипников тягового привода пассажирского электровоза // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С. 151-154.
6. Буйносов А. П. Влияние шероховатости посадочных поверхностей на надежность соединения «бандаж–обод» // Вестник УрГУПС. 2010. № 1. С. 49-58.
7. Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Мишин Я.А. Исследование причин повреждения подшипников тяговых двигателей электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 113-116.
8. Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Мишин Я.А. Разработка способа предупреждения монтажных задиров якорных подшипников тяговых электродвигателей электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 1. С. 121-124.
9. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ надежности узлов электровозов ВЛ11 на основе принципа Парето и диаграммы Исикавы // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 1. С. 317-320.
10. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ причин отказов узлов электровозов на основе закона Парето и диаграммы Исикавы // Вестник транспорта Поволжья. 2013. № 3. С. 35-39.
11. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ использования вибродиагностического комплекса ОМСД-02 в ремонтном локомотивном депо // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 5. С. 126-129.

05.23.22

И.А. Бунькина

Национальный исследовательский университет
Московский государственный строительный университет (МГСУ),
институт Жилищно-коммунального комплекса,
Москва, ilona1808@mail.ru

МНОГОАСПЕКТНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ОРГАНИЗАЦИИ ДЕТСКИХ ДВОРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ – ПЛОЩАДОК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

В работе представлены результаты изучения состояния детских дворовых площадок и рекреационных территорий. Предложена концепция благоустройства дворов, которая поможет сделать вклад в интеллектуальное развитие детей.

Ключевые слова: *детские дворовые площадки, благоустройство, системный подход, экология, озеленение, зонирование, интеллектуальная направленность, повышенная комфортность, бетон.*

Проблема эффективного благоустройства и озеленения дворовых территорий актуальна и требует нового осмысленного и ответственного подхода. Если решение озеленения возможно при эффективном и интенсивном подходе и учёте симбиоза высаживаемых растений, их выживаемости, фитоэкологии и при организации правильного ухода за ними, то проблема благоустройства детских дворовых и рекреационных территорий гораздо более многоаспектна и сложна.

В условиях упущенного времени и возможностей для интеллектуального обустройства детских дворовых площадок и рекреационных городских территорий на должном уровне нужно скооперировать усилия архитекторов, ландшафтников, дизайнеров, художников, строителей, педагогов, психологов и медиков, а также специалистов физкультурно-оздоровительного профиля.

В основу концепции среды для духовного, интеллектуального и физического развития, создаваемой средствами архитектурной и образной пластики, заложены требования познавательной, интеллектуальной игровой деятельности детей, в том числе детей-инвалидов разных возрастных групп.

Особое внимание должно уделяться детским дворовым площадкам, где при зонировании дворовых и рекреационных территорий на зоны «тихого» и активного отдыха, их чередования через двор, закладывается принцип комфортности всех возрастных групп.

Большинство малых архитектурных форм и элементов благоустройства предлагается изготавливать из высокопрочного, антивандального декоративного бетона класса В 60 (марки 800), т.е. с прочностью на сжатие 80 МПа, получаемого на основе активированного портландцемента, яркой окраски, высокой эстетичности и архитектурно-художественной выразительности. Предлагаемые для самых взыскательных пользователей, которыми являются дети, изделия должны радовать глаз и повышать настроение. Благодаря высокоплотной структуре поверхности элементы благоустройства из высокопрочного декоративного бетона имеют чистый декоративный цвет, четкие и мягкие грани, однородную поверхность, не подверженную загрязнению, поэтому при эксплуатации уход за ними существенно упрощается — пыль можно смыть просто струей воды.

Благоустроенные композиции из декоративных элементов и малых архитектурных форм из высокопрочного бетона повышенной эксплуатационной стойкости имеют не только высокоэстетичный вид и архитектурно-художественную выразительность, но и позволяют при минимальных затратах на уход поддерживать в городе высокий уровень комфорта.

Понятно, что востребованность обучающих детских площадок сдерживается отсутствием достаточного финансирования.

Другой путь уложиться в имеющиеся финансовые ресурсы заключается в озеленении и минимальных мероприятиях по благоустройству для старшего поколения, например, двух дворов, что даст возможность устроить на третьем объекте «детский интеллектуальный центр», удовлетворяющий детскую любознательность и обучающий детей разных возрастных групп.

В конечном счете, эти средства пойдут не просто на реконструкцию дворовых территорий - это станет вложением в воспитание подрастающего поколения.

Рассмотрев интеллектуальный аспект благоустройства детских площадок, необходимо выделить проблему экологической безопасности дворовых площадок и городских рекреационных территорий, выделяемых для детей. И действительно, принцип «каждому двору по песочнице» не только малопродуктивен, но он и небезопасен - обязательно должна быть проверена экология каждого предлагаемого участка. Проектированию детских дворовых площадок и благоустройству рекреационных городских территорий должно предшествовать изучение природной среды, источников ее загрязнения, а также должна быть использована информация из Государственного градостроительного кадастра о перспективности площадки. Загрязнение окружающей среды в зоне благоустраиваемых территорий не может иметь природное или антропогенное увеличенное содержание различных веществ и (или) энергии, обуславливающих негативные экологотоксикологические последствия. В основном, это три вида загрязнений:

- физическое – шумовое, световое, тепловое, вибрация, электрическое, электромагнитные поля, радиоактивное и радоновое воздействия (не более 100 Бк/м³ воздуха), тонизирующее излучение и др.;
- химическое – превышающие ПДК концентрации бензола, сульфатов, бензопирена, пестицидов, ядохимикатов и др., способных накапливаться в организме и оказывать вредное воздействие на здоровье;
- биологическое – бактериологическое загрязнение (проникновение в экосистему патогенных животных, растений и микроорганизмов), антропогенное воздействие (возникает в результате хозяйственной деятельности людей и мероприятий по их жизнеобеспечению).

Эти виды загрязнений негативно воздействуя на здоровье человека, а детей в первую очередь, накапливаясь в организме, обладают аллергенной, мутагенной и канцерогенной активностью. Все эти возможные негативные проявления загрязнений не могут не сказываться на здоровье детей, поэтому к обследованию текущего состояния окружающей среды выбираемых детских площадок и рекреационных территорий должно быть уделено достаточное внимание. Строительным работам по благоустройству детских площадок должно предшествовать их обследование на предмет экологической безопасности и обеспечение возможности соблюдения всех санитарно-гигиенических норм и правил, наличие утвержденного проекта и положительного заключения Государственной экологической экспертизы с полным соблюдением требований в области охраны окружающей среды и санитарии, а также строительных требований, норм и правил. Гарантией проведения всех необходимых работ на должном уровне являются ответственные и согласованные действия приемной комиссии в составе ответственных органов: государственного экологического контроля, санитарно-эпидемиологических служб, строительного надзора и представителей хозяйствующего субъекта. Важно, чтобы строители использовали современные экологически чистые и прогрессивные материалы. В частности, целесообразно, с точки зрения безопасности, в том числе бактериологической, применение при отделке МАФ и другого оборудования гигиеничных бактерицидных лакокрасочных материалов. Лакокрасочные материалы с добавкой ГХ - гексахлорида образуют на поверхности окрашенных предметов (игровых и спортивных снарядов и МАФ) бактерицидную пленку, обладающую дезинфицирующим эффектом высокой активности. Применение отечественных элитных бактерицидных красок для профилактики капельных

инфекционных заболеваний - необходимая мера для защиты детского здоровья.

Обустройство детских площадок игровыми предметами и МАФ интеллектуальной направленности и защита детского здоровья позволят поднять на должный уровень физическое, нравственное и интеллектуальное воспитание детей, вырастить подрастающее поколение добрыми, творчески созидательными, интеллектуально развитыми, нравственно и физически здоровыми. Активная работа по подбору цветовой гаммы бетонов позволила выпускать окрашенные в объеме изделия самых ярких расцветок. С появлением новых материалов и технологий ландшафтные архитекторы имеют возможность собирать из бетонной брусчатки мозаичные покрытия — от орнамента ковра до фантастических фигур Эшера. Декоративный (архитектурный) бетон в виде конкретных изделий может украсить и обогатить детские дворовые центры изделиями интеллектуальной направленности. Возможности архитектурного бетона в сочетании с современными технологиями столь обширны, что по-настоящему могут быть раскрыты только при сотрудничестве профессионалов в различных областях: городского хозяйства, технологии бетона, скульптуры, архитектуры, дизайна.

Список литературы

1. *Гиясов Б.И.* Влияние развития инфраструктуры городов на жилую среду // Вестник МГСУ. 2012. №4. С. 17-21.
2. *Касьянов В.Ф., Табаков Н.А.* Основные подходы к обновлению сложившейся территории городов // Научное обозрение. 2012. С.159-165.
3. *Касьянов В.Ф., Табаков Н.А.* Опыт зарубежных стран в области реконструкции городской застройки // Вестник МГСУ. 2011. №8. С.21-27.
4. *Касьянов В.Ф., Ляпина А.В., Чернышева О.И.* Экологическая реконструкция городской застройки // Вестник МГСУ. 2011. №8. С.50-57.
5. *Ле Ван Зунг.* Архитектурное формирование городского жилища СРВ с учётом требований отдыха населения. Диссертация канд. техн. наук арх. С.-Петербург, 2010. 159 с.
6. *Наназашвили И.Х.* Экологическая безопасность строительства и архитектуры // Жилищное строительство, 2002. №5. С. 21 -22.
7. *Сонов Г.Н.* Зеленая вертикаль // ЖКХ, 2002. №4. С.22-25.
8. *Самойлова Н.А.* Современные направления градостроительной науки в аспекте территориального планирования // Вестник МГСУ. 2013. №11. С.210-217.
9. *Mosser M., Teysot G.* The Architecture of Western Gardens. - Cambridge, USA, 1991. Oldham J. and R. Garden in time, 1980.
10. *Chandro S., Berntsson L.* Behavior of Calcaum Hydroxide with Sturene-Methacrylate Polymer Dispersion // Cement and Concrete Research, 1981. - V. 11. - N 1. - P. 125 - 129.

05.23.02

В.В. Воронцов, В.М. Чикишев, Ю.В. Огороднова, А.С. Липихин

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет,
строительный институт, кафедра строительных конструкций,
Тюмень, lipikhin_as@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СЛАБОГО ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ, АРМИРОВАННОГО ГЕОТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОЛОСОВОЙ НАГРУЗКИ

Приводятся результаты модельных (лотковых) экспериментальных исследований по изучению влияния смешанного армирования геотекстильным материалом слабого основания, сложенного переувлажненными глинистыми грунтами.

Ключевые слова: *слабый глинистый грунт, геотекстильный материал, армирование, автомобильная дорога.*

В настоящий момент Тюменская область вместе с входящими в ее состав Ханты-Мансийским и Ямало-Ненецким автономными округами является одним из наиболее динамично развивающихся регионов РФ. Во многом это связано с огромным сырьевым потенциалом региона. Основные запасы углеводородов сосредоточены в Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском автономных округах, но в последние годы в Тюменской области появился новый нефтедобывающий район, расположенный на юге региона.

При освоение новых месторождений возникают сложности в создании транспортной инфраструктуры. Это связано с особенностями грунтово-геологического строения осваиваемого района, а именно большим территориальным распространением «слабых» грунтов.

В основу проектного решения на участке залегания слабых грунтов может быть положен один из двух принципов [2]:

- удаление слабого грунта и замена его более прочными минеральными грунтами;
- использование слабого грунта в качестве основания насыпи с применением мероприятий, обеспечивающих устойчивость, стабильность и прочность дорожной конструкции.

При значительной протяженности участков со «слабыми» грунтами, его удаление приводит к резкому увеличению объема земляных работ, а, следовательно, к росту трудоемкости и стоимости. Поэтому направление исследований, основанное на гипотезе о возможности и целесообразности использования «слабых» грунтов в основании дорожных насыпей при условии, что конструктивные и технологические решения будут обеспечивать требования, предъявляемые к автомобильной дороге, является актуальной и практически значимой задачей.

За последние годы накоплен большой положительный опыт применения геотекстильных материалов в транспортном строительстве при решении задач связанных с обеспечением надежной и долговечной работы дорожных насыпей на слабых грунтах [1, 3].

Коллективом авторов было предложено следующее конструктивное решение.

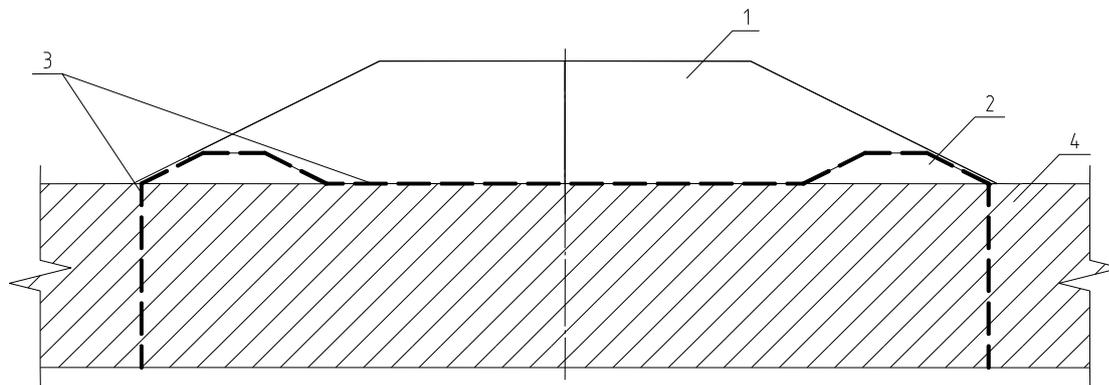


Рис.1. Конструктивная схема автомобильной дороги

1 – насыпь земляного полотна; 2 – упорный валик; 3 – геотекстильный материал;
4 – слабое основание

В основании автомобильной дороги на «слабом» грунте устраивается смешанное армирование (горизонтальное и вертикальное), по приведенной выше схеме, в качестве арматуры используется геотекстильный материал. Применение такой схемы позволит снизить общие деформации основания земляного полотна. Наличие вертикальных элементов позволит ограничить возможность выдавливания грунта основания за пределы контура подошвы насыпи (обеспечена устойчивость основания). Горизонтальные элементы позволяют распределять давление на основание более равномерно, кроме того наличие материала в основании насыпи служит своего рода прослойкой для разделения слоев, препятствуя проникновению частиц насыпного грунта в слабый грунт основания. Наличие упорных валиков в подоткосных зонах позволяет работать материалу, как единое целое, то есть с увеличением вертикальных деформаций грунта основания, происходит обжатие массива грунта вертикальными элементами, что препятствует развитию поперечных деформаций. Кроме того наличие упорных валиков, позволит увеличить общую устойчивость откосов.

Для качественной оценки предложенной гипотезы в межкафедальной экспериментальной лаборатории ФГБОУ ВПО ТюмГАСУ были проведены поисковые эксперименты.

Поскольку конструкция автомобильной дороги не изменяется по длине, имеет значительную протяженность по сравнению с ее поперечными размерами и сходное инженерно-геологическое строение массива грунта, представилось наиболее целесообразным проводить исследования в условиях задачи плоской деформации.

Для возможности сопоставления результатов исследования работы слабого основания, под действием возрастающей равномерно распределенной статической нагрузкой эксперименты проводились при двух условиях: без армирования основания и с армированием основания тканым геотекстильным материалом (рис.2.).

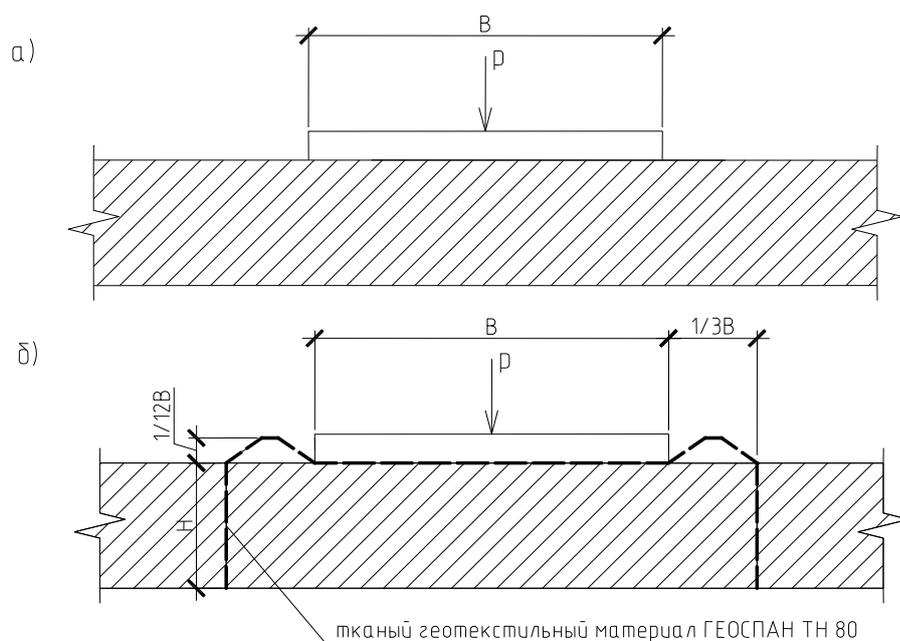


Рис.2. Конструкции основания при проведении модельных экспериментов
 а) основание без армирования; б) основание, армированное тканым геотекстильным материалом

Для проведения исследований была использована экспериментальная установка, представляющая собой объемный металлический лоток размерами 1250×1250×1250 мм.

При имитации грунтовых условий рассматривалась модель однослойного, выдержанного по мощности слабого основания, сложенного переувлажненными глинистыми грунтами мягкопластичной консистенции и выше. В качестве грунта основания использовалась специально приготовленная глинистая паста. Основными определяющими характеристиками при создании грунтовой пасты были приняты: E – модуль деформации, S_r – степень водонасыщения, I_L – показатель текучести. Для приготовления пасты использовался предварительно высушенный до полной потери влажности глинистый грунт. Грунт измельчался до пылеватого состояния, далее с учетом требуемых значений консистенции затворялся водой и перемешивался до образования однородной пасты. Такая технология позволила провести опыты в одном диапазоне грунтовых условий. Основные физико-механические характеристики грунтовой пасты используемой в экспериментах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунтовой пасты

Наименование характеристики	Интервал значений
Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	2,68-2,71
Плотность грунта ρ , г/см ³	1,82-1,88
Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	1,37-1,44
Коэффициент пористости e , д.ед.	0,86-0,98
Степень водонасыщения S_r , д.ед.	0,92-0,96
Модуль деформации E , МПа	4,4-5,7
Влажность грунта W , %	30,9-33,2
Влажность на границе текучести W_L , %	31,4-35,1
Влажность на границе раскатывания W_p , %	16,4-17,4
Число пластичности I_p , %	15,0-17,7
Показатель текучести I_L , д.ед.	0,90-0,97
Удельное сцепление c , МПа	0,004-0,010
Угол внутреннего трения ϕ , град.	2

Перед загрузкой лотка для уменьшения сил трения, возникающих между испытуемым грунтом и стенками лотка, на их поверхность с помощью технического вазелина помещалось два слоя полиэтиленовой пленки. Наличие смазки между пленками и стенками лотка позволяет испытуемому грунту совместно с пленками перемещаться под действием нагрузки, что позволяет добиться требуемого эффекта. Паста послойно ($h=120$ мм) укладывалась в экспериментальный лоток, для создания однородного по плотности основания, каждый слой консолидировался под действием внешней статической нагрузки. Высота основания была принята равной $H=1200$ мм. Для сохранения требуемой влажности поверхность грунтовой модели закрывалась полиэтиленовой пленкой.

В эксперименте, моделирующем армированное основание, предварительно укладке грунта на глубину $H=1200$ мм были внедрены две вертикальные полосы из армирующего материала на расстояние $1/3B$ (ширина упорного валика) от краев штампа. После укладки грунта на поверхность грунтовой модели устанавливались упорные валики трапецеидального сечения, выполненные из древесины. Армирующий материал окаймлял валики и соединялся между собой внахлест на продольной оси штампа. В качестве армирующего материала применялся тканый геотекстиль «Геоспан ТН 80», основные характеристики материала армирования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики армирующего материала

Характеристика	Ед. изм.	Геоспан ТН 80
Поверхностная плотность	г/м ²	365
Предел прочности при растяжении, не менее (по длине)	кН/м	80
Предел прочности при растяжении, не менее (по ширине)	кН/м	72
Относительное удлинение, не более (по длине)	%	18
Относительное удлинение, не более (по ширине)	%	15
Водопроницаемость при давлении 10 кПа	л/м ² ×сек.	24
Прочность при продавливании	кН	9,0±0,5

Для измерения послойных перемещений толщи слабых грунтов по глубине в экспериментах были использованы глубинные марки, установленные под штампом через каждые 120 мм до глубины 1080 мм. Контроль за перемещениями всех марок осуществлялся с помощью прогибомеров с точностью 0,1 мм. Статическое закрепление измерительных приборов производилось на реперную систему, жестко закрепленную к стенкам лотка.

Нагрузка на основание передавалась при помощи консольно-рычажной системы, через прямоугольный штамп с размерами 1200×120 мм, площадь подошвы $A=144000$ мм². Отношение длины штампа к ширине подошвы $L/B=10:1$. Давление прикладывалось ступенями по 2 кПа. Каждая ступень выдерживалась до достижения условной стабилизации осадок, принятой равным 0,1 мм за 2 часа наблюдений. Общий вид экспериментальной установки приведен на рис.3.



Рис.3. Общий вид экспериментальной установки

На рис.4 приведены зависимости осадки штампа S от действующего давления p , которые свидетельствует о высоком эффекте применения предложенной схемы армирования.

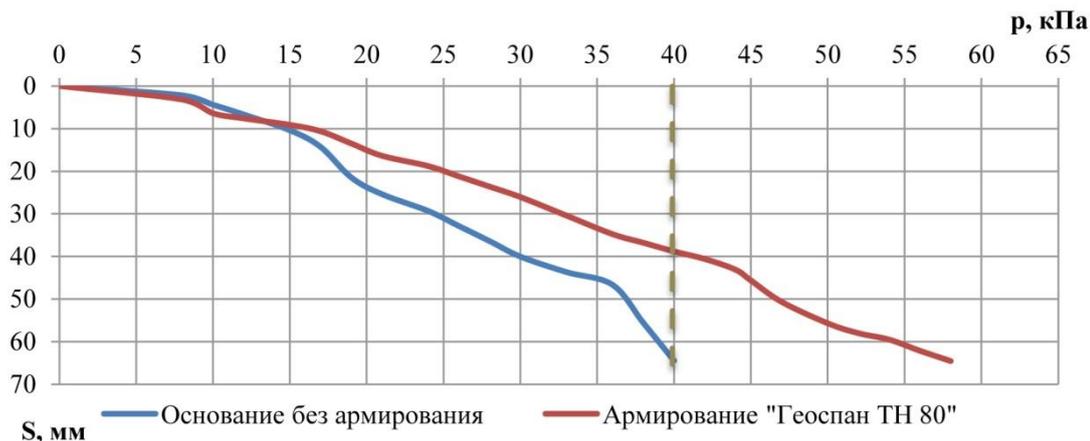


Рис.4. График зависимости осадки штампа от действия возрастающей статической нагрузки

Характер развития послойных деформаций по глубине основания представлен на рис.5.

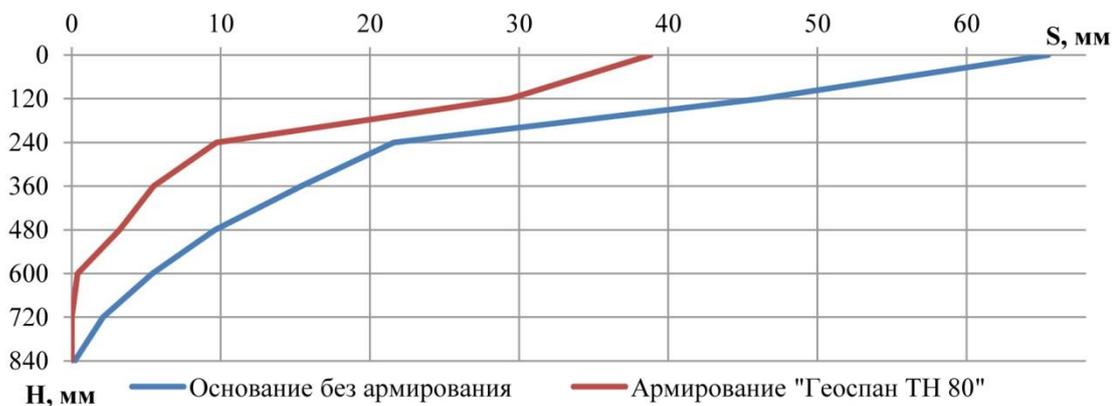


Рис.5. Величина перемещений грунтовых марок при $P=40$ кПа

Полученные зависимости являются исходным материалом для проведения дальнейших исследований по определению оптимальных условий работы предложенной конструкции, а так же условий ее рационального применения.

Выводы:

1. Анализ полученных результатов показывает, что при использовании предложенной схемы армирования основание выдерживает на 47% нагрузки больше, чем без армирования при равных величинах деформации.

2. Основная часть деформаций грунтовой толщи происходит на глубине до 240 мм, где зафиксировано более 70% общей осадки грунтовой толщи. В эксперименте моделирующем армированное основание марки, расположенные на глубине, начиная с 600 мм практически не перемещаются.

3. Необходимо более детальное изучение влияние формы, размеров и материала упорных валиков, а так же характеристик материала армирования на развитие деформаций в грунтовом массиве.

Список литературы

1. *Васильев Е.Г., Кошкаров Е.В.* Применение тканного геотекстиля «Геоспан ТН» в условиях Ямала // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог. Сборник научных трудов ОАО «Гипродорнии» 2013 №4 (63) С.144-150
2. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах Москва 2004
3. *Чижиков И.А., Слепнев П.А.* Применение геосинтетических материалов (геотканей) для обеспечения экологической безопасности строительства нефтегазопромысловых дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2012. - №1; URL: www.science-education.ru/101-5346 (дата обращения: 17.01.2014).

05.02.22

А.В. Гинзбург д.т.н., П.Б. Жавнеров

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
г. Москва, ginav@mgsu.ru, pzhav@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ОРГАНИЗАЦИОННО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Функционирование строительной организации определяется взаимодействием множества элементов, как технических (орудия труда, механизмы, строительная техника и т.д.) так и социальных систем (коллективы рабочих, руководители и т.д.). В связи с этим на строительную отрасль оказывают влияние случайные факторы. В результате формируется стохастическая система, для управления и анализа поведения которой необходимо применение теории вероятности и математической статистики.

Ключевые слова: организационно технологическая надежность, ОТН, организационные структуры в строительстве, структурные мероприятия, надежность строительства, планирование в строительстве.

Организационно технологическая надежность (ОТН) - вероятность достижения строительной организацией цели (строительства объекта в установленный срок с заданным уровнем качества). ОТН строительной организации можно оценить на основе её предыдущего опыта. Чем более следующий проект будет схож с условиями, в которых производился предыдущий (объем строительно-монтажных работ, время проведения, природные условия, географическое расположение, удаленность ресурсов, технология производства работ и т.д.) тем более четко будут проявляться те или иные закономерности влияния случайных факторов. В результате, при анализе общей картины надежности каждого объекта строительства, можно установить естественный уровень ОТН самой организации. Для достижения этой цели необходимо учесть следующие показатели: количество возникших отказов в день, простой в часах, причины отказов и т.д.

При строительстве объекта может происходить сдвиг сроков выполнения тех или иных работ из-за ряда случайных факторов, например: поломка машин, устранение брака, срыв сроков работ подрядчиком, необоснованные корректировки календарного плана. Все это влечет за собой увеличение продолжительности выполнения работ или требует увеличения количества рабочих и машин, для того чтобы сделать определенный объем работ в срок. При планировании опираются на возможные варианты развития событий и возможные исходы. Но на практике до сдачи объекта продолжительность производства неуклонно растет (рис.1).

Из графика видно, что при планируемом и фактическом варианте строительства был произведен одинаковый объем работ, но при этом затраченное время получилось разным (в этом случае мы опираемся на условие, что увеличение производственной мощности во время строительства было невозможно).

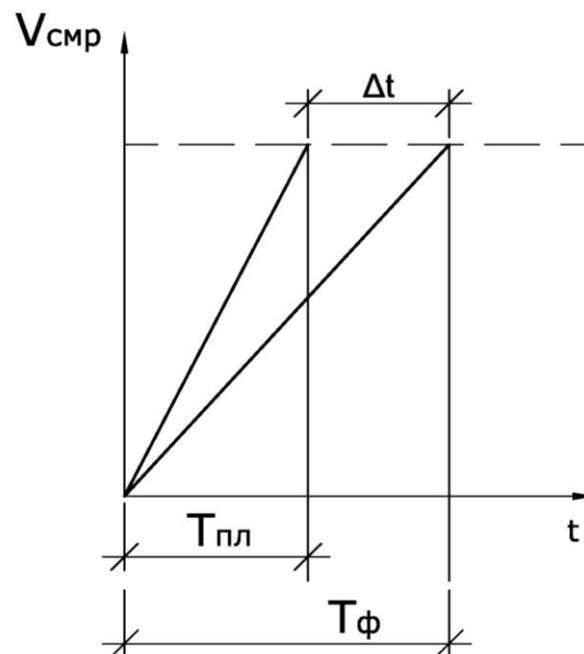


Рис. 1 График планируемого и фактического строительства объекта

$V_{\text{смп}}$ - объем строительно-монтажных работ; t - время затраченное на строительство объекта; $T_{\text{пл}}$ - планируемая продолжительность строительства объекта. $T_{\text{ф}}$ - фактическое время, затраченное на строительство; Δt - разница между фактически затраченным временем и запланированным

Из рис.1 видно, что для приближения к соответствию планируемых сроков производства работ и сдачи объекта в эксплуатацию к фактическим необходимо уменьшение отклонения Δt . Среди причин несоответствия реальных сроков строительства и планируемых можно выделить недостаточный учет влияния случайных факторов на процесс производства работ (не определен уровень ОТН организации), а также более сильное влияние случайных факторов на процесс строительства чем планировалось. В этих вопросах мы можем помимо определения уровня ОТН, проводить мероприятия по его повышению, что позволит уменьшить влияние ряда случайных факторов на производство строительных работ.

Анализ уровня ОТН организации позволяет получить необходимые данные, чтобы определить основные причины отказов, возникающих на строительной площадке, простоев работников и значимость влияния этих факторов. После чего происходит разработка мероприятий по повышению ОТН данной организации.

Существует множество строительных организаций, отличающихся по специфике, объему и способам производства работ, уровнем ОТН. В этом многообразии случайные факторы имеют разную силу влияния. При анализе выделяются наиболее ненадежные сектора, на которые и фокусируются все мероприятия. Повышение ОТН строительства - это плановый подход к оценке всей деятельности организации, определение её слабых сторон и проведение экономически целесообразных мероприятий по повышению надежности организации в целом, что приводит к следующим положительным результатам:

1. Появляется возможность определения норм выработки в конкретных условиях строительства, опираясь на предыдущий опыт. Это, в свою очередь, создает более адекватную картину при дальнейшем планировании и обеспечивает наилучшее соответствие плановых и реальных сроков строительства.

2. Уменьшается воздействие случайных факторов на строительный процесс, что, в свою очередь, уменьшает сроки фактического строительства.

3. В последующие периоды работы становится проще понять целесообразность и эффект от тех или иных мероприятий по повышению ОТН организации, что, в свою очередь, позволяет уменьшить себестоимость строительства и получить дополнительную прибыль.

Примерный результат повышения ОТН может выглядеть таким образом (рис.2):

Из рис. 2 видно, что планируемая продолжительность строительства увеличивается из-за использования стандартных выработок, а фактическая, в свою очередь, уменьшается ввиду проведения мероприятий по снижению влияния случайных факторов на увеличение продолжительности работ. При этом можно добиться того, что $\Delta t' \ll \Delta t$. То есть разница в планируемых и фактических расчетах продолжительности строительства будет много меньше, чем до проведения анализа ОТН.

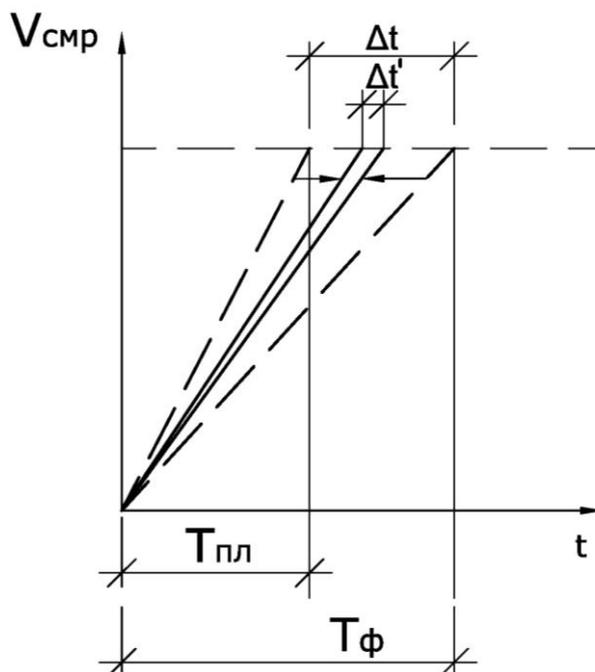


Рис. 2 График планируемого и фактического строительства объекта при анализе ОТН организации и проведении мероприятий по её повышению

Таким образом, продолжительность строительства объекта можно будет рассчитывать наиболее приближенно к реальному. Это, в свою очередь, позволит снижать стоимость конечной строительной продукции и контролировать прибыль.

В настоящее время наиболее эффективными становятся те организации, которые даже в такой стохастической деятельности как строительство, способны четко оценивать перспективы достижения запланированных показателей.

Список литературы

1. Батиенков В.Т., Чернобровкин Г.Я., Курнев А.Д. Технология и организация строительства. Управление качеством в вопросах и ответах // Феникс, 2007 – 400 с. – (среднее профессиональное образование)
2. Жавнеров П.Б., Гинзбург А.В. Повышение организационно-технологической надежности строительства за счет структурных мероприятий / Научно-технический журнал Вестник МГСУ, 2013, №3 -с. 196-200.
3. Синенко С.А. Информационная технология проектирования организации строительного производства// НТО «Системотехника и информатика», 1992. – 258 с.
4. Скиба А.А., Гинзбург А.В. Анализ риска в инвестиционно-строительном проекте / Научно-технический журнал Вестник МГСУ, 2012, №12 -с. 276-281.
5. Седых Ю.И., Лазебник В.М. Организационно-технологическая надежность жилищно-гражданского строительства. //– М.: Стройиздат, 1989. – 396 с. – (Надежность и качество)

05.23.11

Е.А. Дианова

Национальный исследовательский университет
Московский государственный строительный университет (МГСУ),
институт Жилищно-коммунального комплекса,
Москва, Dianovae@yahoo.com

ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМАТРИЦ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

При строительстве автомобильных дорог, в частности, в нефтегазовой промышленности возникает необходимость устройства подъездных и технологических проездов. В этом случае предлагается применение геоматриц, представляющих собой геосинтетический материал ячеистой структурой. Технические решения относятся к области повышения несущей способности оснований. Основная цель применения геоматриц – обеспечение надежного и долговечного функционирования сооружений, строительство и эксплуатация которых осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях.

Ключевые слова: геоматрица (ячеистая), вдольтрассовые дороги, подъездные пути, дороги в сельской местности.

Часто при постановке локальных задач строительства транспортных сооружений случается, что применение традиционных технологий и материалов недостаточно эффективно или слишком дорого. Иногда разумнее использование относительно новых идей, позволяющих решить проблемы значительно дешевле и быстрее.

Имеются ввиду геосинтетические материалы, например: георешетки, геотекстиль, геомембрана, геокомпозиты и геоматрицы.

В частности, при строительстве вдольтрассовых, подъездных и технологических проездов в нефтегазовой промышленности применяют геоматрицы.

Геоматрица (ячеистая) (рис. 1) представляет собой текстильную пространственную ячеистую конструкцию с линейно расположенными ячейками прямоугольной формы, сформированную оригинальным методом сшивания или методом термической сварки. Гибкое основание-дно работает на растяжение, препятствует продавливанию грунта сквозь ячейки и позволяет равномерно распределить нагрузку, действующую на насыпь в процессе ее эксплуатации. Дополнительно дно может выполнять функцию дренирующей прослойки. В качестве заполнителя ячеек геоматрицы может быть использован местный или привозной грунт (песок, гравийно-песчаная смесь, укрепленный грунт, вторичное сырье местного производства и др.).



Рис 1. Геоматрица, например, производства ООО «Спецполимернетфегазстрой»

При устройстве вдольтрассовой дороги производится лишь расчистка трассы, затем укладываются и заполняются грунтом геоматрицы. На объект данные изделия доставляются в сложенном виде. Их укладывают вплотную с применением монтажного металлического каркаса и связывают воедино, что позволяет получить сплошную конструкцию по всей ширине дороги. Заполнение ячеек геоматрицы производится экскаватором на всю их высоту. Затем специальный каркас снимается и переставляется для монтажа следующей геоматрицы. Монтажные работы способна обеспечить команда из четырех человек.

Основная цель применения Геоматриц ГМ – обеспечение надежного и долговечного функционирования сооружений, строительство и эксплуатация которых осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях. Применение данной технологии позволяет поддерживать высокий темп работ при сохранении обычного комплекса машин для возведения земляного полотна. В районах, где имеется дефицит годных грунтов для сооружения насыпи, применение грунтовых модулей или геоконтейнеров позволяют использовать местные грунты с низкими физико-механическими свойствами, что дает большой экономический эффект, сокращает стоимость строительства.

Использование геоматрицы в земляном полотне автомобильных дорог и дорог предприятий решает несколько проблем:

- повышение несущей способности грунтов;
- распределение точечной нагрузки от колеса автомобиля;
- удержание массива грунта или строительного материала;
- ограничение сдвиговых деформаций;
- разделение различных слоев грунта и строительного материала;
- уменьшение высоты насыпи;
- сокращение времени консолидации насыпи;
- снижение неравномерности осадки насыпи (уменьшение величины осадки);
- создание дренирующих прослоек.

С точки зрения строительства и эксплуатации применение Геоматриц позволяет:

- обеспечить возможность производства работ по строительству и капитальному ремонту объектов вне зависимости от времени года и климатических условий;
- обеспечить надежное функционирование земляного полотна транспортных и промышленных объектов, построенных на слабых грунтовых основаниях (в том числе на болотах I и II типов);

- повысить уровень промышленной безопасности опасных производственных объектов за счет повышения устойчивости и несущей способности основания земляного полотна дорог, вдольтрассовых и межпромысловых проездов, подъездов к объектам, площадочных объектов для обеспечения беспрепятственного оперативного проезда и работы строительной и специальной техники в любое время года и любых климатических условиях, в том числе при производстве аварийно-восстановительных работ при ликвидации инцидентов и аварий.

По результатам строительства и эксплуатации дорог с применением Геоматриц:

- уменьшаются затраты на строительные работы, эксплуатацию машин, механизмов и трудовых ресурсов.

- повышаются эксплуатационные качества земляного полотна и покрытия автомобильных дорог и увеличиваются межремонтные сроки.

Дорожное агентство уже на протяжении длительного времени активно внедряет новую технику и современные эффективные технологии при производстве дорожных работ. Так, в 2011 году на одном из сложных болотистых участках автодороги Занулье – Матвеевская – Гарь-Коржинский был проведен ремонт с применением геоматрицы для укрепления основания.

Для широкомасштабного внедрения на рынок новый материал должен пройти испытания и зарекомендовать себя у проектировщиков дорог и в РосдорНИИ. Для продвижения издаются документы для проектировщиков, регламентирующие применение новых материалов, получаются заключения НИИ о практике применения, результатах лабораторных испытаний, а также о результатах обследования дорог, построенных с применением геоматриц несколько лет назад.

Может быть, разумно, рассмотреть возможность применения, например, геоматриц при строительстве автомобильных дорог в сельской местности, где нет достаточных средств для строительства капитального покрытия и не предполагается значительных нагрузок.

Список литературы

1. *Афони́на О.В.* «Опыт применения геотекстильных полотен геокот производства ОАО «КОМИТЕКС» при строительстве дорог». Вестник МГСУ 12/2013.
2. Геоматрица ГМ (ТУ2290-003-86661679-2008) с плоской, сетчатой и ячеистой структурой для строительства автодорог, площадок и проездов. (Электронный ресурс) СпецПолимерНефтеГазСтрой .
3. ГОСТ Р 55028-2012 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения»
4. *Луначев О.Ю., Телешев В.И.* «Противофильтрационные элементы из мембран в гидротехническом строительстве». Инженерно-строительный журнал. №6/2009 35-43 с.
5. ОДМ 218.5.003-2010 «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог»
6. *Подольский В.П., Нгуен Ван Лонг, Ле Ван Чунг.* «Повышение эксплуатационных параметров земляного полотна с использованием геоматериалов в условиях Вьетнама.» Вестник МГСУ №1/2013
7. *Саинов М.П. Хохлов С.В.* «Анализ работы полимерного экрана высокой грунтовой перемычки на основе расчетов напряженно-деформированного состояния.» Вестник МГСУ №8/2013.
8. *Чижиков И.А. Щербина Е.В.* «Обеспечение экологической безопасности строительства нефтегазопромысловых дорог в условиях западной Сибири.» Вестник МГСУ №2/2012.
9. *Устьян Н.А.* «Опыт комбинированного применения геосинтетических материалов при строительстве транспортных сооружений.» Мир дорог. №48/2010. 38-39 с.
10. *Фролкин. С.* «Применение геоконтейнеров в дорожном и гидротехническом строительстве.» Строительная газета БСГ, №11 /2011.

05.13.18

А.И. Еникеев, Махфуд Биалал Ахмед Мохаммед

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
Институт вычислительной математики и информационных технологий,
кафедра технологий программирования, a_eniki@inbox.ru, bilalok@mail.ru

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДИАЛОГОВЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В статье предлагается программный инструментарий для разработки так называемых информационно-расчетных приложений, ориентированных на автоматизацию решения задач компьютерной бухгалтерии, делопроизводства, банковской деятельности, статистики, информационного поиска и т.п. Программный инструментарий включает в себя шаблоны интерфейса, формульный интерпретатор, генераторы экранных форм и меню-диалога.

Ключевые слова: *инструментальные средства, диалоговые системы, технология программирования, информационно-расчетные задачи.*

Введение.

Одной из характерных особенностей развития средств проектирования и разработки программных комплексов на современном этапе является появление разнообразных эффективно используемых средств автоматизации создания программных приложений. Среди них можно выделить работы по созданию CASE технологий [2], паттернов проектирования [3], и работы по объектно-ориентированным средствам описания моделей программных систем [4,5]. Большая часть этих работ имеет универсальную направленность и как правило не учитывает или недостаточно учитывает специфику предметной области, приводя к использованию громоздких и неадекватных инструментальными средств. С другой стороны слишком узкая специализация инструментальных средств находит в большинстве случаев одноразовое применение. Следовательно более целесообразным является использование подходов, предусматривающих гибкое сочетание универсальности со специализацией на основе выбора классов, объединяющих множество подобных специализированных задач, с последующим созданием специализированной интегрированной среды разработки соответствующих приложений.

В предлагаемой статье рассматривается один из таких подходов, ориентированный на создание специализированных инструментальных средств, обеспечивающих автоматизацию проектирования и разработки так называемых информационно-расчетных задач. К информационно-расчетным задачам относятся задачи компьютерной бухгалтерии, банковской деятельности, статистики, информационного поиска и т.п. Основной особенностью упомянутого класса задач является относительно простые структуры данных, адекватно представляемые аппаратом реляционной алгебры.

Специализированная интегрированная среда разработки.

Понятие интегрированной среды разработки определяется как совокупность средств и методов, предназначенных для автоматизации процессов проектирования и разработки программных приложений. Понятие интегрированной среды, появившееся еще в процедурных системах программирования, впоследствии оказалось очень важным и неотъемлемым атрибутом технологии объектно-ориентированного программирования. Интегрированная среда разработки традиционно включает в себя средства описания и

реализации многоуровневых моделей программных систем, различные библиотеки классов, инструментальные средства программирования и генераторы программ. В этом разделе предлагается подход к конструированию специализированной интегрированной среды разработки для информационно-расчетных приложений. В качестве основных компонент упомянутой среды разработки рассматриваются формульный интерпретатор, генераторы экранных форм и меню-диалога, а также специализированная библиотека классов. Реализация всех этих компонент выполнена на основе СУБД Visual FoxPro [1,6] и прошла практическую апробацию на серии коммерческих приложений по автоматизации задач бухгалтерского учета.

Формульный интерпретатор.

Характерной особенностью большинства информационно-расчетных задач является довольно частое изменение методик расчета (например, изменение налоговых ставок, индексация заработной платы, изменение статистических показателей и т.п.). В связи с этим возникает необходимость параметризации формул расчета путем их отделения от программной части, обеспечивающей инвариантность программ по отношению к упомянутым изменениям. Таким образом, при изменении методик расчета достаточно только изменения формул расчета, представляющих параметрическую среду для так называемого формульного интерпретатора. Реализация формульного интерпретатора в СУБД Visual FoxPro основывается на представлении множества формул F в виде таблицы, структура которой определяется кортежем (списком полей): $\langle P_ORDER(N,5), P_COND(C,60), P_OBJ(C,10), P_FORM(C,60), P_COMM(C,80) \rangle$, где P_ORDER - порядковый номер формулы, P_COND - логическое выражение, определяющее условие применимости формулы, P_OBJ -наименование объекта присваивания (левая часть формулы - имя поля или имя локальной переменной), P_FORM - выражение, определяющее правую часть формулы, P_COMM - комментарий. Предлагаемая ниже программная конструкция реализует алгоритм формульного интерпретатора (реализация представлена с использованием языка Visual FoxPro).

```
select T
go top
DO WHILE !eof()
  select F
  go top
  DO WHILE !eof()
    vcond=alltrim(P_COND)
    vobj=alltrim(P_OBJ)
    vform=alltrim(P_FORM)
    select T
    IF &vcond && Проверка условия применимости формулы
      IF UPPER(substr(vobj,1,1))='X'
        &vobj=&vform && Если объект-переменная
      ELSE
        replace &vobj with &vform && Если объект-поле памяти
      ENDIF
    ENDIF
  select F
  skip
  ENDDO
select T
skip
ENDDO
```

Приведенная выше программа построена с учетом следующих особенностей:

- вместо множества таблиц в качестве объекта интерпретации в целях простоты описания алгоритма выбрана только одна таблица T в предположении, что выбор двух или более интерпретируемых таблиц не приведет к существенному изменению алгоритма интерпретации;
- операция присваивания результата вычисления формульного выражения реализуется по разному в зависимости от того, что из себя представляет объект присваивания (переменную или поле таблицы), поэтому в приведенной выше программе идентификаторы, начинающиеся с буквы x (x1, x2, и т.п.) рассматриваются как переменные, а все остальные - как имена полей интерпретируемой таблицы;
- выполнение программы предусматривает предварительную упорядоченность таблицы формул F по полю P_ORDER.

Генератор экранных форм.

Основой создания генератора экранных форм является спецификация экранной формы, представляющая из себя множество спецификаций структур таблиц, связанных с соответствующей экранной формой. Спецификация экранной формы определяется как SPEC = {S_{T1}, S_{T2}, ..., S_{Tn}}, где множество T₁, T₂, ..., T_n составлено из всех таблиц, связанных с соответствующей экранной формой, а S_T – это спецификация структуры таблицы T. В СУБД Visual FoxPro спецификация структуры таблицы определяется в виде таблицы со следующей структурой:

Field_name(C,10) - имя поля ;
Field_type (C,1) - тип поля ;
Field_len (N,3) -длина поля ;
Field_dec (N,3) -количество цифр после десятичной
точки (если поле имеет тип NUMERIC)
Field_recv (C,80) - имя реквизита
Field_dom (C,80) - область определения поля

Суть действия генератора экранных форм сводится к автоматической модификации таблиц при изменении соответствующих спецификаций структур таблиц, а также к адекватному изменению структур соответствующих экранных форм.

Генератор меню - диалогового взаимодействия.

Генератор меню – диалога позволяет автоматизировать создание различных меню - диалоговых приложений на основе сценария меню – диалога. Сценарий меню – диалога представляет из себя множество записей S={s₁, s₂, ..., s_n}. Каждая запись s_i = < t, l₁, l₂, ..., l_k, m₁, m₂, ..., m_k >, (i=1..n), где t – текст меню – диалога, l_i (i=1..k) – номер записи для меню, отображаемого после выбора i-ого элемента меню, m_i (i=1..k) – ссылка на модуль (метод), запускаемый после выбора i-ого элемента меню. В СУБД Visual FoxPro сценарий меню-диалога представляется в виде таблицы со следующей структурой:

TMENU (MEMO) – текст меню;
Link1(N,5),Link2(N,5),Link3(N,5), Link4(N,5),Link5(N,5), Link6(N,5),
Link7(N,5),Link8(N,5),Link9(N,5),Link10(N,5) – номера записей меню, отображаемых после выбора соответствующего элемента меню;
Meth1(MEMO),Meth2(MEMO),Meth3(MEMO),Meth4(MEMO),Meth5(MEMO),
Meth6(MEMO),Meth7(MEMO),Meth8(MEMO), Meth9(MEMO), Meth10(MEMO) – ссылки на модули, запускаемые после выбора соответствующего элемента меню.

В данной реализации размер меню ограничен 10-ю элементами. Для эффективного управления сеансом меню – диалога реализованы следующие функции:

- stop - функция для завершения сеанса меню-диалога;
- reset - функция, позволяющие возвратиться к начальному меню;
- back – функция для возврата к предыдущим шагам выполнения процесса меню- диалога

Специализированная библиотека классов.

Создание специализированной библиотеки классов предоставляет разработчику приложений эффективные инструментальные средства, позволяющие сократить время внедрения соответствующего программного продукта, а также добиться его высокого качества. В данном разделе автором предлагается ряд наиболее важных классов, являющихся основой для построения экранных форм. На рисунках ниже приводится иллюстрация упомянутых классов.

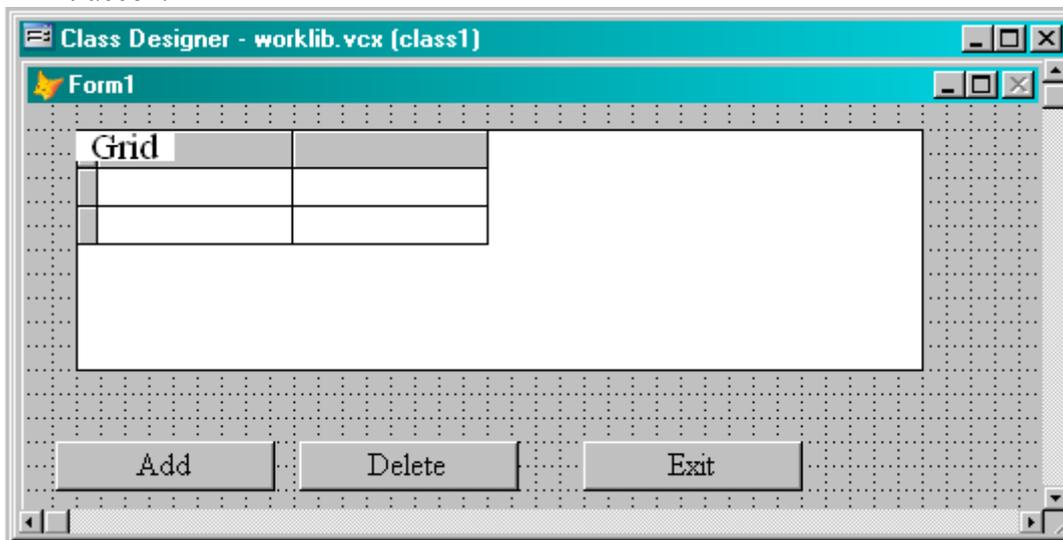


Рис.1. Класс для табличного ввода, корректировки и удаления данных.

Класс на Рис.1 состоит из объекта Grid, отображающего данные из некоторой таблицы, а также командных кнопок для выполнения соответствующих операций над таблицей.

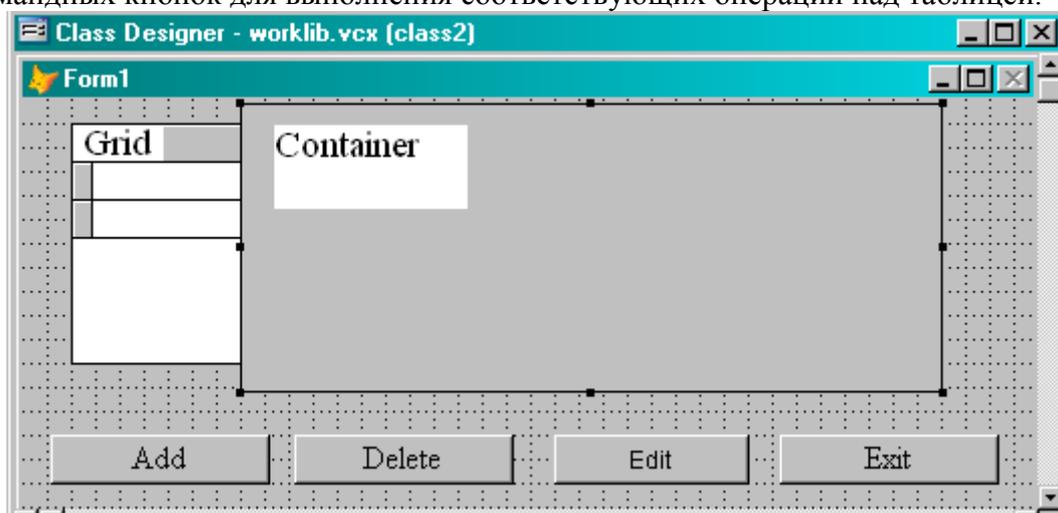


Рис. 2. Класс для ввода, корректировки и удаления данных с использованием контейнера корректировки.

Класс на Рис.2 отличается от предыдущего класса тем, что здесь, как правило, объект Grid используется только для просмотра таблицы, а для корректировки данных необходимо перейти из табличного режима в контейнерный посредством кнопки "Корректировка". В режиме просмотра таблицы объект Container становится невидимым, а после перехода в контейнерный режим появляется на экране объект Container, в то время как невидимым становится уже объект Grid. В контейнере открываются окна для корректировки полей выбранной записи таблицы, а вместо кнопки "Корректировка" появится кнопка "Таблица" для перехода в табличный режим.

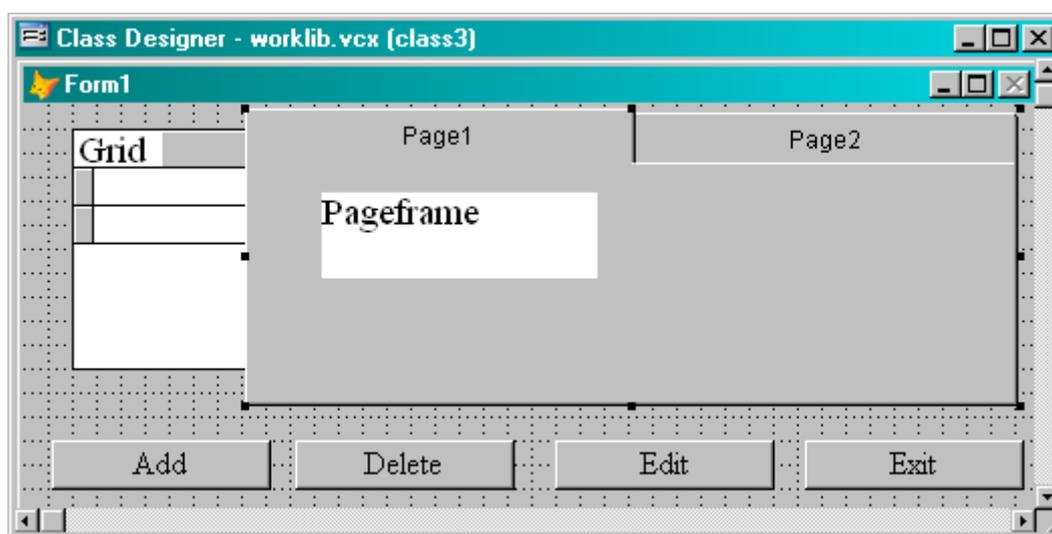


Рис.3. Класс для ввода, корректировки и удаления данных с использованием многостраничного представления полей таблицы.

Класс на Рис.3 используется в том случае, когда на экране не хватает места для вывода всех необходимых полей таблицы. Многостраничное представление обеспечивается с помощью объекта Page Frame. Отличается от класса на Рис.2 только тем, что объект Container заменяется на объект Page Frame.

Предложенный выше список классов далеко не полностью охватывает все множество классов, которые можно было бы использовать для информационно-расчетных задач. Среди них классы для фильтрации таблиц на основе задаваемых условий, курсор - классы для иерархического представления базы данных, классы, построенные на основе комбинации уже существующих и т.п.

Заключение

В данной статье представлен один из подходов к технологии создания специализированных объектно-ориентированных приложений на основе разработки специализированных инструментальных средств, включающих в себя формульный интерпретатор, генератор экранных форм и специализированную библиотеку классов. Реализация всех этих компонент выполнена на основе СУБД Visual FoxPro и прошла практическую апробацию на серии коммерческих приложений по автоматизации экономических задач и задач бухгалтерского учета.

Список литературы

1. *Базиян М.* "Использование Visual FoxPro 6. Специальное издание" – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003г.- 928 с.
2. *Вендров А.М.* CASE – технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. - М. "Финансы и статистика" - 1998 -176с.
3. *Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж.* Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования – СПб: Питер, 2004- 366 с.
4. *Гради Буч, Джеймс Рамбо, Ивар Джекобсон* - Язык UML. Руководство пользователя. Издательство ДМК Пресс, 2001 г., 496 с.
5. *Элиенс А.* Принципы объектно-ориентированной разработки программ. 2-ое изд. Изд. дом «Вильямс». Москва – С.- Петербург - Киев, 2002.- 495 с.
6. *Пинтер Лес, Пинтер Джон, Visual FoxPro.* Уроки программирования, Mc Graw-Hill (пер. с англ.), 1996 - 452 с.

05.23.11

А.А. Ермилов

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
институт транспортных, инженерных систем и техносферной безопасности,
кафедра строительства и эксплуатации транспортных сооружений,
Волгоград, alexandr.ermilov22@gmail.com

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОДНОРОДНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В работе представлена методика прогнозирования величины вариации коэффициента уплотнения горячих асфальтобетонных смесей, разработанная на основе регрессионного анализа данных натуральных экспериментов устройства дорожных покрытий.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, температура смеси, однородность уплотнения, коэффициент вариации, уплотняющая способность катка.

Устройство качественных, надежных и долговечных покрытий автомобильных дорог по-прежнему остается одной из главных проблем современного дорожного строительства. При поддержке Правительства Российской Федерации ведется активная работа над долгосрочной программой развития национальной сети российских автомобильных дорог до 2015 года [13], а в контексте подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г. решение данной задачи становится более чем важным.

Протяженность автомобильных дорог на территории России огромна и условия производства работ, в том числе и погодные, изменяются в связи с этим кардинально. От суровых отрицательных температур Сибири и Дальнего Востока до жаркого климата Южного Федерального Округа дорожные покрытия претерпевают серьезные переменные климатические воздействия. Ежегодно для ремонта транспортной сети нашей страны выделяются огромные финансовые ресурсы, применяются различные, в том числе и инновационные дорожные технологии, среди которых использование ЩМА, сероасфальтобетона, дополнительное армирование слоев дорожной одежды геосетками и многое другое. Однако каждую весну асфальтобетон «пестрит» трещинами, выбоинами и другими структурными дефектами. В условиях возникшей дорожной проблемы разработка новых технологий устройства покрытий и методов организации ремонтных работ является актуальной.

Повышение качества устраиваемых дорожных покрытий — это комплекс производственно-технологических мероприятий, направленных на совершенствование принципов организации ремонтных работ, применяемой дорожной техники, а также нормативных требований, предъявляемых к готовому покрытию. Проектирование организации ремонта асфальтобетонных покрытий заключается в оптимизации уплотняющего механизированного звена с учетом типа и характеристик применяемой асфальтобетонной смеси, погодных условий (скорость ветра, температура воздуха) и допустимого времени производства работ, которое в городских условиях играет первоочередную роль в пропускной способности автомобильной дороги.

Одними из показателей качества дорожного покрытия являются его надежность и долговечность, которые характеризуются однородностью распределения характеристик слоя смеси при производстве работ. Однородность параметров определяется через коэффициент вариации (C_v), который вычисляется путем деления стандартного отклонения выборки на среднее значение определяемого параметра [4, 9 – 12]:

$$C_v = \frac{\sigma}{m}, \quad (1)$$

где, σ — стандартное отклонение исследуемой выборки (2),

m — среднее арифметическое значение измеряемого параметра (математическое ожидание) (3).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - m)^2}, \quad (2)$$

где, $n-1$ — степени свободы,

$$m = \frac{1}{n} (m_1 + m_2 + m_3 \dots + m_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i \quad (3)$$

где, $m_1, m_2 \dots m_n$ — значения выборки измеряемого параметра,

n — объем выборки.

Экспериментальные изыскания характеристик покрытия последних лет [1 – 3, 5] позволили установить, что вариации коэффициента уплотнения горячей асфальтобетонной смеси отличаются при различных уплотняющих воздействиях, толщинах слоев асфальтобетона, погоднo-климатических условиях. На основании этого сделан вывод о целесообразности проектирования производственной технологии с учетом возможной однородности уплотнения дорожного материала.

Формирование отряда техники для уплотнения горячей смеси основывается на требованиях СНиП 3.06.03-85 и СП 78.13330.2012 и предусматривает три различных катка (статического, вибрационного, комбинированного, пневматического или осцилляционного воздействия) для, соответственно, начального, промежуточного и заключительного этапов технологического процесса. Воздействие применяемых катков обычно оценивается величиной их массы. По этому принципу в настоящее время руководствуется большинство подрядчиков, что не всегда является правильным. Не учитывается такой фактор, как индекс уплотняющей способности катка (p_k), разработанный М.П. Костельовым, и который равен [6-8]:

$$p_k = \sqrt[3]{\frac{F^2}{B^2 D}} \sqrt[3]{\frac{\Delta_E}{\Delta_h}} \quad (\text{кгс/см}^2), \quad (4)$$

где, F — общая сила воздействия катка на уплотняемую асфальтобетонную смесь, кгс;

B — ширина вальца катка, см;

D — диаметр вальца катка, см;

$\Delta_h = 1$ см (10 мм), $\Delta_E = 1$ кгс/см² (10 МПа) — единичные значения толщины слоя и модуля деформации;

Общая сила воздействия статического катка на уплотняемый материал составляет [5]:

$$F_{ст} = Q_{ст} \quad (5)$$

где, $Q_{ст}$ — нагрузка вальца от силы веса статического катка;

Общая сила воздействия вибрационного катка на асфальтобетонную смесь равна [5, 6]:

$$F_b = Q_b + R_b = Q_b + a_0 \tau_{cp} P_0 \quad (6)$$

где, $Q_{ст}$ и Q_b — нагрузка вальца от силы веса вибрационного катка;

R_b — переменная величина силы вибровозбудителя вибрационного катка;

$a_0 = A_0/A_{00}$ — относительное значение реальной амплитуды колебаний вальца A_0 в долях номинального (паспортного) ее значения A_{00} ; на начальном этапе виброуплотнения асфальтобетонной смеси принято $a_0=1,05 - 1,10$, в промежуточном — $a_0=1,45 - 1,50$, в конце — $a_0=1,75 - 1,85$;

$\tau_{cp} = T/4\Theta = 0,375$ — среднее значение относительного времени перехода от импульса силы к силе вибрационного воздействия (изменяется в пределах 0,25 – 0,50) (рис. 2) [3, 4];

$T = 1/f$ — период колебаний вальца с частотой f (Гц);

Θ — время действия сил F_b и R_b ;

P_0 — максимальная амплитуда центробежной силы вибрирующего вальца катка.

При организации дорожных работ необходимо учитывать многие факторы, среди которых температура горячей асфальтобетонной смеси является одним из главных при формировании структуры покрытия, наборе его прочности и плотности.

Проведенные нами исследования позволили установить несколько закономерностей распределения характеристик асфальтобетонных смесей. В результате регрессионного анализа полученных данных охлаждения дорожных материалов разработано уравнение изменения температуры горячих смесей во времени в зависимости от температуры окружающего воздуха и толщины устраиваемого слоя покрытия:

$$T^P = 23,17126 \cdot t^{-0,093874} \cdot T_{\text{возд}}^{-2,806396} \cdot h^{6,321415}, \quad (7)$$

где, t — суммарное время уплотнения после прохода асфальтоукладчика, мин.;

$T_{\text{возд}}$ — температура окружающего воздуха, °С;

h — толщина слоя устраиваемого покрытия, см.

Стандартная ошибка — 0,087. Коэффициент корреляции — 0,95.

Полученная зависимость апробирована на результатах эксперимента. На рис. 1 и 2 представлены данные изменения температуры, полученные с применением формулы (7) и опытными изысканиями.

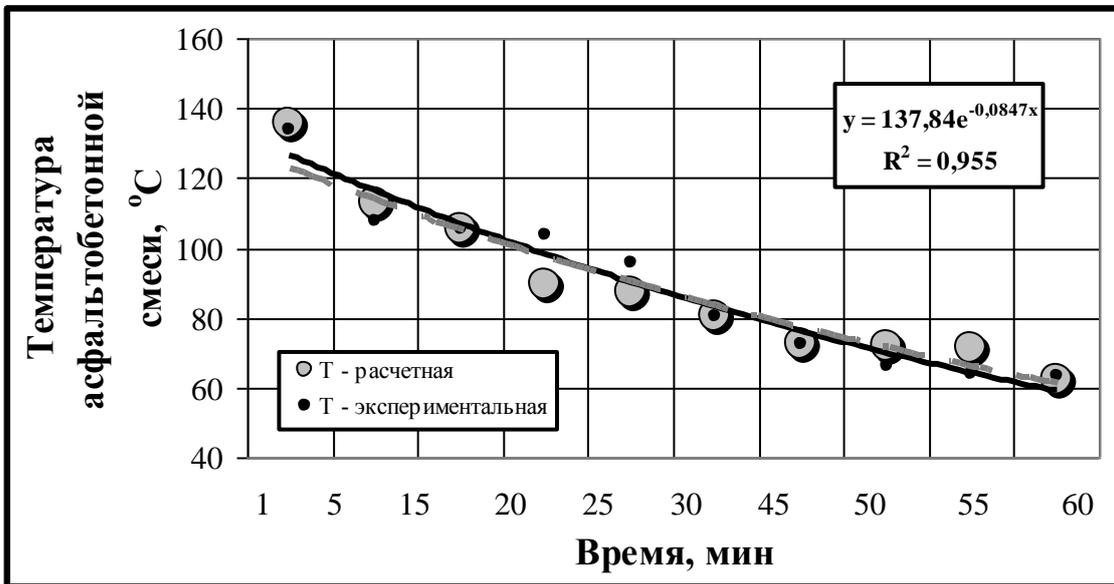


Рис. 1. Изменение температуры асфальтобетонной смеси (данные 2012 г.)

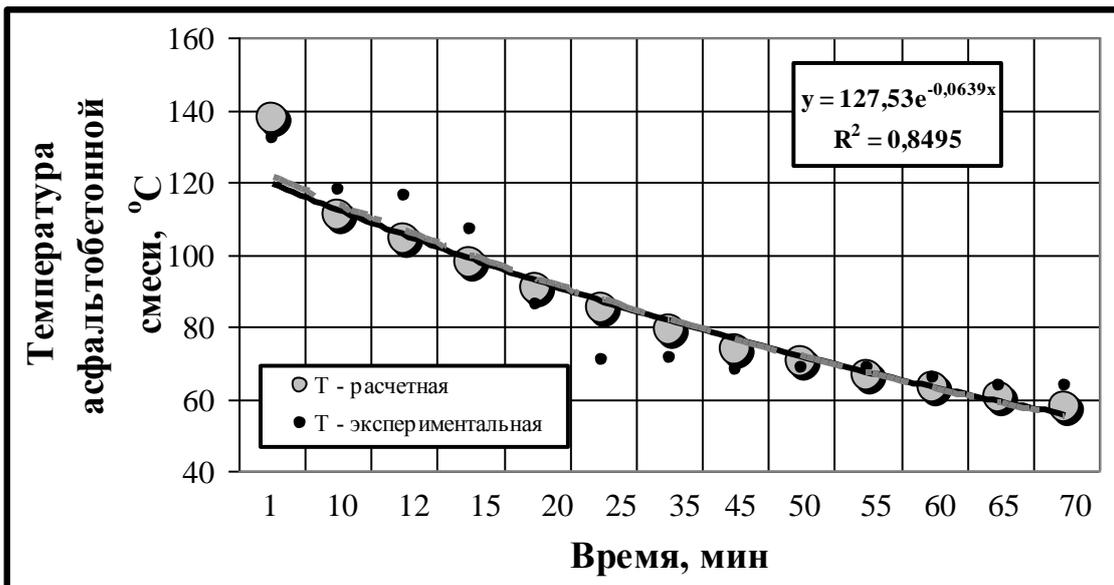


Рис. 2. Изменение температуры асфальтобетонной смеси (данные 2013 г.)

Регрессионный анализ изменения вариации коэффициента уплотнения по площади опытного участка производства работ установил следующую зависимость однородности уплотнения смеси от ее температуры, толщины слоя, уплотняющей способности катка и количества его проходов по одному следу:

$$C_v^p = 0,00145 \cdot T^{0,35037} \cdot p_k^{-3,2743} \cdot n^{0,13682} \cdot h^{2,97968} \quad (8)$$

где, T — температура асфальтобетонной смеси, °C,

p_k — уплотняющая способность катка, кгс/см²,

n — общее количество проходов катков (катка) в сумме с начала процесса уплотнения,

h — толщина слоя, см.

Стандартная ошибка — 0,15. Коэффициент корреляции — 0,95.

Выработанная зависимость также проверена на результатах натуральных исследований (рис. 3 – 4).

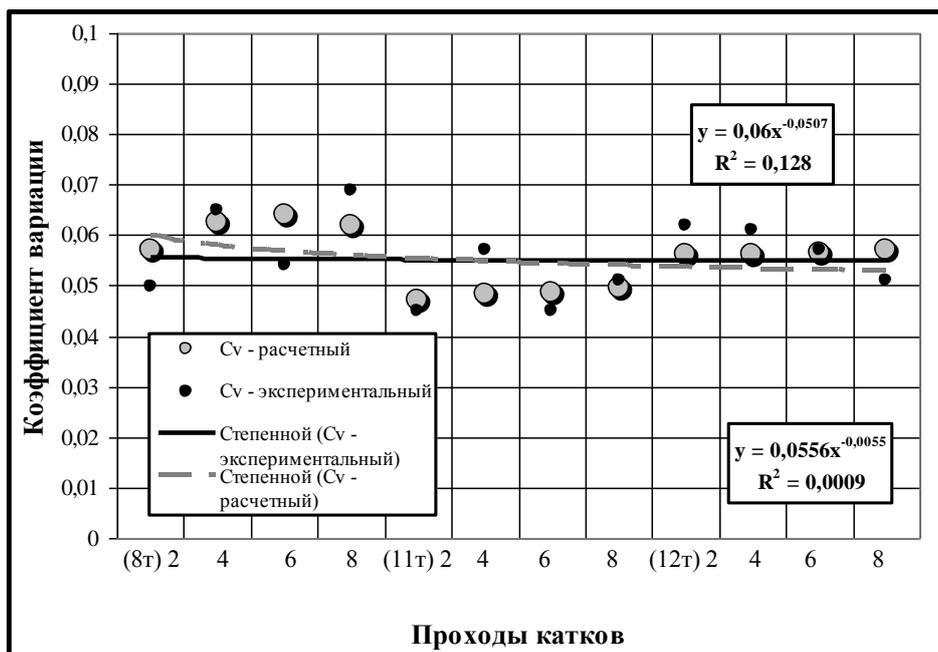


Рис. 3. Изменение вариации коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси (данные 2012 г.)

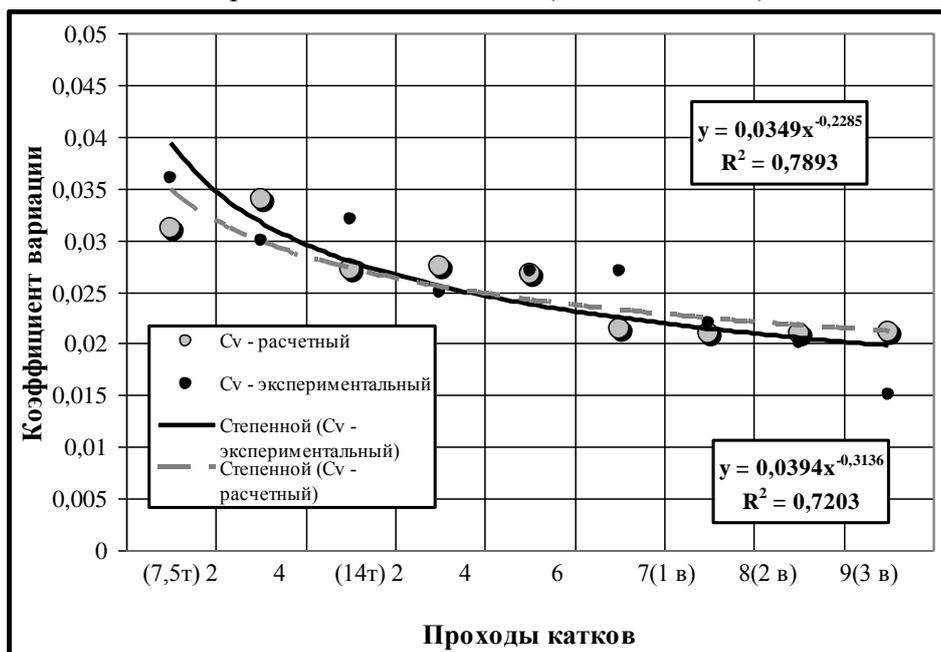


Рис. 4. Изменение вариации коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси (данные 2013 г.)

Разработанные зависимости позволяют рассчитать значения температуры и возможного коэффициента вариации уплотнения асфальтобетонной смеси с надежностью 90 % на необходимый отрезок времени при толщине слоя 5 см и 6 см и температуре окружающего воздуха 20...23 °С и 30...35°С соответственно. Все зависимости сведены в блок-схему (рис. 5).

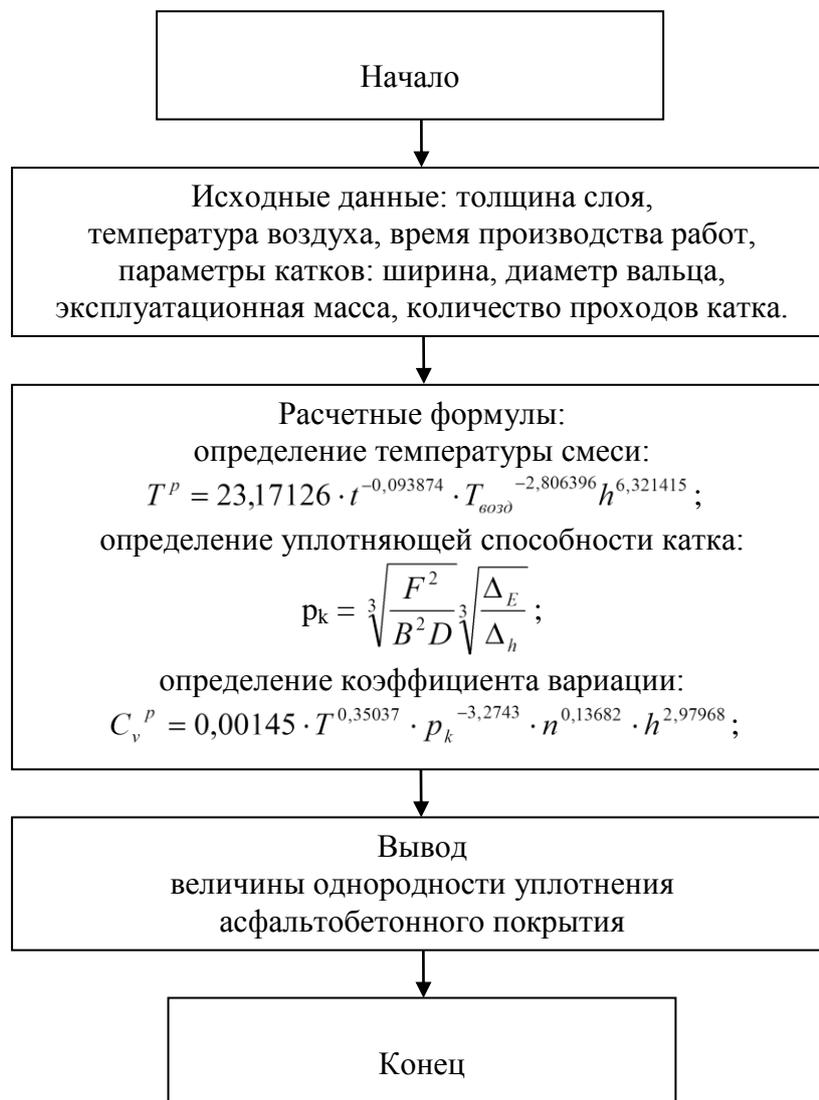


Рис. 5. Блок-схема прогнозирования однородности уплотнения асфальтобетонного покрытия

По результатам выполненных полевых исследований, теоретических изысканий и разработанных математических зависимостей сформулированы следующие выводы:

1. Разработанная методика прогнозирования позволяет определять с надежностью в 90 % температуру смеси и возможную однородность уплотнения слоя асфальтобетонного покрытия после различных проходов катков.

2. Установленные зависимости могут быть использованы при проектировании организации технологического процесса ремонта асфальтобетонного покрытия, слоями толщиной 5...6 см при температурах окружающего воздуха 20...23°С и 30...35°С соответственно.

3. Возможность определения степени однородности распределения параметров асфальтобетонных смесей при их уплотнении катками с различными режимами работы является перспективным направлением повышения качества устройства дорожных покрытий.

Список литературы

1. *Алексиков С.В.* Исследование температуры и уплотняемости асфальтобетона при ремонте городских дорог / С.В. Алексиков, Г.И. Беликов, В.А. Пшеничкина, А.А. Ермилов // Интернет-вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Политематическая. 2013. Вып. 2 (27). URL: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AleksikovBelikovPshenichkinaErmilov_2013_2_\(27\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/AleksikovBelikovPshenichkinaErmilov_2013_2_(27).pdf). (дата обращения: 23.03.2014).
2. *Алексиков С.В., Ермилов А.А.* Исследование причин преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий городских дорог // Дороги и мосты : сб. М. : [ФГУП РОСДОРНИИ], 2013. Вып. 29/1. С. 113 – 124.
3. *Алексиков С.В., Ермилов А.А.* Сравнительная оценка однородности уплотнения асфальтобетонных покрытий городских дорог при различных режимах работы катков / Научный вестник Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2014. Вып. 1 (33). С. 45 – 53.
4. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей : учебник / Е.С. Вентцель. 11-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2010. 664 с.
5. *Ермилов А.А.* Вероятностная оценка уплотняемости асфальтобетона при ремонте городских дорог // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 30(49). С. 313—319.
6. *Костельов М.П., Пахаренко Д. В.* Чем и как уплотнять асфальтобетон в покрытиях при смене его типа, состояния и толщины слоя. Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии». 2007, С. 70 – 85.
7. *Костельов М.П., Перевалов В.П.* Новая усовершенствованная технология устойчиво обеспечивает высокое качество уплотнения асфальтобетона. Каталог – справочник «Дорожная техника и технологии». 2005, С. 120 – 132.
8. *Костельов М.П.* Функциональные достоинства и недостатки виброкатков для уплотнения асфальтобетона. Каталог-справочник «Дорожная техника». 2009, С. 74 – 84.
9. *Рокас С.Ю.* Методические рекомендации по оценке однородности дорожного асфальтобетона. Вильнюс [б.и.], 1980. 38 с.
10. *Рокас С.Ю.* Статистический контроль качества в дорожном строительстве / С.Ю. Рокас. М. : Изд-во «Транспорт», 1977. 152 с.
11. *Рокас С.Ю.* Статистические методы обработки результатов испытаний. Учеб. пособие / Ред.-изд. совет Минвуза Лит. ССР. Вильнюс [б.и.], 1977. 92 с.
12. *Семенов В.А.* Качество и однородность автомобильных дорог. М.: Изд-во «Транспорт», 1989. 125 с.
13. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010 - 2015 годы)». Подпрограмма «Автомобильные дороги».

05.02.02

А.В. Жданов к.т.н., Ю.А. Новикова к.т.н., И.В. Волкова

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, tms@vlsu.ru

К ВОПРОСАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ СИСТЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ (ИСВК)

Предложена методика проектирования мехатронных модулей имплантируемых систем вспомогательного кровообращения. Описаны этапы проектирования мехатронных модулей по предложенной методике.

Ключевые слова: мехатронный модуль, имплантируемая система вспомогательного кровообращения, методика, синтез, моделирование.

Предлагаемая методика проектирования мехатронных модулей ИСВК построена по модульному принципу, когда каждый этап проектирования реализован в отдельном, относительно независимом модуле [1]. Анализ динамических и тепловых характеристик реализован в системе Mathcad, и проектирование системы управления и имитационное моделирование работы мехатронного модуля в составе ИСВК реализовано в системе MATLAB, а силовой синтез – в табличном процессоре Microsoft Excel. Связь между модулями обеспечивается в интеграторе приложений MathConnex. Обмен данными и таблично-управляемое проектирование реализовано на базе табличного процессора Microsoft Excel. Общая схема и основные связи этапов проектирования представлены на рис. 1 [2]. Прямые связи показаны сплошной линией, обратные – пунктиром. Заштрихованными прямоугольниками показаны основные этапы проектирования, а белыми прямоугольниками – модули, в рамках которых выполняется конкретная задача.

Несмотря на то, что система имеет структуру с параллельными потоками и обратными связями, можно выделить линейную последовательность основных этапов:

1. Анализ и моделирование.

1.1. Предварительный этап (анализ требований к ИСВК, обзор существующих систем ВК, обоснование моноблочных конструкций).

1.2. Этап моделирования и анализа (исследование динамических и тепловых характеристик МТМ в составе ИСВК).

2. Этап синтеза (силовой синтез, выбор схемы исполнительного механизма с заданной редукцией, синтез закона микропроцессорного управления МТМ).

3. Изготовление и испытания (создание опытных образцов, комплекс экспериментальных исследований – тепловых и гидродинамических испытаний, клинические испытания)

Порядок проектирования выглядит следующим образом:

Предварительный этап проектирования состоит в анализе технического задания и моделирование привода (медико-технические требования, анализ сердечного выброса). Для того чтобы приступить к проектированию моноблочного привода ИСВК нужно представлять механизм деятельности сердца, обеспечивающей непрерывный кровоток в пульсирующем режиме, предложить математическую модель привода в терминах технической механики, сформулировать медико-технические требования в соответствии с заданными режимами сердечного выброса, обеспечивающими продолжительную, непрерывную работу механической системы в условиях ограниченного теплоотвода с минимальными габаритами.

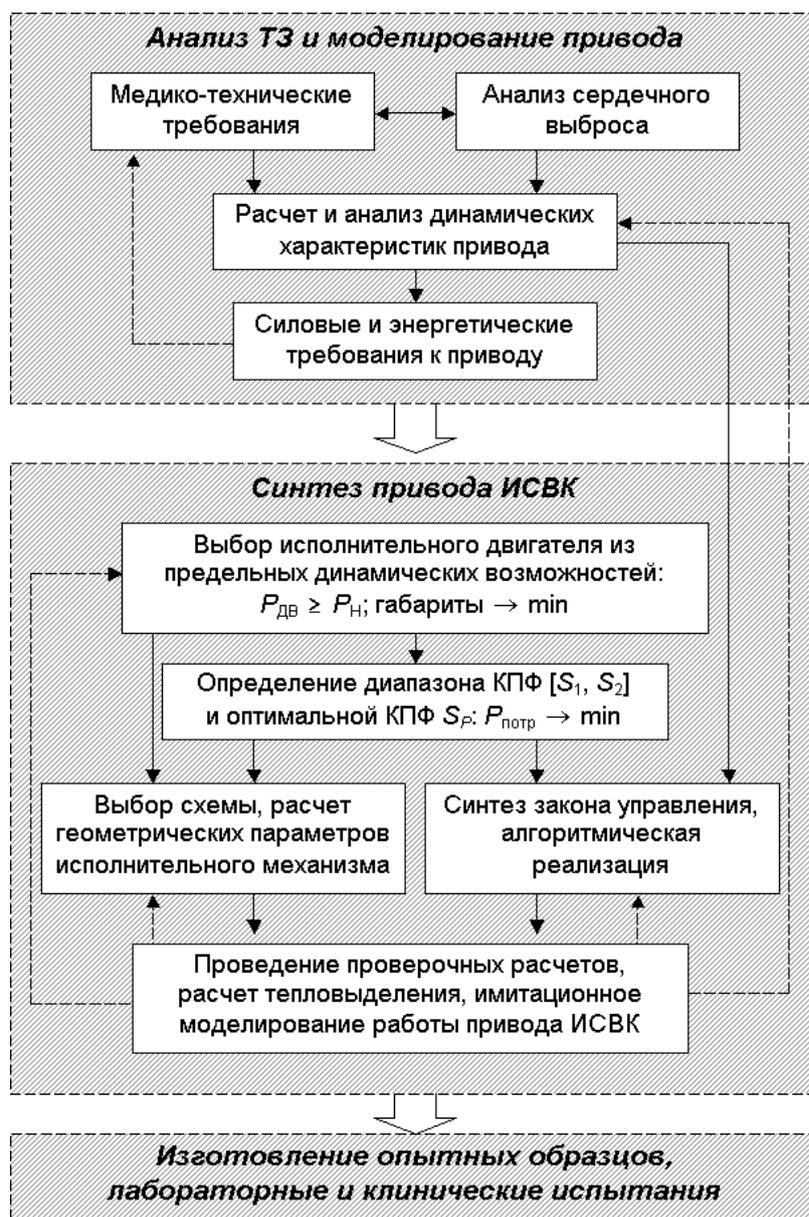


Рис. 1. Схема этапов проектирования мехатронных модулей имплантируемых систем вспомогательного кровообращения

На этапе моделирования и анализа проводится расчет и анализ динамических характеристик привода, задаются силовые и энергетические требования к приводу.

Моделирование динамики опирается на современный математический аппарат теории автоматического управления и динамических систем. Расчет и анализ полученных динамических характеристик проводится средствами Mathcad, как наиболее удобного инструмента решения систем дифференциальных уравнений.

Кроме того, на этом этапе проводится расчет и анализ тепловых характеристик для оценки принципиальной возможности применения модулей в составе имплантируемой системы.

На *этапе синтеза* реализуется проектирование в узком смысле, т.е. проводится выбор исполнительного двигателя из предельных динамических возможностей, определение КПФ, выбор схемы, расчет геометрических параметров исполнительного механизма. Производится синтез закона управления, алгоритмическая реализация, проведение проверочных расчетов, расчет тепловыделения, имитационное моделирование работы привода ИСВК.

Снижение массогабаритных характеристик ограничено габаритами электрической машины, поэтому синтез привода предполагает выбор подходящего по мощности

исполнительного двигателя. Для соблюдения динамических характеристик выходного объекта привода выставляются силовые и энергетические требования к приводу.

Силовой синтез привода по минимуму потребляемой энергии предполагает решение следующих взаимосвязанных задач: расчет требуемой мощности исполнительного двигателя, выбор его типоминимала; расчет граничных значений допустимого диапазона передаточных функций исполнительного механизма; расчет оптимального значения кинематической передаточной функции по минимуму потребляемой мощности, определение оптимальной рабочей точки, выбор нужной схемы исполнительного механизма с заданной редукцией, высоким КПД и малыми габаритами. Оптимизация по минимуму потребляемой мощности необходима для синтеза оптимальной конструкции, обеспечивающей длительную работу ИСВК без перегрева.

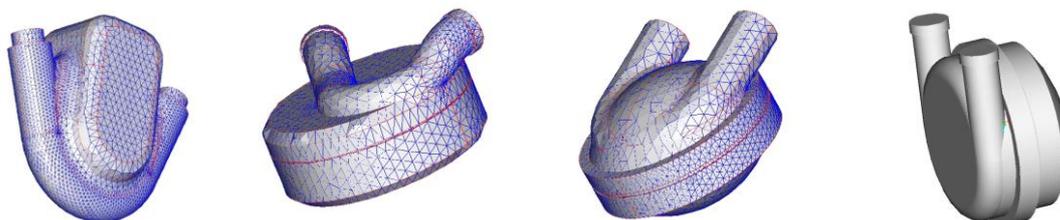
Синтез закона управления представляется неотъемлемым этапом проектирования мехатронного модуля и основан на результатах анализа динамических характеристик. Построение алгоритмов управления является в большей степени математической задачей теории оптимального управления и решается в Mathcad или в модуле Optimization Toolbox пакета MATLAB средствами вариационного исчисления и дифференциальных уравнений. При отладке алгоритма требуется проведение дополнительных работ: анализ возможности его реализации на имеющейся элементной базе, имитационное моделирование в MATLAB Real-Time Workshop работы системы в реальном времени.

Проведение проверочных расчетов позволяют определить ограничения на мощность электрических потерь, принципиальную возможность длительной работы модуля без перегрева, обеспечение заданной динамики сердечного выброса.

На *этапе изготовления* проводится изготовление опытных образцов, лабораторные и клинические испытания.

Описанная схема не обязательно состоит из указанной последовательности шагов. Процесс проектирования предполагает неоднократное возвращение к предыдущим этапам, корректировку как параметров, так и самой структуры механизма, уточнение методики проектирования, если на каком-то этапе обнаружено несоответствие системы предъявляемым требованиям. Такие обратные связи показаны на рис. 1 пунктирными линиями.

Для создания феноменологической модели использовались твердотельные модели известных систем ММ ИСВК пульсирующего типа представленных на рис. 2, которые наиболее близки к разрабатываемому в проекте варианту ММ ИСВК, а именно: Novacor (США), Swiss (Швейцария), Aahen (Германия), Baylor (США), LionHeart (США) [3]. На рис. 3 указаны габаритные размеры такой модели, которые, по сути, являются границами геометрических размеров перспективных моделей ММ ИСВК пульсирующего типа, за которые заходить нельзя.



ИСВК Novacor

ИСВК Swiss

ИСВК Aahen

ИСВК LionHeart

Рис.2. Конечно-элементные и твердотельные модели известных систем АМС ИС

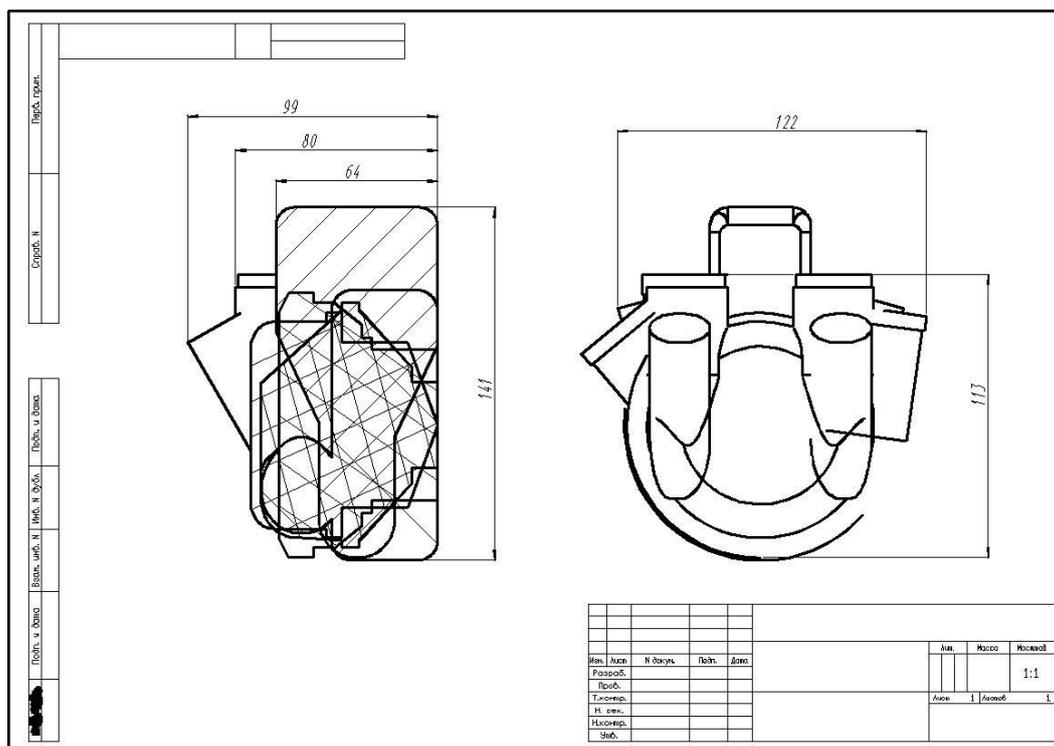


Рис.3. Размеры перспективной модели ММ ИСВК

Список литературы

1. Имплантируемая система вспомогательного кровообращения на базе мехатронных модулей: Монография / В.В. Морозов, А.В. Жданов, Е.А. Новикова, Ю.А. Новикова, А.Б. Костерин. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2006. – 134 с. (7,91 п.л.) ISBN 5-89368-721-3.
2. Волкова, И.В. Проектирование исполнительных механизмов насосных систем вспомогательного кровообращения [Текст] / И.В. Волкова, А.В. Жданов// Научно-технический вестник Поволжья. №2 2011г. – Казань. – С. 59-63. ISSN 2079-5920.
3. Жданов, А.В. Направления развития ММ систем ВК и ИС пульсирующего типа [Текст] / А.В. Жданов // Мехатроника, автоматизация, управление / М.: Новые технологии, 2011. - № 8. – С. 51-54. ISSN 1684-6427

05.22.10

Д.А. Захаров, П.А. Козлов, Л.Г. Резник

Тюменский государственный нефтегазовый университет, кафедра ЭАТ,
Тюмень, pavelkozlov72@gmail.com

ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ-РЕФРИЖЕРАТОРОВ С ХОЛОДИЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ТИПА К ПЕРЕВОЗКЕ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА

В работе рассмотрены вопросы, связанные с повышением эффективности перевозок скоропортящихся грузов, оценки суровости условий эксплуатации и уровня приспособленности автомобилей-рефрижераторов к этим условиям.

Ключевые слова: *приспособленность, суровость, повышение эффективности.*

В современных условиях работы автомобилей-рефрижераторов при перевозке скоропортящихся грузов (СГ) вопросы расхода топлива становятся все более актуальными. Для обеспечения сохранности груза поступающий в грузовой отсек (ГО) теплоприток должен быть компенсирован, а холодильная установка (ХОУ) - поддерживать регламентируемый температурный режим перевозки. При работе ХОУ каталитического типа на двигатель автомобиля оказывается дополнительная нагрузка, что в свою очередь ведет к увеличению расхода топлива во время выполнения транспортной работы и снижению эффективности. Увеличение расхода топлива у различных автомобилей имеет различный характер в одних и тех же условиях эксплуатации, что предопределяет необходимость количественной оценки уровня приспособленности автомобилей-рефрижераторов по расходу топлива[1].

Целью исследования является повышение эффективности работы авто-мобилей-рефрижераторов путём установления и практического использования закономерностей влияния условий эксплуатации и показателя приспособленности автомобилей-рефрижераторов по расходу топлива на эффективность перевозки скоропортящихся грузов.

В качестве основной рабочей гипотезы исследования было принято, что расход топлива автомобилем-рефрижератором зависит от суровости условий эксплуатации и приспособленности АТС к этим условиям.

При оценке влияния условий эксплуатации и уровня приспособленности автомобиля-рефрижератора на расход топлива, необходимо использовать количественный показатель, который позволит оценить суровость этих условий, и при этом будет иметь возможность оценивать влияние разных факторов условий эксплуатации, имеющих различную размерность[2]. Для этого в работе используется показатель удельного теплопритока в кузов ГО, который может рассматриваться в качестве постоянной величины, не зависящий от приспособленности АТС или производительности ХОУ.

Наименьше значения индекса суровости соответствует температуре окружающего воздуха, равной температурному режиму перевозки СГ. Наиболее суровыми для автомобилей-рефрижераторов с точки зрения сохранности СГ глубокой заморозки считаются условия эксплуатации при высоких температурах окружающего воздуха (до +40, согласно инструкции по эксплуатации ХОУ) и работе на развозочных маршрутах с большим количеством остановок для разгрузки.

На основе собранного материала были получены интервалы, для которых определялась суровость по формуле Г.А. Стерджесса (рис. 1)

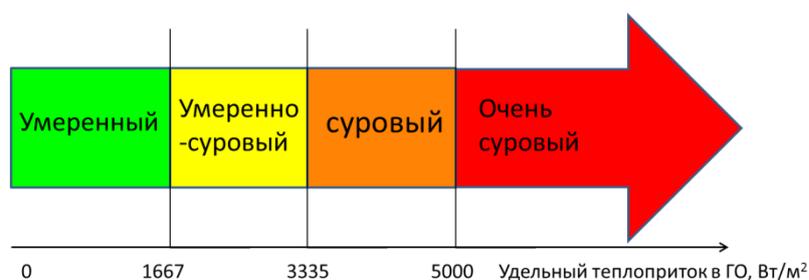


Рис. 1 – Интервалы суровости

Помимо суровости условий эксплуатации, существенное влияние на расход топлива автомобилем оказывает уровень их приспособленности. Чем выше приспособленность – тем ниже негативное влияние суровости.

Количественную оценку приспособленности автомобиля-рефрижератора к различным условиям эксплуатации по расходу топлива можно оценить с помощью коэффициента приспособленности:

$$K = \frac{q_{\text{выкл}}}{q}, \quad (1)$$

где $q_{\text{выкл}}$ – расход топлива автомобилем на транспортировку груза с выключенной холодильной установкой, л/100км.

q – фактический расход топлива при транспортировке в заданных условиях эксплуатации, л/100км.

Физический смысл коэффициента приспособленности автомобилей-рефрижераторов к перевозке СГ по расходу топлива состоит в том, что он показывает какую часть топлива необходимо потратить на перемещение груза, а какую – на поддержание его сохранности.

При выравнивании теплопритоков в грузовой отсек и из него, холодильная установка каталитического типа автоматически отключается, а коэффициент приспособленности в этом случае равен единице. Чем ниже коэффициент приспособленности, тем больше энергоресурсов задействовано не на транспортировку груза, а на поддержание необходимого температурного режима перевозки. Коэффициент приспособленности принимает свои минимальные значения при максимальном показателе расхода топлива автомобилем-рефрижератором в наиболее суровых условиях эксплуатации. В таких случаях увеличивается время работы ХОУ в качестве дополнительной нагрузки на ДВС вплоть до всего времени ездки с грузом, однако поддержание необходимого температурного режима перевозки в таких случаях не гарантируется. Таким образом, можно говорить о предельном (максимальном) значении расхода топлива на поддержание сохранности груза и минимальном при этом коэффициенте приспособленности.

Предположения, сделанные в ходе аналитических исследований, подтвердились во время эксплуатационных испытаний автомобилей ГАЗ-3717 с различными типами фургонов-рефрижераторов в условиях работы на городских развозочных маршрутах при перевозке мороженого ($t_{\text{соxp}} = -18^\circ\text{C}$) в г. Тюмени. Оба автомобиля оснащены ХОУ «Thermo King V200» каталитического типа номинально мощностью 1,3 кВт (таблица 1).

Таблица – 1 Испытуемые автомобили и их характеристики

Технические характеристики	Фургон для замороженных продуктов "Мороженица"	Фургон-рефрижератор
Модель двигателя	УМЗ-4216.40 Бензин	ЗМЗ-406 Бензин
ср. расход топлива с включенной холодильной установкой, л\100 км.	25,3	25,7
ср. расход топлива с выключенной холодильной установкой, л\100 км	18,13	18,3
Количество и расположение дверей ГО	3 боковые двери	2 задние двери
Площадь дверного проёма одной открытой двери, м2	0,54	1,3

Результаты экспериментальных исследований по влиянию поступающего в ГО теплопритока на расход топлива и коэффициент приспособленности автомобиля-рефрижератора Газель 3717 с различными типами фургонов представлены на рис. 2. и рис. 3 соответственно

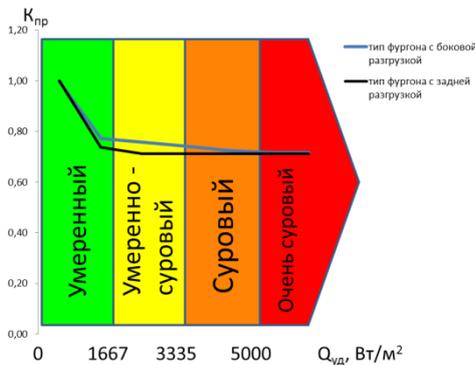


Рис. 2 – зависимость уровня приспособленности от суворости условий эксплуатации

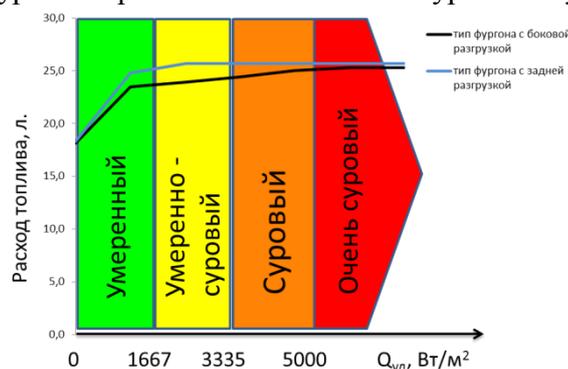


Рис. 3 – зависимость уровня приспособленности от суворости условий эксплуатации

На основе полученных результатов можно ценить количественный уровень приспособленности испытуемых автомобилей и сделать вывод о том, что фургон-рефрижератор «Мороженица» лучше приспособлен к перевозке замороженных СГ по расходу топлива, чем обычный фургон-рефрижератор. Это объясняется, прежде всего, меньшей площадью дверей ГО и наличием специальных теплоизолирующих шторок и перегородок.

Выводы:

1. Доказана необходимость при оценке показателей качества автомобилей-рефрижераторов учитывать переменный характер условий эксплуатации и уровень их приспособленности к этим условиям.
2. Оптимизацию формирования объективных показателей качества обеспечивает введение количественной оценки приспособленности автомобилей-рефрижераторов к суровым условиям эксплуатации по расходу топлива. С этой целью введен показатель приспособленности автомобилей-рефрижераторов к этим условиям по расходу топлива, который изменяется в диапазоне значений от 0 до 1.
3. Определены четыре интервала суровости условий эксплуатации автомобилей-рефрижераторов на развозочных маршрутах: умеренный, умеренно-суровый, суровый и очень суровый;
4. Дальнейшее развитие представленной работы предусматривает повышение эффективности автомобильных перевозок СГ на основе совершенствования теории и практики приспособленности автомобилей-рефрижераторов, как пространственно-временной системы.

Список литературы

1. *Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Г.* Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. М.: Транспорт, 1989. -128с
2. *Сидоров, С.А.* Приспособленность автомобилей-рефрижераторов для перевозки скоропортящихся грузов на развозочных маршрутах к высокотемпературным условиям / С.А. Сидоров, Д.А. Захаров // Транспорт Урала. - №2 (25). – 2010. – С.99-102.

05.22.10

Д.А. Захаров, П.А. Козлов, Л.Г. Резник

Тюменский государственный нефтегазовый университет, кафедра ЭАТ,
Тюмень, pavelkozlov72@gmail.com

ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ-РЕФРИЖЕРАТОРОМ ПРИ РАБОТЕ НА РАЗВОЗОЧНЫХ МАРШРУТАХ

В работе представлены результаты исследований влияния условий эксплуатации на расход топлива автомобилем-рефрижератором, оборудованным холодильной установкой каталитического типа.

Ключевые слова: *расход топлива, рефрижератор, дифференцируемое нормирование.*

Одним из путей экономии топлива является совершенствование методик расчета норм его расхода при эксплуатации автомобилей в различных условиях эксплуатации. На практике этот процесс регламентируется документом «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте», однако он не учитывает в полной мере условия эксплуатации автомобилей-рефрижераторов и их приспособленность к этим условиям [1]. Отсутствие объективных норм не позволяет вовремя выявить и устранить причины перерасхода топлива, будь то человеческий фактор или ненадлежащее техническое состояние автомобиля.

Повысить эффективность перевозок возможно за счет научно-обоснованного расчета норм расхода топлива на основе установления и практического использования закономерностей его изменения от условий эксплуатации и приспособленности автомобилей к этим условиям в рамках пространственно-временной концепции формирования качества автомобиля [2].

Для раскрытия механизма формирования расхода топлива автомобиля-рефрижератора с холодильной установкой каталитического типа при перевозке СГ на основе пространственно-временного подхода, была разработана схема:



Рис. 1 - Механизм формирования расхода топлива автомобиля-рефрижератора при перевозке СГ

Из рисунка видно, что расход топлива автомобиля-рефрижератора можно условно представить в виде суммы количества топлива, необходимого для перемещения самого груза и той его части, которая затрачивается на поддержание необходимого температурного режима ГО:

$$q = q_{\text{выкл}} + q_x, \quad (1)$$

где: $q_{\text{выкл}}$ – расход топлива автомобилем с выключенной холодильной установкой, л/100км;
 q_x – расход топлива на поддержание необходимого температурного режима в грузовом отсеке, л/100км.

В ходе аналитических исследований установлено, что расход топлива на поддержание необходимого температурного режима в грузовом отсеке q_x , может принимать значения от $q_x=0$, когда задействование ХОУ не требуется, до максимального значения $q_x=\text{max}$, когда установка работает в течение всего времени движения, оказывая постоянную дополнительную нагрузку на ДВС автомобиля. Однако в таких случаях ХОУ может не справиться с компенсацией поступающего теплопритока и сохранность груза в таких случаях не гарантируется.

Согласно источнику [3], при увеличении температуры окружающего воздуха от 0 до 30°C (при температуре сохранности груза -18°C) удельный теплоприток увеличивается с 8 до 30 кВт/м². Это ведет к необходимости резкого увеличения расхода энергии на поддержание необходимого температурного режима грузового отсека и снижению времени его сохранности. Расход энергии на поглощение тепла и поддержание температурного режима ГО определяется теплопритоком в ГО и зависит от холодопроизводительности холодильной установки автомобиля-рефрижератора и времени ее работы. Процесс нагрева воздуха в ГО автомобиля-рефрижератора можно описать с помощью уравнения теплового баланса:

$$Q_T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n-1} Q_{\text{ст}} + \sum_{i=1}^{n-1} Q_{\text{инф}}, \quad (2)$$

где Q_T – теплота, поступающая в ГО автомобиля-рефрижератора, Дж;
 $Q_{\text{ст}}$ – теплота, поступающая через стенки ГО автомобиля рефрижератора на j -м перегоне маршрута и i -м пункте разгрузки, Дж;
 $Q_{\text{инф}}$ – теплота, поступающая вследствие открывания дверей ГО (инfiltrации) автомобиля-рефрижератора для разгрузки СГ в i -м пункте разгрузки, Дж;
 m – количество перегонов (участков между остановками для разгрузки).

Теплоприток, поступающий через стенки ГО автомобиля-рефрижератора, зависит от разницы температур воздуха и температурой сохранности СГ; времени ездки, за которое тепло проникает в ГО; от конструктивных особенностей фургона (толщина стенок, теплоизоляционный материал, площадь и цвет фургона и пр.).

Теплоприток, поступающий во время разгрузки автомобиля-рефрижератора, зависит от разницы температур воздуха и температурой сохранности СГ; суммарного времени разгрузки, за которое тепло проникает в ГО; от конструктивных особенностей фургона (площадь открытых дверей, наличие теплоизолирующих шторок и пр.).

Следовательно, при построении многофакторной модели расхода топлива автомобиля-рефрижератора при работе холодильной установки необходимо учитывать три основных фактора: разницу температур окружающего воздуха и температуры сохранности груза, а также суммарное время разгрузки и время ездки. Компоновка многофакторной модели проводилась на основании полученных однофакторных моделей. Совместное влияние факторов условий эксплуатации, влияющих на расход топлива автомобилем-рефрижератором с холодильной установкой каталитического типа, описывается многофакторной аддитивной математической моделью на смешанных эффектах следующего вида:

$$q_x = \Delta t_e (S_{t_e} \tau_e + S_p \tau_p), \quad (2)$$

где: S_{t_e} – параметр чувствительности к изменению температуры окружающего воздуха и времени ездки, л/100кмч°C;
 S_p – параметр чувствительности к изменению суммарного времени разгрузки и температуры окружающего воздуха, л/100кмч°C;
 Δt_e – разница температуры окружающего воздуха и необходимого температурного режима перевозки, °C;

τ_p – время разгрузки, час;

τ_e – время ездки, час;

Эксплуатационные испытания автомобилей ГАЗ-3717 с холодильной установкой компрессорного типа «Thermo King V-200» проводились при температурах окружающего воздуха от 0°С до +40°С на различных развозочных маршрутах. Эксперимент проводился в соответствии с требованиями ГОСТ 20306-90 к техническому состоянию автомобиля, дорожным участкам и средствам измерения. Исключения составил пункт 2.1.4. – испытания проводились как с работающей холодильной установкой, так и без её задействования.

Аналитический вид многофакторных моделей для автомобиля ГАЗ-3717 с холодильной установкой «Thermo King V-200» представлен в выражении (3).

$$q_x = \Delta t_e (0,0216\tau_e + 0,045\tau_p) 10^{-3}, \quad (3)$$

Дисперсионное отношение Фишера больше табличного значения с вероятностью 0,99, что свидетельствует об адекватности математической модели (8) экспериментальным данным и подтверждают выдвинутую ранее гипотезу.

Численные значения коэффициента детерминации (табл. 1) указывают на полноту учёта факторов в модели и подтверждают результаты предварительного отбора. Значимость параметра чувствительности к изменению температуры окружающего воздуха и суммарного времени разгрузки проверены по критерию Стьюдента. Расчётные значения t-статистики больше табличных с вероятностью 0,95.

Таблица 1 - Статистические характеристики математических моделей влияния температуры окружающего воздуха, времени разгрузки, а также суммарного времени ездки на расход топлива автомобилем-рефрижератором

Наименование характеристики	Мат. модель (3)
Коэффициент множественной корреляции, R	0,94
Коэффициент множественной детерминации, D	0,88
t-статистика коэффициента корреляции, t	8,56
Уровень значимости коэффициента корреляции	0,99
Средняя ошибка аппроксимации, E%	2,42
Среднее квадратичное отклонение, S _y	2,03
Дисперсионное отношение Фишера, F	8,4
Критерий Фишера, F _{0,95}	2,98
Уровень адекватности, P(F)	0,99

Параметры чувствительности S отражают количественный уровень приспособленности автомобилей-рефрижераторов к увеличению суровости условий эксплуатации по расходу топлива. Уровень приспособленности зависит от конструктивных особенностей фургона-рефрижератора, мощности ХОУ, а также от мощности двигателя, виде топлива и других факторов. Приспособленность не зависит от суровости, но может снизить её негативное влияние.

Полученные результаты исследования позволяют дифференцировать нормы надбавок на работу холодильных установок каталитического типа в зависимости от суровости условий эксплуатации и количественного уровня приспособленности автомобилей-рефрижераторов к этим условиям, что способствует повышению эффективности перевозок.

Список литературы

1. Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 125 с.
2. Р 3112199-0337-95. Руководство по энергосбережению на автомобильном транспорте.
3. *Сидоров С.А.* Приспособленность автомобилей-рефрижераторов к перевозке скоропортящихся грузов. - Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Тюмень, 2011. – 22 с.

05.22.10

Н.С. Захаров, Л.А. Текутьев

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
Институт Транспорта, кафедра сервиса автомобилей и технологических машин,
Тюмень, satm_tsogu@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИНДЕКСА КЛИЕНТСКОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье описывается понятие клиентской лояльности, определяется её численный показатель, указываются области бизнеса, активно использующие методики измерения индекса клиентской лояльности, выдвигаются и проверяются гипотезы о влиянии индекса клиентской лояльности на эффективность работы сервисного предприятия.

Ключевые слова: поведение потребителей, клиентская лояльность, индекс клиентской лояльности, системный анализ, количество обслуживаний, прибыль станции сервисного обслуживания.

С развитием рыночных отношений и усилением конкуренции в России работа с конечным потребителем становится все более актуальной для каждого участника рынка. Поведение потребителей – новая область знаний, которая помогает участникам рынка сохранить и даже увеличить прибыльность своего бизнеса при сравнительно небольших материальных затратах. Таким образом, изучение поведения потребителей актуально для каждого, кто стремится прочно и успешно вписаться в рыночную стихию и преуспеть в ней [1].

В России только несколько лет назад основы поведения потребителей начали преподавать в высших учебных заведениях как самостоятельную дисциплину [2].

Известно, что 80% клиентов уходят от компании, если их не устраивает клиентский сервис, а привлечение нового клиента стоит в 5 раз дороже, чем сохранение старого.

Для оценки степени удовлетворенности клиента услугами сервисного предприятия используется индекс клиентской лояльности.

По мнению Ф. Родригеса и Ф. Креуса [3] индекс клиентской лояльности есть индикатор, синтезирующий информацию о восприятии клиентом качества продукции и услуг, предоставляемых производителем. Индекс клиентской лояльности дает информацию с точки зрения клиента, одновременно измеряя ощущения и ожидания и позволяя определить профили и тенденции в отношении качества, выявить приоритеты среди возможностей улучшения и мотивировать их достижение.

Таким образом, индекс клиентской лояльности представляет собой комплексный численный показатель клиентской удовлетворенности, с помощью которого возможно определить сильные и слабые стороны организации процесса обслуживания на предприятии.

В настоящее время больше всего вопросами клиентской лояльности занимаются в сферах оказания услуг (банковское дело, туризм, гостиничный бизнес, ремонт и обслуживание автомобилей) [4], т.е. там, где невозможно оценить качество оказанных работ до их выполнения. В данной статье будут рассмотрены вопросы клиентской лояльности на примере станции обслуживания и ремонта автомобилей в официальном дилерском центре.

Цель исследований заключается в повышении качества обслуживания клиентов в сервисном центре на основе установления закономерностей влияния клиентской лояльности на эффективность работы предприятия и разработки на этой основе практических методов.

В соответствии с требованиями системного анализа идентифицирована изучаемая система, затем она локализована [5]. При исследовании закономерностей влияния клиентской лояльности на эффективность работы сервисного центра приняты следующие ограничения:

рассматривается сегмент обслуживания автомобилей категории В, С (средняя стоимость 500 ... 650 тыс. руб.);

затраты на налоговые выплаты включены в затраты по статье «Фонд оплаты труда»;

все запасные части, реализуемые в сервисном центре и используемые в ремонте, находятся на складе предприятия, при необходимости срок доставки не превышает двух дней с момента поступления заявки;

количество маркетинговых мероприятий не меняется во времени и устанавливается дистрибьютором;

основными потребителями сервисных услуг являются лица мужского пола в возрасте от 20 до 45 лет;

климатические условия рассматриваются как фоновый фактор, исследования проводились в одном климатическом регионе;

экономическая обстановка в рассматриваемом городе стабильная, уровень безработицы не превышает среднего значения по стране;

трудоемкость и материалоемкость выполняемых работ рассматривалась как фоновый фактор, так как более 80 % выполняемых работ – это регламентные работы по техническому обслуживанию автомобилей;

сервисный центр работает в режиме предварительной записи, в связи с чем отсутствует очередь при приеме на обслуживание.

На основе анализа априорной информации выдвинуты гипотезы о возможности описания зависимостей количества обслуживаний $N_{обсл}$ и прибыли $\Pi_{сум}$ сервисного центра от клиентской лояльности моделями следующего вида:

$$N_{обсл} = a_1 \cdot e^{a_2 \cdot CSI},$$

где a_1, a_2 – эмпирические коэффициенты;

CSI – индекс клиентской лояльности, баллы;

$$\Pi_{сум} = b_1 \cdot e^{b_2 \cdot CSI},$$

где b_1, b_2 – эмпирические коэффициенты.

Для проверки выдвинутых гипотез проведен эксперимент, заключающийся в сборе данных о количестве обслуживаний, доходах сервисного центра по кварталам, стоимости запчастей и материалов, используемых для технического обслуживания и ремонта автомобилей, размере фонда заработной платы по кварталам, затратах на маркетинг по кварталам, фактическом значении индекса клиентской лояльности по кварталам. Данные получены в ЗАО «НИККО» и ЗАО «Автомакс» для автомобилей марок KIA, MITSUBISHI, HYUNDAI.

Результаты эксперимента представлены на рис. 1 и 2.

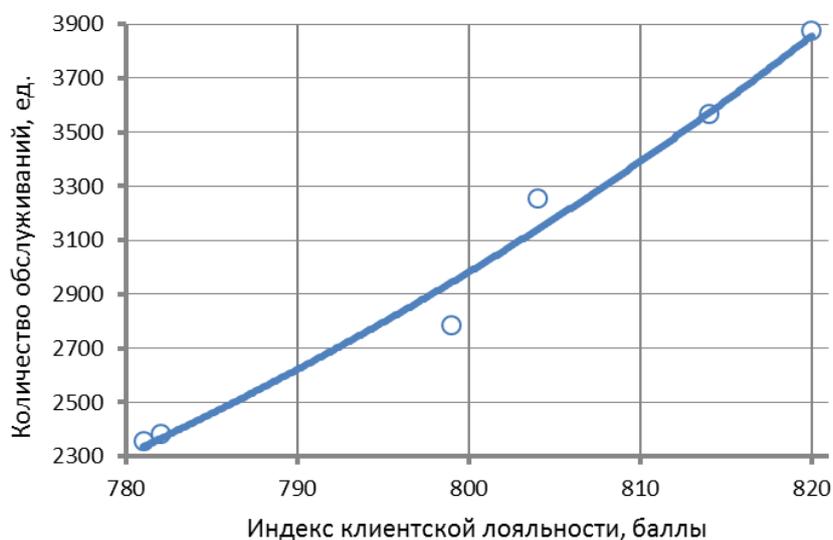


Рис. 1. Влияние индекса клиентской лояльности на количество обслуживаний

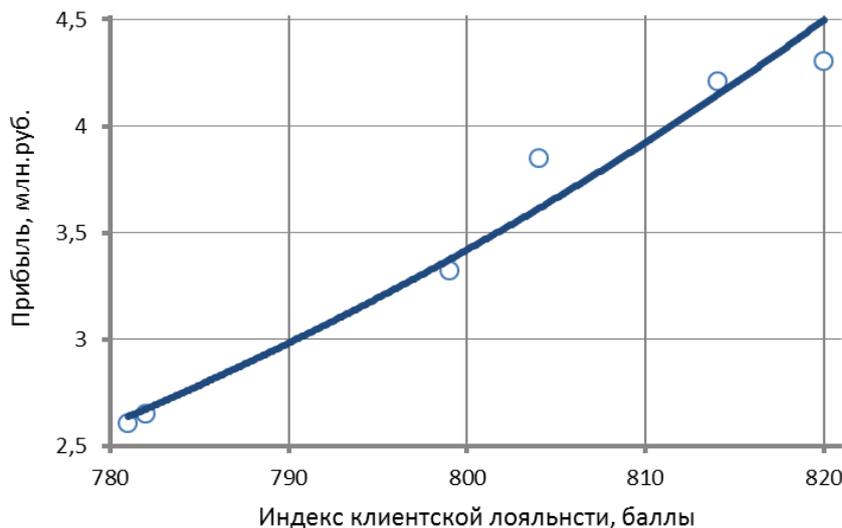


Рис. 2. Влияние индекса клиентской лояльности на прибыль сервисного центра

Проверка по критерию Стьюдента [6] показала, что с вероятностью более 0,95 индекс клиентской лояльности значительно влияет на количество обслуживаний и прибыль сервисного центра.

Дисперсионное отношение Фишера составило для рассматриваемых моделей 149,51 ... 188,43 при табличном значении критерия Фишера $F_{0,95} = 7,71$, что свидетельствует об их адекватности экспериментальным данным.

Таким образом, гипотезы о виде математических моделей зависимостей количества обслуживаний и прибыли сервисного центра от индекса клиентской лояльности подтвердились.

На основе приведенных результатов можно сделать вывод о возможности управления прибылью, получаемой предприятием, воздействуя с помощью ряда мероприятий на индекс клиентской лояльности.

Список литературы

1. Гурова, И.В. Роль маркетинговых исследований в разработке стратегии изучения потребителей [Текст] / И.В. Гурова, В.В. Никишкин // Маркетинг в России и за рубежом. – 1999. – № 4. – С. 78-91.
2. Мазилкина, Е. Поведение потребителей [Текст] / Е. Мазилкина. – СПб.: СПбГУЭФ, 2009. – 240 с.
3. Родригес, Ф. Измерение индекса удовлетворенности клиентов [Текст] /Ф. Родригес, Ф. Креус // 43-я конференция Европейского Конгресса Качества. – Мадрид, 1999. – С. 105-113.
4. Buss, N. Marketing Solutions [Текст] / N. Buss, B. Crawford, J. Gordon, St-M. Jan // Информационно-аналитический журнал McKinsey. – 2011. – № 1. – С. 100-110.
5. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей / Н.С. Захаров : Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2000. – 42 с.
6. Захаров, Н.С. Программа «REGRESS». Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 52 с.

05.02.10

Д.П. Ильященко

Юргинский технологический институт
Национального исследовательского Томского политехнического университета,
г. Юрга, mita8@rambler.ru

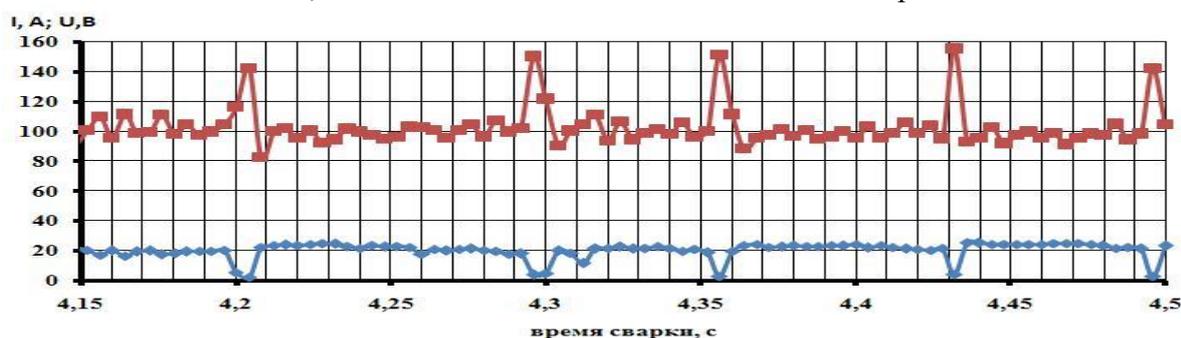
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЯ КАПЛИ РАСПЛАВЛЕННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ РДС

В работе приведена методика расчета теплосодержания капель расплавленного электродного металла в зависимости от энергетических параметров источников питания ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Установлено, что тип источника питания сварки оказывает значительное влияние на температуру, массу и площадь активной поверхности электродных капель.

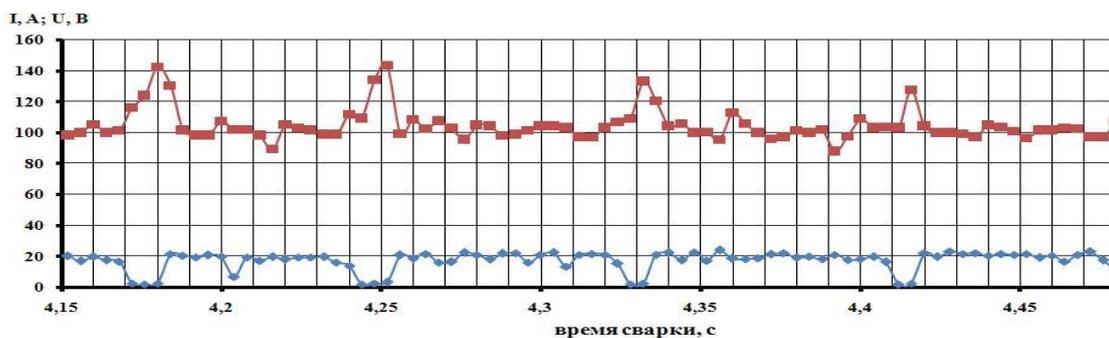
Ключевые слова: *дуговая сварка, тип источника питания, свойства сварных соединений.*

В настоящее время рядом российских и зарубежных фирм - производителей сварочного оборудования выпускаются источники питания для ручной дуговой сварки покрытыми электродами (ММА), такие как Fronius, Австрия, Lincoln Electric, США, ESAB, Швеция), У КП (Технотрон, Россия), ВКЗ (ИТС, Россия) и т.д. Как правило, данные установки включают в себя быстродействующие инверторные источники питания, способные с частотой, достигающей сотен Гц, управлять параметрами режима сварки (время короткого замыкания, скорость нарастания тока во время короткого замыкания и др.). Однако, на данный момент не существует комплексной методики, которая могла бы объективно оценивать тепловложение от различных типов оборудования для РДС (ММА) [1].

Анализ осциллограмм процесса сварки от инвертора и диодного выпрямителя (рисунок 2.1) показывает [2] различие энергетических параметров процесса сварки во время образования и переноса капли электродного металла. При сварке от инвертора значения тока $I_{\max \text{ к.з.}}$ и I_{\min} изменяется 90...140 А, а при сварке диодным выпрямителем – 80...160 А, при $I_{\text{раб}}$ 100 А. Следовательно, изменяется тепловложение в каплю электродного металла.



а)



б)

Рисунок 1 – Осциллограммы процесса сварки (электроды марки LB-52U диаметром 3,2 мм): а – ВД-306; б – Nebula-315

Расчет тепловложения в каплю расплавленного электродного металла можно произвести, используя осциллограммы процесса сварки. По значениям тока и напряжения в ключевых точках можно провести анализ теплового воздействия сварочного тока на каплю электродного металла при сварке от инвертора и диодного выпрямителя [3]. Для расчета теплоты вводимой в каплю применили закон Джоуля-Ленца с учетом энергии, переходящей в каплю [4]:

$$Q = 0,24 \cdot I \cdot U \cdot t, \quad \text{Дж}, \quad (2.1)$$

где I – сила сварочного тока, А;

U – Напряжение, В;

t – время сварки, с.

Используя данные осциллограмм рисунок 1, можно провести расчет введенной теплоты в каплю расплавленного электродного металла [5] аналитическим методом. Энергию, затрачиваемую на плавление электродного металла в единицу времени, можно определить по уравнению:

$$Q(t) = 0.24 \sum_{i=0}^{i=n} \int_{t_n}^{t_{n+1}} I_n(t) \cdot U_n(t) \cdot t \cdot dt. \quad (2.3)$$

Расчеты [6], выполненные аналитическим методом показывают, что при сварке от инверторного источника питания энергия затрачиваемая на плавление электродного металла за 1 секунду в среднем составляет $Q_k = 1,1325 \times 10^7$ Дж, а при сварке от диодного выпрямителя $Q_k = 1,2503 \times 10^7$ Дж.

Различное тепловложение в каплю электродного металла можно проверить, произведя расчет температуры перегрева капель при их переходе через дуговой промежуток с короткими замыканиями по формуле [7]:

$$\Delta T_k = \frac{1}{c} \left(\frac{q_1}{a \cdot \tau_{к.з}^2} - \frac{1}{K} \right) \quad (2.4)$$

где ΔT_k - превышение средней температуры жидкого металла на электроде над температурой плавления, К;

c – средняя теплоемкость жидкого металла, Дж/ г·°С, C=0,84 Дж/г·°С.

q_1 – тепловая мощность дуги на торце электрода, Дж/с.

K – коэффициент, характеризующий массу металла, которая может быть расплавлена единичной энергией, г/Дж, $K=1,5 \cdot 10^{-3}$ г/Дж.

$\tau_{к.з.}$ - время пребывания капли на торце электрода, с.

a – коэффициент $0,33 \cdot 10^{-4}$ г/с³.

Расчеты по формулам 2.3,2.4 представленные в таблице 1

Таблица 1. – Экспериментальные и расчетные данные

Тип источника питания	$\tau_{к.з.}, с$	$\Delta T_{к.}, К$ средние	Ср. значения	Количество коротких замыканий за секунду	Скорость нарастания тока	Разница в амплитуде значений I, А
инвертор	0,010-0,014	410	I=100А; U=22В	14	2,1-4,2 кА/с	140/100 130/100
диодный выпрямитель	0,008-0,012	480	I=100А; U=22В	14	4-12 кА/с	140/80; 150/90
инвертор	0,007-0,009	979	I=125А; U=24В	12	30 кА/с	160/110 170/100
диодный выпрямитель	0,006-0,008	1565	I=125А; U=24В	12	25-30 кА/с	180/90 170/100

Различное тепловложение в каплю электродного металла и время пребывания капли на торце электрода влечет за собой изменение в размерах переносимых капель. Капли разного размера имеют разную активную поверхность, взаимодействующую со шлаком и атмосферой, а соответственно полноту протекания металлургических реакций [8].

Активную поверхность капли (примем форму капли в виде сферы), покрытую слоем шлака можно рассчитать по формуле:

$$S=4\pi R^2, \quad (2.5)$$

где S-площадь поверхности сферы, м²,

R – радиус сферы, м,

r – диаметр покрытого электрода, м.

Массу переносимых капель электродного металла можно найти:

$$m=\rho \cdot V, \quad (2.6)$$

где ρ – плотность электродных капель, кг/м³,

V – объем капель, м³.

Учитывая сделанное допущение, то, что капли переносятся в виде шара, объем капли можно определить:

$$V=\frac{4}{3} \pi R^3, \quad (2.7)$$

С другой стороны, массу переходящих капель с короткими замыканиями [6] можно найти:

$$m = a \cdot \tau_{к.з.}^3, \quad (2.8)$$

где $\tau_{к.з.}$ -время пребывания капли на торце электрода,с.

a – коэффициент $0,33 \cdot 10^{-4} г/с^3$.

Из формул 2.5-2.8:

$$S = 4\pi \left(\sqrt[3]{\frac{3a\tau_{кз}^3}{4\rho\pi}} \right), \quad (2.9)$$

Таким образом, формула 2.9 показывает, что чем больше короткое замыкание, тем больше активная поверхность капли переносимого электродного металла.

Таблица 2 Расчетные данные массы переносимых капель и удельной поверхности

Источник питания	Ср. значения	m, г	S, см ²
Инвертор	I=100A; U=22В	$\frac{0,033 \dots 0,090}{0,0615}$	$\frac{0,128 \dots 0,247}{0,1875}$
	I=125A; U=24В	$\frac{0,011 \dots 0,024}{0,0175}$	$\frac{0,098 \dots 0,197}{0,1475}$
Диодный выпрямитель	I=100A; U=22В	$\frac{0,0168 \dots 0,057}{0,0369}$	$\frac{0,08 \dots 0,18}{0,13}$
	I=125A; U=24В	$\frac{0,007 \dots 0,016}{0,0115}$	$\frac{0,06 \dots 0,15}{0,105}$

Анализ данных таблиц 1, 2 показывает, различное тепловложение в каплю расплавленного электродного металла при использовании источников питания различной энергетической характеристикой, а также размер переходящих капель с электрода в сварочную ванну предполагает и различное тепловложение в изделие.

Вывод: применение инверторных источников питания позволяет снизить перегрев капель электродного металла на 15-37% по сравнению с диодным выпрямителем, а значит, позволяет повысить процент перехода легирующих элементов в металл шва из сварочных электродов.

Список литературы

- 1 Юшин Алексей Александрович. Разработка критериев оценки сварочных свойств установок для дуговой сварки с управляемым каплепереносом: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.10 Москва, 2012. 165 с.
- 2 Ильященко Д.П. Тепловизионное исследование температурных полей на поверхности свариваемого изделия при ручной дуговой сварке покрытыми электродами/ Д.П. Ильященко, Д.А. Чинахов// Дефектоскопия, 2011. №11. с. 11-16.
- 3 Ильященко Д.П. , Чинахов Д.А. Влияние типа источника питания на тепло- и массоперенос при ручной дуговой сварке // Сварка и диагностика. - 2010 - №. 6 - С. 26-29.
- 4 Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. М., «Машиностроение», 1970, 335 с.
- 5 Источники питания для дуговой сварки: учебное пособие / С.А. Солодский, О.Г. Брунов, Д.П. Ильященко; Юргинский технологический институт - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 165 с (Гриф УМО) Размещение на сайте Единого окна доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>.
- 6 Pyashchenko D.P. Thermal Imaging Investigations of Temperature Fields on the Surface of parts being Welded Item during Manual Arc Welding with Coated Electrodes/ D.P. Pyashchenko, D.A. Chinakhov// RUSSIAN JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE TESTING, 2011, vol. 47, No11, pp724.
- 7 Макаренко, В.Д. Расчет кинетических характеристик электродных капель при их переходе через дуговой промежуток в процессе сварки покрытыми электродами/ Макаренко В.Д., Шатило С.П./ Сварочное производство. 1999. №12. С.6 -10.
- 8 Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. М. – Машиностроение. – 1979. – 231 с.

05.22.10

В.Н. Карнаухов

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
Институт транспорта, кафедра эксплуатации автомобильного транспорта,
karnauhov1948@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА НА РАСХОД ТОПЛИВА

Сегодня особое внимание уделяется проблемам снижения потребления топлива и существенному сокращению выброса углеводородов при сохранении высокой удельной мощности двигателей. Использование современных методов позволяет расчетным путем оценивать экономические и экологические показатели ДВС. Возможность улучшения эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания является одной из основных проблем. В статье рассмотрен вопрос влияния корректирующего коэффициента на расход топлива, работу и пуск двигателя.

Ключевые слова: расход топлива; эксплуатация двигателей; давление воздуха; температура окружающего воздуха, влажность воздуха, плотность воздуха.

Управление эксплуатацией двигателей осуществляется через соответствующие нормы расхода горюче-смазочных материалов. Чем они объективнее, тем выше результативность работы двигателей внутреннего сгорания и ниже затраты трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов. Параметры, на которые опирается данное исследование, в данном случае представляют собой нормы [1]:

1. Расхода топлива.
2. Периодичности ТО.
3. Срока службы двигателей.

В зависимости от длительности эксплуатации двигателей нормы должны корректироваться, учитывая уровни надежности и долговечности ДВС. Тем более, что уровень долговечности и надежности двигателей дифференцирован в зависимости от производителя. Это требует различных значений коэффициента корректирования, который определяется исходя из длительности и условий эксплуатации:

$$K_k = \frac{Y}{Y_T} \quad (1)$$

где K_k – коэффициент корректирования, Y – фактическое значение параметра, Y_T – теоретическое значение параметра длительности эксплуатации.

В этом случае формула определения эффективности двигателей различных марок и моделей с определенным уровнем приспособленности к условиям эксплуатации будет иметь следующий вид норм:

$$Y = f(Y_n; Y; L; X; N; A) \quad (2)$$

где Y и Y_n – реализуемые показатели (Y – значение параметра в данных условиях эксплуатации, Y_n – базовое значение параметра в типичном интервале эксплуатации), L – длительность эксплуатации, X – условия эксплуатации, N – надежность, A – приспособленность к условиям эксплуатации.

$$K_k = \frac{f(Y_n; Y; L; X; N; A)}{Y_T} \quad (3)$$

Показатель Y отражает в этой формуле надежность и длительность эксплуатации двигателей. Коэффициент корректирования в данной системе позволяет предусматривать повышение эффективности за счет совершенствования нормативов, контроля и оценки прогнозирования показателей эффективности двигателей с учетом изменения условий

эксплуатации двигателей различных моделей. При этом эксплуатация двигателей при низких температурах воздуха требует высокой надежности и эффективности ДВС. При этом длительность эксплуатации двигателей выбирается такой, чтобы затраты на их изготовление и эксплуатацию были минимальными. Поэтому в настоящее время эффективность ДВС повышается за счет улучшения методов пуска двигателей при низких температурах воздуха, улучшения качества эксплуатационных масел, топлив и качества изготавливаемых деталей. Для выполнения вышеперечисленного необходимо соблюдать системный подход к конструкции и эксплуатации двигателей, обеспечивающий эффективность использования ДВС. То есть управлять реализуемым показателем эффективности K_k , который должен отражаться в нормативно-технической и конструкторской документации. В настоящее время они достаточно не учитываются, особенно при работе ДВС в холодной климатической зоне. Основным условием и достоинством данной классификации является удобство и простота нормирования по отношению к двигателям любой конструкции. При этом точность корректирования с помощью K_k позволяет с достаточной точностью, через условия эксплуатации, учитывать изменения температурного состояния воздуха, его давления и влажности во впускном коллекторе ДВС, которые приводят к изменению расхода топлива. В связи с вышеизложенным необходимо учитывать природно-климатические условия работы ДВС. Поэтому в литературе для оценки вышеперечисленных переменных климатических факторов применяются соответствующие параметры: 1. Закон распределения температур; 2. Средняя годовая температура; 3. Коэффициент асимметрии; 4. Стандартные отклонения; 5. Абсолютный минимум и максимум температур; 6. Давление воздуха; 7. Влажность воздуха; 8. Плотность воздуха.

Многие показатели коррелированы друг с другом. Так количество дней со снежным покровом D_c зависит от среднегодовой температуры воздуха и определяется следующей математической зависимостью [2]:

$$D_c = 263 - 10 \cdot \bar{t}_g \quad (4)$$

где D_c – количество дней со снежным покровом, \bar{t}_g – среднегодовая температура воздуха.

В данной работе рассмотрены четыре параметра: температура, давление, плотность и влажность воздуха, которые связаны между собой корреляционной связью. Этих основных факторов достаточно для решения задачи топливной экономичности двигателей.

Внутри одного климатического района, как Тюменская область, средняя суточная температура в течение года колеблется в интервале $\pm 20^\circ\text{C}$ и средняя влажность воздуха от 40% до 80%.

В зависимости от природно-климатических зон установлены нормы расхода топлива. К сожалению они имеют общий недостаток, так как K_k корректирующий коэффициент установлен общий для всех моделей и типов двигателей. То есть коэффициент корректирования не дифференцирован по моделям двигателей. Увеличение расхода топлива при низких температурах связано с ухудшением рабочих процессов как дизельных, так и бензиновых двигателей, что ведет к понижению мощности ДВС. Низкая температура влияет так же и на пуск двигателей. Многочисленными исследованиями установлено, что низкая температура увеличивает расход топлива до 10-15%. Высокая температура в условиях жаркого климата тоже влияет на расход топлива ДВС, увеличивая его на 3-5%.

Перерасход топлива обусловлен разностью плотности, влажности, температуры и давления воздуха во впускных коллекторах ДВС и как результат ухудшение процесса горения топлива в камерах сгорания, что в свою очередь снижает мощность [3]. Зависимость расхода топлива от вышеперечисленных параметров воздуха имеет симметричный U-образный вид, исходя из этого, искомая модель является квадратичной. Следовательно, расход топлива любого ДВС можно представить следующей моделью [2]:

$$q = q_0 + S \cdot (t_{\text{вх}} - t_0)^2 \quad (5)$$

где q_0 – оптимальный (минимальный) расход топлива, S – параметр чувствительности расхода топлива к изменению температуры воздуха, $t_{\text{вх}}$ – температура окружающего воздуха,

t_0 – оптимальная температура воздуха на входе в двигатель, при которой обеспечивается минимальный расход топлива.

Необходимую температуру воздуха во впускном коллекторе с учетом влажности, температуры и давления определяем по формуле:

$$T_{mp} = \frac{P_{mp} \cdot T_{\epsilon}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R} \quad (6)$$

где T_{ϵ} – температура атмосферного воздуха во время измерения, P_{tr} – давление во время измерений, T_{tr} – определяемая температура воздуха в трубопроводе с учетом плотности, давления и влажности, R – газовая постоянная при влажности воздуха менее 60% ее значение принимается равное 287 Дж/кг·К, при влажности более 60% – 289 Дж/кг·К, ρ_0 – плотность воздуха при 0°C.

Показатели определены для нормальных условий состояния газа (температура 0°C и давление 760 мм.рт.ст.)

Подставляя формулу 4 в формулу 3 получаем:

$$q = q_0 + S \cdot \left(\frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R} - t_0 \right)^2 \cdot K_k \quad (7)$$

где K_k – колеблется в интервале 0,8÷1,2.

Показатели аддитивности q_0 , S , t_0 определяются маркой и моделью двигателя. Эксплуатационный ресурс двигателя автомобиля определяется реальными условиями работы. Долговечность двигателей определяют так же и природно-климатические условия.

В результате исследований и обработки экспериментальных данных с помощью формулы 7 было установлено, что оптимальный (минимальный) расход топлива для дизельных двигателей грузовых автомобилей приходится на диапазон температуры во впускном коллекторе 40-67°C и составляет для двигателей КАМАЗ-740 31 литр на 100 км. Получены зависимости расхода топлива дизельными двигателями ЯМЗ-236, 238 и КАМАЗ-740 в процентах от температуры окружающего воздуха.

Список литературы

1. Автомобильные двигатели. В.М. Архангельский [и др.]; отв. ред. М.С. Ховах. М.: Машиностроение, 1977. 591 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых двигателей. Д.Н. Вырубов [и др.]. М.: Машиностроение, 1983. 387 с.
3. Карнаухов В.Н. Сбережение топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации автомобильного транспорта в низкотемпературных условиях: Монография. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2000. 275 с.
4. Ленин И.М. Теория автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа, 1976. 364 с.
5. Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Т. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. М.: Изд-во Транспорт, 1989. 128 с.

05.13.17

М.В. Клековкина, Е.В. Котельников

Вятский государственный гуманитарный университет,
кафедра прикладной математики и информатики,
г. Киров, klekovkina.mv@gmail.com, kotelnikov.ev@gmail.com

СНИЖЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТ ЭКСПЕРТА В АЛГОРИТМЕ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОВАРЯ ОЦЕНОЧНОЙ ЛЕКСИКИ

В статье рассматривается алгоритм формирования словаря оценочной лексики для решения задачи анализа тональности. Экспертная оценка позволяет говорить об убывающем экспоненциальном характере распределения оценочных слов в полном словаре коллекции текстов, упорядоченном на основе веса RF (Relevance Frequency). Эксперименты с коллекциями отзывов о фильмах семинара РОМИП и сайта www.kinopoisk.ru показывают, что просмотр экспертом всего 20% полного словаря позволяет выявить такой набор оценочных слов, на основе которого достигается качество классификации по тональности, отличающееся от максимального не более чем на 5%.

Ключевые слова: *анализ тональности, лексический подход, словарь оценочной лексики.*

Широкое распространение веб-ресурсов – социальных сетей, блогов и микроблогов, форумов, разделов комментариев новостных сайтов, – позволяющих выражать мнения пользователей по различным вопросам, привело к бурному развитию теории и практики компьютерных средств анализа тональности в текстах [1]. *Анализ тональности* (sentiment analysis) – это автоматическая классификация текстов по выраженному в них эмоциональному отношению, например, позитивному/негативному. Соответствующие программные инструменты находят применение в социологических, политологических, лингвистических, маркетинговых исследованиях, в рекомендательных и поисковых системах [2, 3].

Для анализа тональности, как правило, используются два подхода на основе машинного обучения [3]: *с учителем* (supervised machine learning) и *без учителя* (unsupervised) или, по-другому, *лексический подход*.

В первом подходе автоматически строится классификатор на основе обучающей текстовой коллекции, который затем применяется для анализа новых текстов. При этом удается достичь высокой точности классификации, но только при условии наличия достаточного количества размеченных данных. Недостатками подхода являются сложность интерпретации обученного классификатора и проблемы при его переносе в другую предметную область.

В лексическом подходе решение об отнесении текста к той или иной тональности вырабатывается с помощью оценки тональности входящих в текст слов. Такое решение легко интерпретируется, а размеченные данные становятся не нужны. Однако при этом требуются качественные словари оценочной лексики.

Целью данной работы является исследование некоторых аспектов алгоритма формирования словаря оценочной лексики, предложенного в [4]. Алгоритм сочетает основные преимущества обоих подходов, обеспечивая высокую точность классификации наряду с хорошей интерпретируемостью результатов. В статье даются ответы на следующие вопросы: 1) каково распределение оценочных слов в наборе всех слов некоторой коллекции; 2) какова зависимость качества классификации от доли используемых оценочных слов.

Алгоритм формирования словаря оценочной лексики.

На вход алгоритма поступает размеченная коллекция, содержащая тексты заданной предметной области. На первом этапе формируется словарь, содержащий слова всех текстов коллекции с учетом морфологического анализа. На втором этапе каждому слову присваиваются два веса для позитивной и негативной тональностей, вычисленные по методу RF (Relevance Frequency – релевантная частота) [5]. На третьем этапе из словаря составляются два одинаковых списка, в одном из которых слова упорядочены по убыванию позитивного веса, в другом – по убыванию негативного. На четвертом этапе эксперт отбирает в итоговый словарь подмножество наиболее эмоционально ярких слов. При этом для сокращения трудозатрат просматривается только $N\%$ первых слов в каждом списке. Одной из задач статьи является исследование зависимости качества классификации от N .

Словарь оценочной лексики для отзывов о фильмах.

Для исследования была использована обучающая коллекция отзывов о фильмах семинара РОМИП-2011 [6], включающая 15149 непустых отзывов.

Для ответа на первый вопрос исследования о распределении оценочных слов в наборе всех слов некоторой коллекции, экспертом был просмотрен полный словарь коллекции, состоящий из 15552 слов, и отобраны эмоционально окрашенные позитивные и негативные слова. Распределение позитивных оценочных слов представлено на рис. 1.



Рис. 1. Распределение позитивных оценочных слов (слова полного словаря сгруппированы в сотни)

Из рис. 1 видно, что распределение оценочных слов имеет убывающий экспоненциальный характер. Упорядочивание слов в соответствии с весом RF и дальнейший просмотр экспертом некоторой начальной доли N этих слов позволяет выявить существенную часть оценочной лексики (70% оценочных слов содержится в первых 20% упорядоченного словаря).

Эксперименты

С целью определения зависимости качества классификации от доли N просмотренных экспертом слов, были проведены эксперименты с использованием трех тестовых коллекций отзывов о фильмах: коллекции семинаров РОМИП-2011 и РОМИП-2012, включающие соответственно 329 и 408 отзывов [6, 7], и коллекция отзывов с сайта Кинопоиск (www.kinopoisk.ru), содержащая 32015 отзывов [8]. Для классификации тестовых отзывов использовался словарный метод [9]. При этом варьировалась доля N полного словаря, просмотренная экспертом. Качество классификации оценивалось при помощи сбалансированной F1-меры [6]. Результаты представлены на рис. 2.

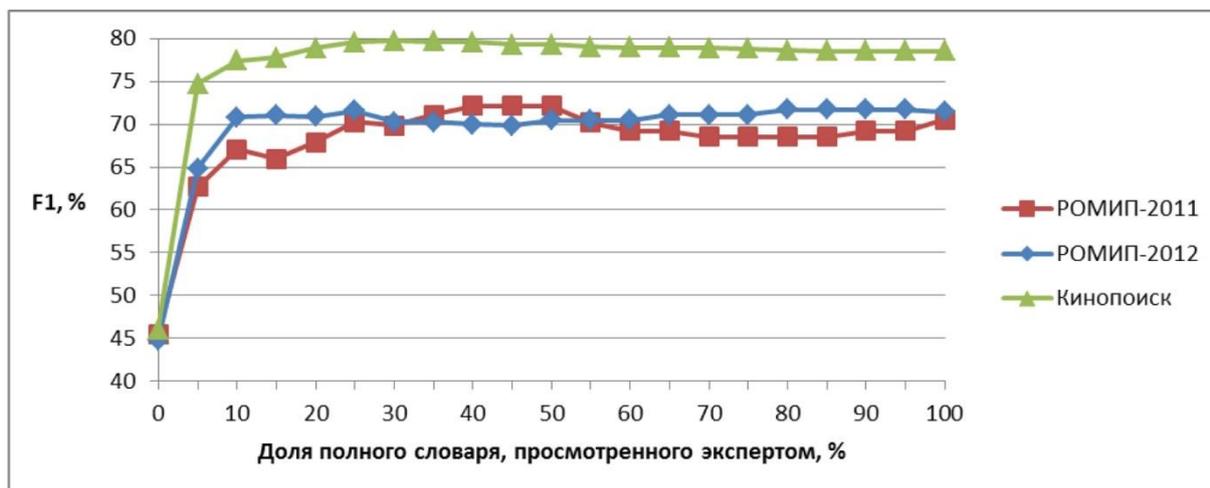


Рис. 2. Зависимость качества классификации от доли просмотренного экспертом словаря

Анализ результатов на рис. 2 показывает, что при просмотренной доле полного словаря 20% (10% для коллекций РОМИП-2012 и Кинопоиск) сбалансированная F1-мера отличается от максимальной не более чем на 5%.

Заключение.

Таким образом, ответы на вопросы, поставленные в начале статьи, будут следующими. Во-первых, распределение оценочных слов в зависимости от веса RF имеет убывающий экспоненциальный характер, т.е. вес RF адекватно отражает степень эмоциональности слова. Во-вторых, для достижения качества классификации, отличающегося от максимально возможного для словарного метода не более чем на 5%, в алгоритме формирования словаря оценочной лексики достаточно установить долю словаря, просматриваемого экспертом, $N = 20\%$.

Список литературы

1. *Pang B., Lee L.* Opinion Mining and Sentiment Analysis // Foundations and Trends® in Information Retrieval. 2008. No. 2. P. 1–135.
2. *Liu B.* Sentiment Analysis and Opinion Mining. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
3. *Feldman R.* Techniques and Applications for Sentiment Analysis // Communications of ACM, April 2013. Vol. 56. No. 4. P. 82–89.
4. *Клековкина М.В., Котельников Е.В.* Метод автоматической классификации текстов по тональности, основанный на словаре эмоциональной лексики // Труды XIV Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2012). Переславль-Залесский: изд-во «Университет города Переславль», 2012. С. 118–123.
5. *Lan M., Tan C.L., Su J., Lu Y.* Supervised and Traditional Term Weighting Methods for Automatic Text Categorization // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009. Vol. 31. No. 4. P. 721–735.
6. *Chetviorkin I., Braslavskiy P., Loukachevitch N.* Sentiment Analysis Track at ROMIP 2011 // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Papers from the Annual International Conference «Dialogue», 2012. No. 11 (18). P. 739–746.
7. *Chetviorkin I., Loukachevitch N.* Sentiment Analysis Track at ROMIP 2012 // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference «Dialog 2013», Bekasovo. 2013. Vol. 2. P. 40–50.
8. *Blinov P.D., Klekovkina M.V., Kotelnikov E.V., Pestov O.A.* Research of lexical approach and machine learning methods for sentiment analysis // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference «Dialog 2013», Bekasovo. 2013. Vol. 2. P. 51–61.
9. *Котельников Е.В., Клековкина М.В.* Определение весов оценочных слов на основе генетического алгоритма в задаче анализа тональности текстов // Программные продукты и системы. № 4. 2013. С. 296–300.

05.02.02

Г.Е. Кокиева

ФГБОУ ВПО Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Kokievagalia@mail.ru

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ АППАРАТОВ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

В статье описывается технология и способы измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов. Рассматривается ферментатор, предназначенный для культивирования микроорганизмов. Повышенный износ рабочих элементов которых, является одной из главных причин резкого снижения производительности.

Ключевые слова: *Ферментатор, культивирование микроорганизмов, износ рабочих элементов ферментаторов, дефекты.*

Основным аппаратурным элементом биотехнологического процесса является биореактор - ферментер. Биореакторы предназначены для культивирования микроорганизмов [3].

Для культивирования микроорганизмов необходимы и широко используются ферментаторы и аппараты для культивирования микроорганизмов, имеющие различные габариты и пределы регулирования температуры. Термостатирующие устройства могут быть как сухожаровыми, так и с водяным обогревом [1].

Каждый биологический активный препарат, как дрожжи повышают жизнедеятельность организма. Получение данных препаратов осуществляют в специальном оборудовании – ферментаторе.

Возрождение российской экономики немыслимо без подъема агропромышленного комплекса и пищевого оборудования, которое зависит от технической надёжности технологического оборудования.

Современные предприятия г. Улан-Удэ пищевой индустрии работают в динамичных экономических условиях, что стимулирует рассматривать отдельные компоненты характеристики технического изделия не изолированного, а как взаимосвязанную систему базовых показателей, в целом определяющих конкурентоспособность продукции: качество машин и оборудования пищевой промышленности.

Выход из строя оборудования напрямую зависит от износа деталей. Элементы оборудования подвергаются динамическим нагрузкам, которые снижают показатели эксплуатационной надежности и производительность оборудования в целом. К таким деталям в первую очередь относятся футеровочные элементы, кронштейны рабочих органов, лопасти и лопатки для культивирования микроорганизмов, лопастей, валы и отверстия в лопатках оборудования [2].

Развитие исследований по микробиологическому синтезу ставит перед специалистами многоуровневые цели и задачи, одна из которых — разработка аппаратуры и систем непрерывного культивирования микроорганизмов, обоснование факторов и закономерности их влияния на динамику изнашивания рабочих элементов оборудования пищевой промышленности [4], [5].

Повышенный износ рабочих элементов ферментаторов, значительно влияющий на показатели их эксплуатационной надежности, является одной из главных причин резкого снижения производительности.

Технология измерения рабочих поверхностей при дефектации обычная. Для выявления отклонения от правильной геометрической формы цилиндрических поверхностей их измеряют в двух-трех сечениях по длине и в каждом сечении в двух-трех направлениях. При

этом улавливают место с наибольшим износом. Такая методика измерений позволяет определить овальность, конусность и т.п. Браковочный калибр представляет собой стандартную непроходимую скобу или пробку. Изношенная поверхность измеряется двумя калибрами: предельно допустимым и предельным. Вначале пользуются первым калибром, оценивая возможность использования детали без ремонта. Затем, если величина износа выше предельно допустимой и первый калибр проходит, используют второй калибр, оценивая возможность восстановления детали. Если этот калибр не проходит, то деталь можно подвергать ремонту. При дефектации сложных деталей часто используются специальные приемы измерений, а также специализированные измерительные приборы.

Технология измерения рабочих поверхностей при дефектации обычная. Для выявления отклонения от правильной геометрической формы цилиндрических поверхностей их измеряют в двух-трех сечениях по длине и в каждом сечении в двух-трех направлениях. При этом улавливают место с наибольшим износом. Такая методика измерений позволяет определить овальность, конусность и т.п. Браковочный калибр представляет собой стандартную непроходимую скобу или пробку. Изношенная поверхность измеряется двумя калибрами: предельно допустимым и предельным. Вначале пользуются первым калибром, оценивая возможность использования детали без ремонта. Если этот калибр не проходит, то деталь можно подвергать ремонту. При дефектации сложных деталей часто используются специальные приемы измерений, а также специализированные измерительные приборы.

Очищенные детали подвергают дефектации с целью оценки их технического состояния, выявления дефектов и установления возможности дальнейшего использования, необходимости ремонта или замены. При дефектации выявляют: износы рабочих поверхностей в виде изменений размеров и геометрической формы детали; наличие выкрошиваний, трещин, сколов, пробоин, царапин, рисков, задиров и т.п.; остаточные деформации в виде изгиба, скручивания, коробления; изменение физико-механических свойств в результате воздействия теплоты или среды.

Способы выявления дефектов:

1. Внешний осмотр. Позволяет определить значительную часть дефектов: пробоины, вмятины, явные трещины, сколы, значительные изгибы и скручивания, сорванные резьбы, нарушение сварных, паяных и клеевых соединений, выкрошивания в подшипниках и зубчатых колесах, коррозию и др.

2. Проверка на ощупь. Определяется износ и смятие резьбы на деталях, легкость проворота подшипников качения и цапф вала в подшипниках скольжения, легкость перемещения шестерен по шлицам вала, наличие и относительная величина зазоров сопряженных деталей, плотность неподвижных соединений.

3. Простукивание. Деталь легко остукивают мягким молотком или рукояткой молотка с целью обнаружения трещин, о наличии которых свидетельствует дребезжащий звук.

4. Керосиновая проба. Проводится с целью обнаружения трещины и ее концов. Деталь либо погружают на 15-20 мин в керосин, либо предполагаемое дефектное место смазывают керосином. Затем тщательно протирают и покрывают мелом. Выступающий из трещины керосин увлажнит мел и четко проявит границы трещины.

5. Измерение. С помощью измерительных инструментов и средств определяется величина износа и зазора в сопряженных деталях, отклонение от заданного размера, погрешности формы и расположения поверхностей.

6. Проверка твердости. По результатам замера твердости поверхности детали обнаруживаются изменения, произошедшие в материале детали в процессе ее эксплуатации.

7. Гидравлическое (пневматическое) испытание. Служит для обнаружения трещин и раковин в корпусных деталях. С этой целью в корпусе заглушают все отверстия, кроме одного, через которое нагнетают жидкость под давлением 0,2-6,3 МПа. Течь или запотевание стенок укажет на наличие трещины. Возможно также нагнетание воздуха в корпус, погруженный в воду. Наличие пузырьков воздуха укажет на имеющуюся неплотность.

8. Магнитный способ. Основан на изменении величины и направления магнитного потока, проходящего через деталь, в местах с дефектами. Способ используется для обнаружения скрытых трещин и раковин в стальных и чугунных деталях. Применяются стационарные и переносные (для крупных деталей) магнитные дефектоскопы.

9. Ультразвуковой способ. Основан на свойстве ультразвуковых волн отражаться от границы двух сред (металла и пустоты в виде трещины, раковины, непровара). Импульс, отраженный от дефектной полости, регистрируется на экране установки, определяя место дефекта и его размеры. Применяется ряд моделей ультразвуковых дефектоскопов.



10. Люминесцентный способ. Основан на свойстве некоторых веществ светиться в ультрафиолетовых лучах. На поверхность детали кисточкой или погружением в ванну наносят флюоресцирующий раствор. Через 10—15 мин поверхность протирают, просушивают сжатым воздухом и наносят на нее тонкий слой порошка (углекислого магния, талька, силикагеля), впитывающего жидкость из трещин или пор. После этого деталь осматривают в затемненном помещении в ультрафиолетовых лучах. Свечение люминофора укажет расположение трещины. Используются стационарные и переносные дефектоскопы.

По результатам дефектоскопии, детали сортируют на три группы: годные, требующие ремонта и негодные. Отнесение деталей к той или иной группе определяется величиной износа, технологическими и экономическими соображениями, основным документом для определения объема ремонтно-восстановительных работ и потребности в новых деталях, запасных частях, материалах. Таким образом определяется стоимость ремонта машины [5].

Список литературы

1. Кокиева Г.Е. Аппарат для культивирования микроорганизмов. Патент РФ №2006117/560
3. Основы фармацевтической биотехнологии: Учебное пособие / Т.П. Прищеп, В.С. Чучалин, К.Л. Зайков, Л.К. Михалева. - Ростов-на-Дону.: Феникс; Томск: Издательство НТЛ, 2006.
4. Производство белковых веществ. Биотехнология. Кн. 5 : учеб. пособие для вузов / [В.А.Быков и др.]. - М.: Высш. шк. - 1987. - 142 с.
5. Сазыкин Ю.О. Биотехнология: учебное пособие для студентов высш. учеб. заведений / Ю.О. Сазыкин, С.Н. Орехов, И.И. Чакалева; под ред. А.В. Катлинского. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2008.
6. Северин С.Е. Биохимия и медицина - новые подходы и достижения / С.Е. Северин. - М.: Русский врач, 2006. - 94 с.
5. www.mediana-eco.ru

05.02.02

Г.Е. Кокиева к.т.н.

Бурятский филиал ФГОБУ ВПО СибГУТИ, г. Улан-Удэ, Kokievagalia@mail.ru

ДЕФЕКТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ НЕСОБЛЮДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКТИВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ФЕРМЕНТАТОРОВ. ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В процессе эксплуатации оборудования возникают дефекты деталей, что затрудняет эффективность работы оборудования и в частности всего процесса работы. Величина износа определяется установленными единицами длины, объема, массы и др. Причинами дефектов могут служить: отжиги различного рода, закалка, отпуск, старение и т.д.

Ключевые слова: *срок службы, величина износа, износ деталей.*

Срок службы промышленного аппарата для культивирования микроорганизмов определяется износом его деталей изменением размеров, формы, массы или состояния их поверхностей вследствие изнашивания, т.е. остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок либо из-за разрушения поверхностного слоя при трении. Одним из основных показателей пищевого оборудования является надежность, так как она сохраняет свойство объекта в определенно установленных пределах значения всех его параметров. Техническое состояние не только оборудования, но и всей технологической «цепи» в целом. Данная совокупность определяется в настоящий момент времени по установленным параметрам в технической документации.

Аппараты для культивирования микроорганизмов являются главной составляющей основы биотехнологического оборудования. Конструктивная особенность аппаратов различна как по массе, так объему и внутреннему строению. В процессе масштабирования в основном добиваются соответствия характеристик процесса, а не сочетание принципа конструкции. Но от надежности оборудования зачастую зависит качество полученной продукции на производстве. Управление эксплуатационной надежностью является главным инструментом в качестве производства биопродуктов / 1 /.

Основное оборудование: биореакторы (ферментеры), аппараты для культивирования микроорганизмов, емкостные аппараты изготавливаются из высококачественной нержавеющей стали. Стабильная работа оборудования и своевременная замена деталей обеспечивает не только надежность оборудования в процессе культивирования микроорганизмов, но и качество продукции в целом. Состояние рынка характеризуется быстрым ростом конкуренции во всех секторах экономики, что вынуждает пищевые и фармакологические производства пересматривать свою точку зрения на эксплуатацию надёжности оборудования. Одним из способов реализации подъёма количества и качества эксплуатации является - надёжность оборудования.

Достижение поставленной цели предполагает интенсификацию управления эксплуатационной надёжности, обеспечения высокого уровня качества функционирования основного технологического оборудования. Системность является главной составляющей эксплуатационной надёжности аппарата для культивирования микроорганизмов.

Скорость изнашивания деталей оборудования зависит от многих причин: условий и режима их работы; материала, из которого они изготовлены; характера смазки трущихся поверхностей; удельного усилия и скорости скольжения; температуры в зоне сопряжения; состояния окружающей среды (запыленность и др.).

Величина износа характеризуется установленными единицами длины, объёма, массы и др. Определяется износ по изменению зазоров между сопрягаемыми поверхностями деталей,

появлению течи в уплотнениях, уменьшению точности обработки изделия и др. Износы бывают нормальными и аварийными. Нормальным, или естественным, называют износ, который возникает при правильной, но длительной эксплуатации машины.

Об износе деталей машин часто судят по появившимся на них царапинам, бороздкам и забоинам, а также по изменению их формы. Детали машин, работающие со значительными знакопеременными нагрузками, осматривают через увеличительное стекло (лупу), проверяя, нет ли у них мелких трещин, которые могут послужить в дальнейшем причиной поломки. В некоторых случаях проверку осуществляют с помощью молотка: дребезжащий звук при обстукивании детали молотком свидетельствует о наличии в ней значительных трещин.

Наряду с износом в процессе технологического оборудования возникают дефекты от термической обработки аппарата для культивирования микроорганизмов.

Термическая обработка - способ получения заданных свойств металлов и сплавов. В промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением применяется термическая обработка, или как заключительный этап придания металлу или сплаву такого комплекса механических, физических и химических свойств, который сможет обеспечить заданные эксплуатационные характеристики изделия.

При такой обработке возникают дефекты, связанные как с режимом и технологией ее проведения, так и с особенностями конструкции изделия. Некоторые виды дефектов неисправимы (трещины, пережог), другие можно устранить последующими операциями механической или термической обработки. В процессе закалки могут возникнуть следующие дефекты: перегрев, неполная закалка, трещины образуются после окончания охлаждения, деформация и коробление, мягкие пятна.

Для обнаружения поверхностных и скрытых дефектов существуют методы магнитной дефектоскопии, просвечивания рентгеновскими лучами с помощью радиоактивных изотопов, люминесцентный, ультразвуковой. Все эти методы не связаны с разрушением металла. Каждый из них имеет свои особенности и способы применения.

Основным способом, который позволяет изменить свойства и структуру является термическая обработка. Первоначально, над основами термической обработки трудились Бочар А.А., Курдюмова Г.В., Гуляева А.П.

Предлагается новый способ восстановления поверхности за счёт применения несложной технологии. Половина деталей из мирового металлофонда в целом изношены или «изъедены» ржавчиной. В среднем продолжительность «жизненного» цикла стальных изделия составляет 10-15 лет. На изготовление запасных деталей уходят большие траты, а металла на их производство уходит еще больше. Затраты и техобслуживание во многом превышают трудоемкость производства новых машин и оборудования.

Современные тенденции, связанные с повышением надежности и производительности аппарата для культивирования микроорганизмов, температуры и нагрузок на рабочие органы, ставят проблему их долговечности и износостойкости на первое место.

Причинами интенсивного изнашивания являются:

- подвержение рабочей поверхности удару, трению;
- химический процесс разрушения;
- появление различной природы трещин, деформации деталей;

Указанные причины обуславливают интенсивное изнашивание, которое перетекает в выход из строя не только оборудования, но и всей технологической цепи.

В процессе сварочных работ в зоне термического влияния возникают дефекты (как внешние, так и внутренние). Одними из основных являются дефекты формирования шва (непровары, прожоги, подрезы, наплывы и т.д.). Это связано с несоблюдением технологии сварки и от выбора вспомогательного материала.

Внешний осмотр является неразрушающим методом контроля на герметичность, на обнаружение скрытых дефектов, выходящих на поверхность. В процессе сварки устанавливается непрерывная межатомная связь между соединениями деталей при их нагревании и пластическом формировании. Цель данной работы является модернизация

емкости аппарата для культивирования микроорганизмов путем введения нового способа восстановления стальных деталей.

Использование: в ремонтно-восстановительных работах, основанных на покрытии швов трубками, заполненными железными стружками, компенсирующими его износ путём нагревания трубки с помещенными в неё железными стружками и распределение расплавленной массы по треснутой в определённом месте детали путём наплавки.

Описание: новый способ относится к области обработки металла повышенной температурой и может быть использован при восстановлении изношенной, подверженной дефекту детали аппарата для культивирования микроорганизма на специализированных предприятиях

Список литературы

1. *Ворошилова Л.А., Бирюков В.В., Былинкина Е.С.* Масштабный переход в процессах ферментации по сочетанию массообменных характеристик аппаратов //Микробиологическая промышленность//.-1976.-№2.

05.16.05

Ю.Н. Логинов, Н.А. Бабайлов, Д.Н. Первухина

Уральский федеральный университет, Институт материаловедения и металлургии, кафедра Обработки металлов давлением теории, Екатеринбург, n.a.babailov@urfu.ru

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БРИКЕТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ

В работе представлены результаты расчета напряженного состояния брикета методом конечных элементов. Определены области сжимающих и растягивающих напряжений в брикете. Рассмотрены условия, влияющие на процесс разрушения брикета.

Ключевые слова: *брикет металлургический, метод конечных элементов, напряженное состояние.*

Сырье для металлургического передела часто оказывается мелкодисперсным. Это обусловлено либо естественным состоянием полезных ископаемых, либо измельчением в операциях обогащения, либо состоянием отходов химической или металлургической промышленности (шламы, пыли и т.д.) [1, 2]. Если последующая обработка связана с пирометаллургическим переделом, то следует предотвратить вынос мелкодисперсных частиц конвективными потоками восходящих газов. Поэтому такое сырье необходимо окусковать, что достигается различными методами, в том числе брикетированием [3]. При брикетировании, плунжерном или валковом, получают брикеты различной формы.

Актуальной задачей является назначение такой формы брикета, при которой происходит наименьшая потеря массы при транспортных и перегрузочных операциях [4]. Если при формировании брикета обычно анализируется напряженное состояние при воздействии распределенной нагрузки, на контактную площадь брикета, то осыпание брикета при транспортных операциях возникает за счет воздействия ребер брикетов друг на друга. Это поясняется на рис.1, где показано возможное упорядоченное и хаотическое расположение брикетов при транспортных операциях. Как правило, брикеты имеют относительно небольшие размеры, поэтому требуются большие затраты для упорядочивания их расположения, поэтому предпочтительно используется хаотическая схема их расположения. В результате в местах взаимного контакта возникают точечные нагрузки. При воздействии даже небольшой силы в месте точечного контакта возникают бесконечно большие напряжения, которые приводят к разрушению материала. Осыпание уже один раз брикетированного сырья приводит к дополнительным затратам на утилизацию осыпавшегося материала. Расчет напряженного состояния должен позволить решить задачу поиска оптимальной формы брикета.

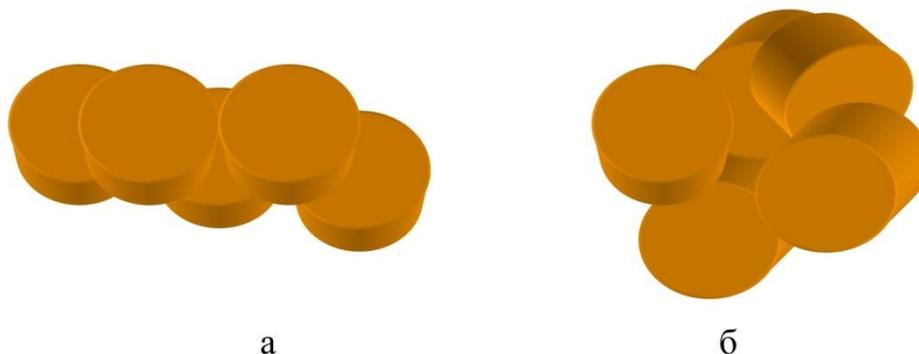


Рис. 1– Упорядоченное (а) и хаотическое (б) расположение брикетов при транспортных операциях

В работе определено напряженное состояние брикета простейшей формы, полученного плунжерным прессованием. На фоне более производительного процесса валкового прессования плунжерное прессование отличается возможностью не выполнения условий захвата, характерного для способа прокатки [5].

Для моделирования процесса нагружения брикета применен метод конечных элементов, реализованный в программном модуле ABAQUS. Применена следующая постановка задачи. Брикет диаметром 100 мм высотой 50 мм нагружается сосредоточенной силой, которая задана в проекциях на продольную ось z величиной 1000 Н и на радиальную ось r также 1000 Н, таким образом, результирующая сила равна $100 * \sqrt{2} = 1410$ Н и направлена под углом 45° по отношению к оси брикета.

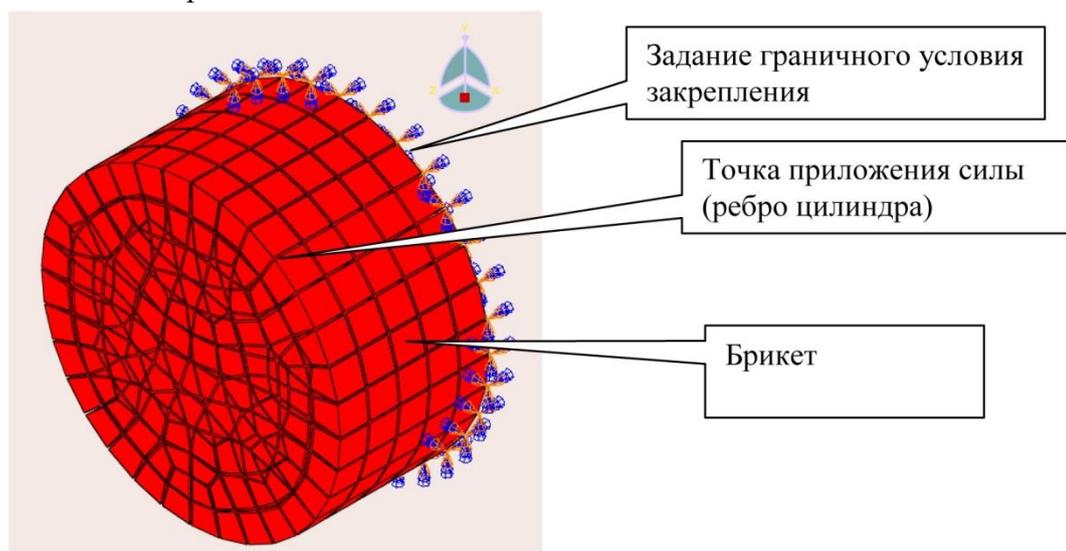


Рис. 2– Вид брикета и граничные условия

Результаты решения представлены на рис. 3 в виде областей равного уровня распределения эквивалентных напряжений по Мизесу. Как видно на рис.3, а, происходит перераспределение эквивалентных напряжений с затуханием по мере удаления от точки приложения силы. Максимальное значение эквивалентного напряжения равно 15,5 МПа. Это позволяет сравнить его с максимально допустимым значением для материала брикета. Напряжения по Мизесу показывают напряженное состояние без учета знака, что не позволяет адекватно оценить возможность разрушения.

На первый взгляд, воздействие сжимающей силы на ребро брикета должно привести к созданию напряжений сжатия. Однако приведенное на рис.3, б распределение давления показывают, что эта величина в соседних областях имеет различные знаки.

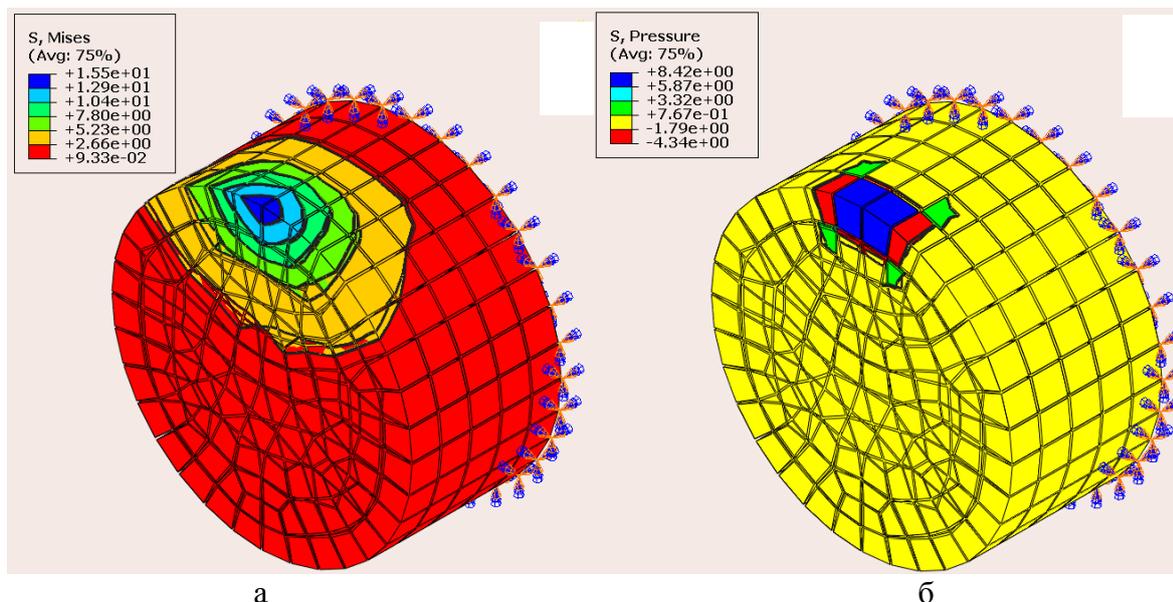


Рис. 3– Распределение в брикете эквивалентных напряжений по Мизесу (а) и давлений (б)

В районе приложения силы давление положительно, но в рядом расположенных конечных элементах оно меняет знак на отрицательный. Величину давления можно соотнести с показателем напряженного состояния, но знаки придется поменять на противоположные. Более наглядно это представлено на рис.4, где изображено распределение главного максимального и главного минимального напряжений в брикете. Здесь правило знаков соответствует, принятому для отображения показателя напряженного состояния. Видно, что области отрицательных значений для этих двух напряжений совпадают, а рядом существуют области действия напряжений с положительным знаком, что характеризует состояние растяжения.

Наличие напряжений растяжения создает предпосылки для разрушения брикета, выкрашиванию его кромок. Дополнительный фактор, влияющий на процесс разрушения – создание давления газа внутри брикета при его деформации [6], поэтому должны быть созданы предпосылки для прохождения процессов дросселирования газа и снятия внутреннего давления. Еще один фактор, который должен учитываться в практической деятельности – это неравномерное распределение плотности, соответственно и прочности в самом брикете.

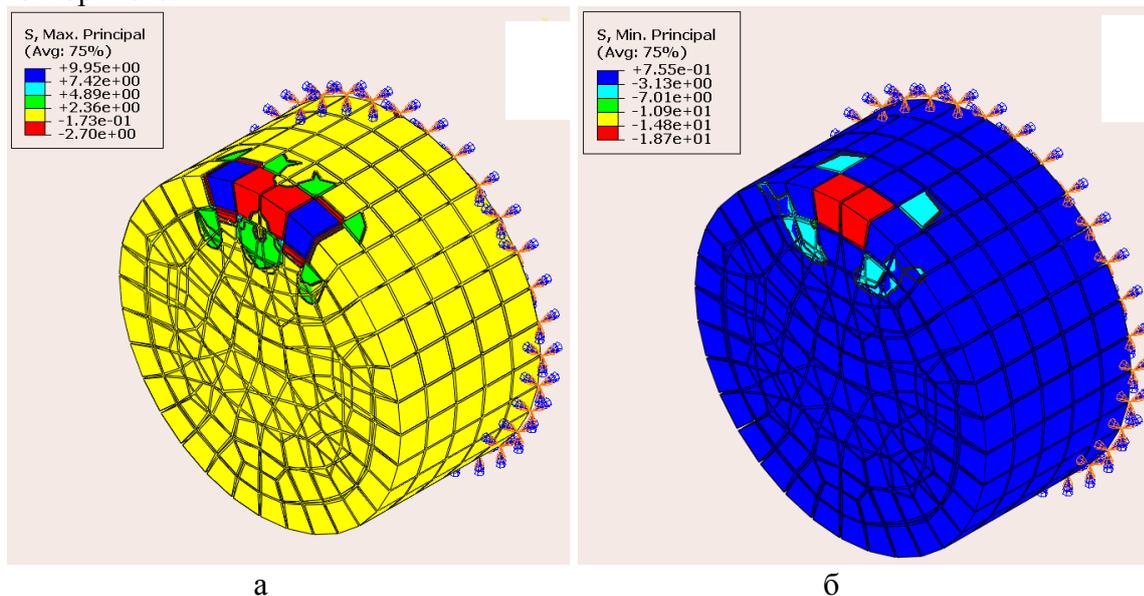


Рис. 4– Распределение в брикете главного максимального и главного минимального напряжений в брикете

Выводы. Причиной выкрашивания кромок брикетов металлургического назначения является сложное напряженное состояние в месте взаимодействия соседних брикетов. Расчетами выявлено наличие рядом расположенных областей действия сжимающих и растягивающих напряжений. Эти напряжения создают условия для разрушения брикетов при транспортных операциях. Наименьшему выкрашиванию будет подвержен брикет, имеющий округлые боковые кромки, что характерно для брикетов, получаемых при валковом брикетировании.

Список литературы

1. *Loginov Y.N. Cinematics and volume deformations during roll-press briquetting / Loginov Y.N., Bourkine S.P., Babailov N.A. // Journal of Materials Processing Technology. 2001. V. 118. № 1-3. P. 151-157.*
2. *Логинов Ю.Н. Объемные деформации при валковом брикетировании отходов металлургического производства / Логинов Ю.Н., Бабайлов Н.А., Буркин С.П. // Металлы. – 2000. – № 1. – С. 48.*
3. *Логинов Ю.Н. Механика валкового брикетирования сыпучих материалов / Логинов Ю.Н. Буркин С.П., Бабайлов Н.А. Полянский Л.И. – Екатеринбург: АМБ, 2011. – 304 с.*
4. *Логинов Ю.Н. Влияние формы инструмента на граничные условия и уплотнение при валковом брикетировании / Логинов Ю.Н., Буркин С.П., Бабайлов Н.А. // Сталь. – 2000. – № 9. – С. 87.*
5. *Логинов Ю.Н. Условия захвата при прокатке сыпучей среды / Логинов Ю.Н., Буркин С.П., Бабайлов Н.А. // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 1998. – № 3. – С. 28-31.*
6. *Логинов Ю.Н. Влияние газовой фазы на процессы брикетирования // Сталь. – 2000. – №8. – С.80-82.*

05.17.08

И.В. Макарова, А.И. Легаев, В.А. Куничан, Н.Н. Волкова

Бийский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
профессионального образования «Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), факультет химической технологии и машиностроения,
кафедра машины и аппараты химических и пищевых производств,
Бийск, inna-makarova.91@mail.ru

РАСТВОРИМОСТЬ ГЛИКОЛЯТА НАТРИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

Данная статья посвящена исследованию растворимости гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта. Показано, что при растворении определенных концентраций гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта происходит разделение исследуемой смеси на два слоя. Получены экспериментальные данные и уравнение для расчета растворимости гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта.

Ключевые слова: *растворимость, гликолят натрия, изопропиловый спирт.*

Гликолят натрия является побочным продуктом, образующимся в процессе синтеза карбоксиметилцеллюлозы. Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (натрий-КМЦ) является простым водорастворимым эфиром целлюлозы. В современных производствах натрий-КМЦ получают взаимодействием щелочной целлюлозы с монохлоруксусной кислотой или ее натриевой солью в среде различных спиртов. [4]

В процессе синтеза КМЦ в результате основной и побочной реакции образуются примеси хлорид натрия и гликолят натрия, их содержание в готовом продукте может достигать 50%. [4]

В ряде отраслей современной промышленности требуется применение продукта с минимальным содержанием примесей. Этого можно добиться с помощью дополнительных технологических операций, связанных с удалением примесей путем их растворения в водных растворах низкомолекулярных спиртов.

Для удаления примесей применение изопропилового спирта ограничено из-за их относительно невысокой растворимости в нем. Поэтому для очистки КМЦ чаще применяются этиловый и метиловый спирты. [3] Однако использование различных спиртов для синтеза и очистки КМЦ создает определенные проблемы. В этой связи представляет интерес исследование процесса, при котором изопропиловый спирт будет использоваться не только для синтеза, но и для очистки натрий-КМЦ.

При разработке процесса очистки натрий-КМЦ важнейшим параметром является растворимость примесей в промывных растворах. В случае промывки спиртами с повышенной концентрацией воды растворимость примесей растет. Превышение концентрации воды ограничено процессами набухания волокон. Поэтому для очистки натрий-КМЦ применяются спиртовые растворы, при которых набухание волокон находится в допустимых пределах.

Для правильной организации технологического процесса промывки с использованием изопропилового спирта необходимы данные о растворимости примесей в его растворах различной концентрации. По растворимости различных солей в среде изопропилового спирта имеется ряд отечественных и зарубежных исследований [1,2,5]. В работах [1,2] приводятся данные о растворимости одной из примесей – хлорида натрия. При растворении хлорида натрия превышая определенные концентрации, образуются два слоя. Однако

данных о растворимости второй примеси – гликолята натрия в литературе нами не было обнаружено.

В связи с этим целью данной работы было определение растворимости гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта.

Предел растворимости большинства солей в растворах изопропилового спирта определяется явлением разделения исследуемого раствора на два слоя (слой обогащенный спиртом и слой обогащенный солью). Это явление хорошо наблюдается при исследовании растворимости хлорида натрия, которое наряду с другими солями приведено в работе [1,2]

В настоящей работе было сделано предположение, что гликолят натрия в водных растворах изопропилового спирта будет вести себя аналогично. Для получения количественных значений были проведены экспериментальные исследования. Методика исследования заключается в растворении гликолята натрия в водном растворе изопропилового спирта заданной концентрации путем подачи его небольшими порциями до момента образования двух жидких фаз. Момент образования двух жидких фаз заключался в резком помутнении перемешиваемого раствора. Для обеспечения точности при определении растворимости в пределах 0,1% использовалось порядка 100 мл раствора изопропилового спирта, а шаг дозировки порций гликолята натрия составлял 0,1 грамм. Подача следующей навески происходила после полного растворения предыдущей.

Эксперименты выполнялись при температуре раствора в пределах $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Процесс перемешивание проводился на магнитной мешалке при постоянной частоте вращения 600 об/мин. В качестве материалов для проведения исследований использовали гликолят натрия с содержанием основного вещества 97% и влажностью 0,23% по ТУ 2432-011-67017122-2014, изопропиловый спирт ГОСТ 9805-84 концентрацией 99% и воду.

В ходе проведения экспериментов были получены данные предельных растворимостей гликолята натрия в водно-спиртовой смеси определяемые по образованию двух слоев, представлены в таблице.

Таблица – Экспериментальные результаты

Изопропиловый спирт, вес. %	Гликолят натрия, вес. %	Вода, вес. %
27,1	12,68	60,22
47,46	5,08	47,46
57,44	4,02	38,54
68,1	2,9	29
78,5	1,66	19,84

Графическое отображение результатов экспериментов представлено тройной диаграммой (рис. 1). Линия, соединяющая точки внутри треугольника, является границей, концентрация гликолята натрия выше которой приводит к образованию двух слоев.

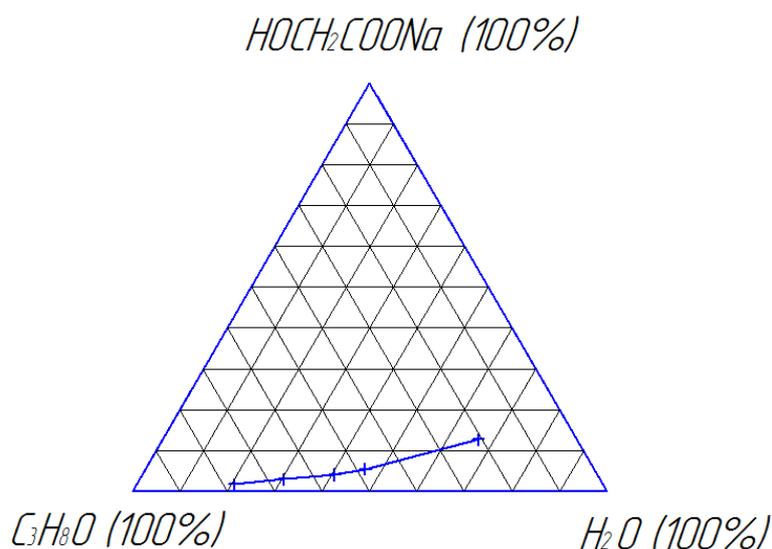


Рис. 1– Растворимость гликолята натрия при различных концентрациях изопропилового спирта $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ – изопропиловый спирт; $\text{HOCH}_2\text{COONa}$ – гликолят натрия; H_2O – вода

Область концентраций изопропилового спирта, при которых проводились эксперименты, составляла от 30 до 80% с ориентацией на технологические особенности очистки натрий-КМЦ. При концентрациях спирта ниже 45% наблюдалось сильное набухание натрий-КМЦ и частичное её растворение. При концентрациях спирта выше 80 % растворимость гликолята натрия составляла мене 1%.

Путем обработки экспериментальных значений было получено уравнение описывающее растворимость гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта вида

$$y = -60,1819 \times \ln(x) + 92,8912,$$

где y – весовой процент изопропилового спирта в полученном растворе;

x – весовой процент гликолята натрия в полученном растворе.

Оценка адекватности уравнения проводилась по критерию Фишера.[6] Фактическое значение критерия Фишера составило $F=226.91$, табличное $F_T=10.1$, при вероятности ошибки $\alpha=0.05$ ($F > F_T$). Таким образом, в результате проведенных экспериментов было установлено, что полученное уравнение адекватно описывает растворимость гликолята натрия в смеси вода изопропанол и может быть рекомендовано к использованию при моделировании процесса очистки натрий-КМЦ от гликолята натрия в среде изопропилового спирта.

Список литературы

1. Frankforter, G.B., Sterling Temple. Equilibria in the systems of the higher alcohols water and salts// Journal of the American Chemical Society 1915. P.2697-2716.
2. Ginnings, P.M., ZokTsong Chen. Ternary systems: water, isopropanol and salts at 25° //Journal of the American Chemical Society 1931. Vol.53. P.3765-3769.
3. Pat. 4,404,370 US, Purification of cellulose and starch ethers with counter current washing / Claus-RuidigerBernert, Walsrode; Volker Hartwig, Fallingbostel; Christian Kords, Walsrode; DetmarRedeker, Cologne (United States) Assignee WolffWalsrode AG and Bayer AG, Leverkusen, Fed. Rep. of Germany. – Appl. No.: 323,576; Filed: Nov. 23, 1980; Sep. 13, 1983 Fed. Rep. of Germany. – Appl. No.: 323,576; Filed: Nov. 23, 1980.
4. Бытенский, В.Я. Производство эфиров целлюлозы /В.Я. Бытенский, Е.П. Кузнецова – Л.: Химия, 1974. –160-174с.
5. Ильин, К.К. Изучение диаграммы состояния системы вода-изопропиловый спирт-карбонат калия при 25°C // Исследования многокомпонентных систем с различным взаимодействием компонентов: Межвуз. науч. сб. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1977. Вып. 2. С. 9-15.
6. Решетников, М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: учебное пособие / М.Т. Решетников. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2000. – 231 с.

05.13.01

Р.А. Мамедов

Филиал в городе Пятигорск Северо-Кавказского федерального университета,
инженерный факультет, кафедра информационных систем и технологий,
Пятигорск, ramamedov89@mail.ru

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ МАССИРОВАННЫХ АТАК РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОТКАЗА В ОБСЛУЖИВАНИИ НА СЕРВЕР СО СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ

В работе представлены результаты изучения методов формирования зараженных сетей с их организационной структурой, также проведен анализ применения атак посредством данных сетей на отказ в обслуживании канала сервера. Выявлены наиболее уязвимые участки системы и предложена методика по их устранению.

Ключевые слова: *DDOS, ботнет, ширина канала, WEB-сервер.*

Ежедневно в сети Интернет передаётся примерно 1.8 эксабайт трафика, и эта цифра с каждым годом стремительно растёт. Вследствие чего растёт и нагрузка на каналы, передающие данные в таких размерах.

В штатных ситуациях нагрузки на каналы любого WEB-сервера являются средними для его просчитанной ресурсной мощности, и тем самым остаётся запас ресурсов для обработки новых запросов или более высокого обмена трафиком. Но, как известно, отличие обычного локального сервера от сервера WEB заключается в стремительно развивающейся динамике, которую практически невозможно предсказать даже в самых благоприятных условиях развития проекта, таких, к примеру, как «сенсационная информация», открытие новых актуальных сервисов, проведение рекламных акций и т.д. Все вышеперечисленное является инструментом для привлечения пользователей на конкретный ресурс, что характерно сказывается на нагрузке каналов связи ввиду повышения трафика путём привлечения новых пользователей. Просчитать такую нагрузку путём статистического анализа не составляет большой сложности, и полученный результат может быть максимально приближен к реальному, с незначительным отклонением. Но расчёт внештатных ситуаций в таких случаях практически невозможен.

Внештатными ситуациями являются кибератаки с использованием «метода распределённого отказа в обслуживании DDOS (distributed denial of services)», так как данный тип атаки увеличивает трафик и, соответственно, нагрузку на каналы связи, что не поддаётся никаким расчётам[4]. Современные ботнеты (сети с заражёнными компьютерами, управляемые одним злоумышленником) достигают гигантских размеров, и, следовательно, трафик, отправляемый ботнетом, часто превышает пропускную способность канала атакуемого ресурса. Отсюда следует, что повышение ресурсов WEB-сервера заключается не только в повышении вычислительной мощности, как классически принято считать и реализовывать для повышения безопасности от DDOS - атак, но также в повышении пропускной способности передачи трафика по каналам связи.

Дееспособность канала пропускать через себя ряд запросов, к которым могут относиться и легитимные пользователи, не раскроет потенциал вычислительных ресурсов, вложенных в сервер путём высоких материальных затрат, то есть WEB-сервер будет простаивать.

Принцип работы массивных DDOS-атак

Классически DDOS — атаку принято представлять как совокупность компьютеров, стремящихся достичь единой цели по увеличению нагрузки на атакуемую машину для

последующего её отказа в обслуживании, тем самым, используя ресурсы данной совокупности компьютеров посредством их предварительного заражения вирусом для осуществления комплектации ботнета. При малых размерах сети из зараженных компьютеров можно считать, что вышеописанное понятие является истинным, однако при увеличении размеров ботнета данный принцип теряет свою актуальность.

Фактически, ботнет больших размеров не может быть хаотично укомплектованной сетью из зараженных компьютеров, выполняющих единую задачу. Хаотичная сеть с большим количеством компьютеров будет в таком случае немобильной, и для её управления появится необходимость затраты большого количества ресурсов.

Архитектура масштабных ботнетов имеет чёткую иерархию, благодаря которой повышается эффективность и мобильность её управления злоумышленником. Следует отметить, что участники данной сети выполняют не единую установленную задачу для всех компьютеров по причине того, что у каждого имеется своя приоритетная задача, которая является необходимой для выполнения общих функций ботнета. На рисунке 1 представлен принцип функционирования ботнета с её организационной структурой.

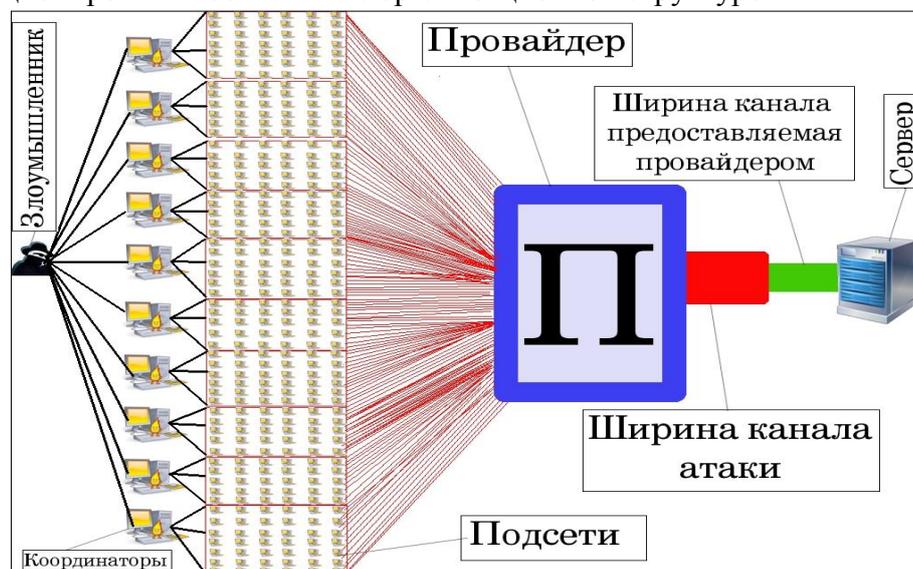


Рис. 1. Графическое представление DDOS-атаки

Как видно на рисунке 1, злоумышленник не управляет напрямую всей армией зараженных компьютеров. При суммировании запросов, которые необходимо отправить всем участникам сети для координирования действий, общая сумма запросов будет превышать канал злоумышленника в несколько раз, что означает значительную задержку в управлении и неэффективности атаки (под неэффективностью подразумевается своевременная фильтрация на стороне сервера). Своевременность фильтрации достигается по причине не массивной, а постепенно нарастающей атаки, точнее, части машин ботнета, успевшие получить задачу атаковать WEB-сервер, будут оперативно блокироваться сервером из-за демобилизовано скоординированной сети из зараженных компьютеров, ввиду чего атака будет являться безрезультатной в силу неспособности достижения необходимой мощности канала.

Исходя из вышеописанной проблемы, злоумышленники используют «Координаторов», как представлено на рисунке 1. Для мобильности ботнета координатору передаётся в подчинение число компьютеров, не превышающее тридцати, так как при увеличении числа компьютеров будет потеряна мобильность как подсети, так и ботнета в целом. В свою очередь, координаторы также являются участниками атаки.

В случае необходимости провести атаку на отказ в обслуживании аппаратно-вычислительной техники, ботнет настраивают по принципу максимальной маскировки ботов, чтобы дать им возможность пройти через средства фильтрации запросов WEB-сервера и повысить нагрузку на его вычислительную мощность. Данный метод осуществляется посредством сокращения запросов, что значительно сокращает нагрузку на каналы связи,

тем самым, давая возможность нелегитимным запросам беспрепятственно попадать на обработку и занимать вычислительные ресурсы WEB-сервера.

В случае необходимости целенаправленного вывода из строя канала WEB-ресурса злоумышленники настраивают зараженную сеть на максимальный уровень передачи трафика[2]. Применение методики для проведения DDOS-атаки на отказ в обслуживании канала подразумевает отказ в использовании маскировки ботов, так как данная операция становится неактуальной, а злоумышленник в свою очередь пытается сконфигурировать свой ботнет с целью увеличения его работы до максимальной производительности путём повышения размера пакетов на каждом компьютере. Пример формирования размера пакета на заражённом компьютере может быть представлен в виде формулы (1).

$$Rp_{b,i}(Sr) = Sp_{b,i} * (1 / (Sp_{b,i} - (Sp_{b,i} / 100 * Rand(Sr)))) , \quad (1)$$

где $Sp_{b,i}$ — скорость, предоставляемая провайдером заражённой машины Кб/с;

Sr — средняя загрузка канала заражённой машины без участия в ботнете %;

b — номер подсети;

i — номер компьютера в подсети.

Таким образом, заражённая машина использует свободную мощность своего канала для отправки пакета размером $Rp_{b,i}(Sr)$, и способность игнорирования таких пакетов доступна лишь на средстве фильтрации запросов (NAT, маршрутизатор, Firewall и т.д), все, что находится до фильтрации, забивается пакетами огромных размеров. Соответственно, размер ширины канала атаки зависит от двух показателей:

- количества компьютеров онлайн;
- процента загрузки канала без участия ботнета.

Отсюда следует, что для нахождения среднего значения ширины канала на конкретный момент времени будет представлено в виде (2).

$$Pr(m, n, t) = \frac{\sum_{b=1}^m \sum_{i=1}^n Rp_{b,i}(Sr)}{(m * b) * t} , \quad (2)$$

$Rp_{b,i}(Sr)$ - размер пакета, отправленного i -ым компьютером, b -ой подсети;

t - время, прошедшее с момента атаки;

n - количество компьютеров в b -ой подсети;

m - количество подсетей, участвующих в атаке (если $i=0$ в данной подсети, тогда $m=m-1$).

$Pr(m, n, t)$ - средний размер ширины атакуемого канала на конкретный момент времени напрямую зависит от количества компьютеров, находящихся онлайн. Используя численную модель, подадим входные параметры в виде укомплектованной ботнет-сети из компьютеров с разной пропускной способностью канала Интернет, данные которых являются актуальными, так как они были собраны с использованием сервиса измерения скорости на сайте 2ip.ru. Для решения поставленной задачи взят ботнет, размер которого составляет тридцать три подсети по тридцать компьютеров в каждой, что в сумме составляет девятьсот девяносто компьютеров. Принцип их комплектации заключается в разном географическом месторасположении компьютеров, разделении по пропускной способности канала (большая пропускная способность, средняя и низкая, - разделение на такого рода подсети происходит по причине увеличения эффективности оперативного управления ботнетом), разделении по провайдерам, предоставляющим услуги Интернет, компьютерам, участвующим в атаке [3]. На рисунке 2 представлен график, отображающий среднюю мощность атаки данного ботнета.

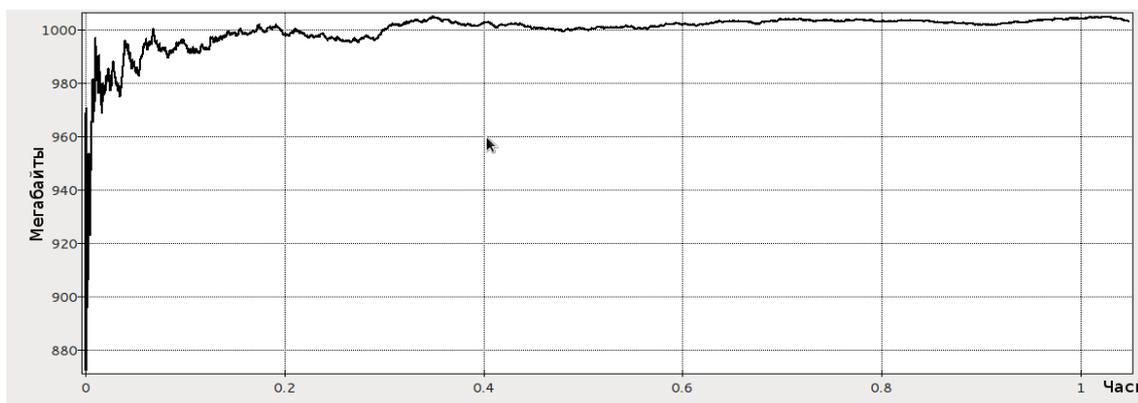


Рис. 2. График производительности ботнета

В представленном графике средний размер атаки колеблется в пределах одной тысячи трех мегабайт.

При создании ботнета злоумышленники стараются заразить мощные стационарные машины с постоянным нахождением в сети, чтобы сократить вероятность нехватки ресурсной мощности для атаки. По данной причине чаще всего подвергаются заражению различные WEB-серверы, так как они постоянно подключены к сети.

После определения методики формирования и функционирования ботнета необходимо определить, каким образом происходит загрузка канала на стороне сервера без нагрузки, сформированной от DDOS-атаки, чтобы в дальнейшем оценить влияния динамического воздействия на канал WEB-сервера. На примере формулы (3) представлено поведение интернет канала WEB-сервера.

$$SRk(P) = Spk - ((Rb + Vs) * P) * 0.1, \tag{3}$$

где Spk — ширина канала, предоставляемая провайдером в мегабайтах; Rb - размер рекламных баннеров на странице в мегабайтах; Vs - средний размер страницы в мегабайтах; P - Количество пользователей онлайн.

Принцип работы очень прост: средний размер страницы суммируется с размером рекламных баннеров, загружающихся с отдельных серверов, тем самым занимающих ширину канала WEB -сервера, и умножается на количество пользователей, находящихся онлайн. Для экономии трафика на WEB-сервере настраивается Cache (Кэш), что способствует загрузке канала всего лишь на 10 процентов, а остальные данные сохраняются в браузере пользователя при первой загрузке страницы. Если представить правую сторону (3) как функцию $Zs(P)$, отображающую загруженность сайта с участием легитимных пользователей в виде (4),

$$Zs(P) = ((Rb + Vs) * P) * 0.1, \tag{4}$$

тогда загруженность канала с нагрузкой от DDOS-атаки, можно представить в виде (5).

$$SRk(P, Sr) = Spk - \left(Zs(P) + \sum_{b=1}^m \sum_{i=1}^n Rp_{bi}(Sr) \right) \tag{5}$$

Основная пропускная способность канала у сайтов среднего размера в сети Интернет составляет около четырёхсот - пятисот мегабайт, именно такого размера достаточно для сайтов с посещаемостью пятьюстами - шестьюстами пользователями онлайн. Если считать, что средний размер страницы составляет 1.7 мегабайта, а размер рекламных баннеров на странице 300 килобайт, тогда можно ширину атаки ботнета (2) направить на канал атакуемого сервера (5), в результате чего получим график загруженности канала WEB-сервера при массивной DDOS- атаке.

На рисунке 3 представлен график загруженности канала.

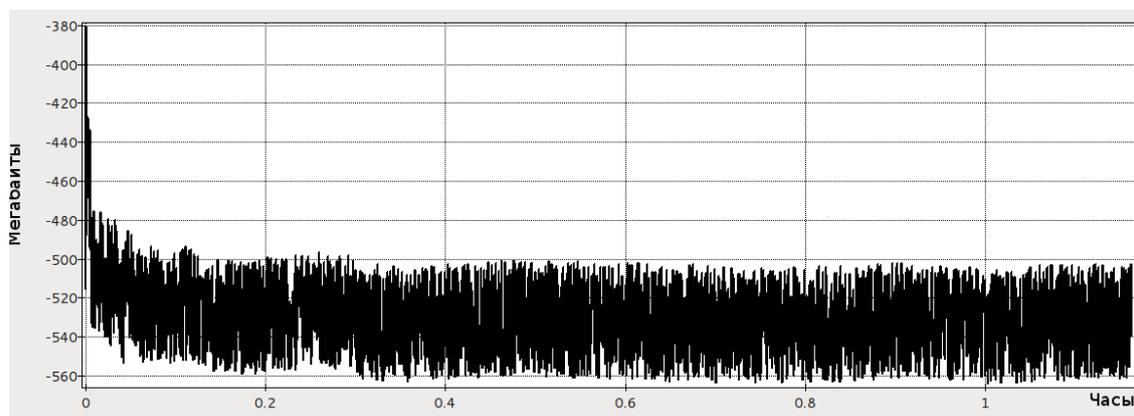


Рис. 3. Загруженность канала WEB-сервера при DDoS атаке

График отображает существенную нехватку пропускной способности канала WEB-сервера, что характерно будет сказываться на функционировании и доступности сайта его легитимными пользователями.

Предотвратить нехватку канала можно лишь заранее перезаключив договор о поставках услуг Интернет, а также соответствующим повышением материальных затрат, которые будут нерентабельными для сайта, и целесообразность его использования будет утрачена. Данный метод решения не является соответствующим для стремительно развивающейся индустрии по производству новых методик проведения DDoS-атак, но остается единственным актуальным и эффективным средством по решению вышеуказанной проблемы. Вследствие выявленного недостатка системы следует отметить, что необходимость ее модернизации является актуальной и требует анализа системы.

Негибкость в предоставлении канала интернет для WEB-серверов заключается в архитектуре поставщика услуг доступа к глобальной сети, для решения данной проблему следует провести анализ работы провайдера.

Принцип функционирования работы провайдера

Одной из приоритетных задач провайдера является обеспечение безопасности своих клиентов по принципу повышения устойчивости самого провайдера, ввиду чего необходимо проводить постоянный мониторинг ресурсов, а также производить контроль по предотвращению достижения порогового уровня нагрузки, которой провайдер располагает в виде его общей ширины канала. Для регулирования нагрузки провайдеру приходится отключать своих клиентов ввиду того, что у них выявляется недостаточность ширины канала, как на примере рисунка 3, из этого следует, что часть трафика, ожидающая своей очереди, расходует ресурсы провайдера и на основании чего повышает его нагрузку, что впоследствии может характерно сказываться на его нестабильной работе.

Принципом предоставления доступа в Интернет провайдером служит разделение собственного канала на типы предоставляемых услуг, тарифных планов (в виде размера ширины канала, предоставляемого пользователю) и количество пользователей, заключивших договор по конкретному типу услуг и одному из его тарифных планов.

Формирование такого структурного разделения служит для упрощения следующих действий:

- мониторинга ресурсов провайдера, используемых его клиентами;
- удобного доступа к любому структурному подразделению для последующей настройки;
- оперативному управлению собственными ресурсами;
- своевременному определению и отключению одного из элементов структуры для сохранения стабильной работоспособности системы.

Общая ширина канала, обозначаемая $P_{x,y,z}$, первоначально подразделяется на типы услуг X_n , в которые входят физические лица, организации, хостинги и т.д.; каждый тип в свою очередь подразделяется на тарифные планы Y_n , отражающие суть предоставления ширины канала пользователям провайдера. Пусть переменная Z обозначает количество

пользователей, заключивших договор с провайдером по типу услуг X_n в тарифном плане Y_n .

Исходя из представленной выше информации, можно производить мониторинг функционирования провайдера в виде (6).

$$Spp_{x,y,z}(TkP) = M_{x,0,0} - (M_{x,0,0} * (TkP/M_{x,y,0})), \quad (6)$$

$$0 < x \leq X_n; 0 < y \leq Y_n; 0 < z \leq P_{x,y,z}$$

где $M_{x,y,z}$ - матрица данных провайдера, содержащая значения типов услуг, тарифные планы и количество зарегистрированных пользователей, т.е., значения матрицы $M_{x,y,z} = P_{x,y,z}$; $M_{x,0,0}$ - значение матрицы по общей ширине выделенных каналов каждого из типа услуг; x, y, z - переменные, отображающие значения в ячейках матрицы; X_n - количество типов услуг, предоставляемых провайдером; Y_n - количество тарифных планов, входящих в число каждого типа услуги; TkP - количество онлайн пользователей, зарегистрированных в x типе услуг и тарифном плане y (данная величина является случайной, так как количество пользователей меняется по разным причинам, что способствует их динамическому изменению), записывается как: $TkP = Rand(M_{x,y,z})$. Для формирования значений матрицы $M_{x,y,z}$ необходимо произвести следующие действия:

$$P_{x,0,0} = \lim_{x \rightarrow X_n} (\sum_x \sum_{y=1}^{Y_n} Ly_{x,y}), \quad (7)$$

$Ly_{x,y}$ - матрица, содержащая общую ширину канала по каждому тарифному плану, вычисляется как:

$$Ly_{x,y} = P_{x,y,0} * P_{x,y,z}, \quad (8)$$

где $P_{x,y,0}$ - размер ширины канала для одного пользователя, предоставляемый тарифным планом y в услуге x . $P_{x,y,z}$ - количество пользователей по каждой услуге x и тарифному плану y . Для определения тарифного плана по каждой x услуге используется заранее установленный список тарифных планов:

$$P_{x,y,0} = Y_{1 \rightarrow Y_n}, \quad (9)$$

откуда следует, что $Y_{1 \rightarrow Y_n}$ - это список значений по тарифным планам в каждой услуге x .

Соответственно, в определении количества пользователей $P_{x,y,0}$ необходимо произвести следующие вычисления:

$$P_{x,y,z} = Ly_{x,y}/P_{x,y,0} \quad (10)$$

Определив нагрузку на каждый тип услуги x в виде $Spp_{x,y,z}(TkP)$, следует вычислить общую сумму нагрузки на канал провайдера.

$$W(TkP) = \sum_{x=1, y=0, z=0}^{X_n, 0, 0} Spp_{x,y,z}(TkP) / (x * y * z) * t \quad (11)$$

$$0 < x \leq X_n; 0 < y \leq Y_n; 0 < z \leq P_{x,y,z}$$

Используя формулу (11), подадим входные параметры в виде общей ширины канала провайдера 77,55 гигабайт с учетом количества услуг, равным четырем, с неравноправным разделением канала и тарифами различной пропускной способности, с количеством пользователей, в совокупности составляющих 4900.

В результате исследования выяснилось, что у провайдера в штатном состоянии остается некий запас ширины канала, который не используется пользователями, на конкретный момент времени отключенными от сети. На рисунке 5 отображен график свободной ширины канала провайдера.

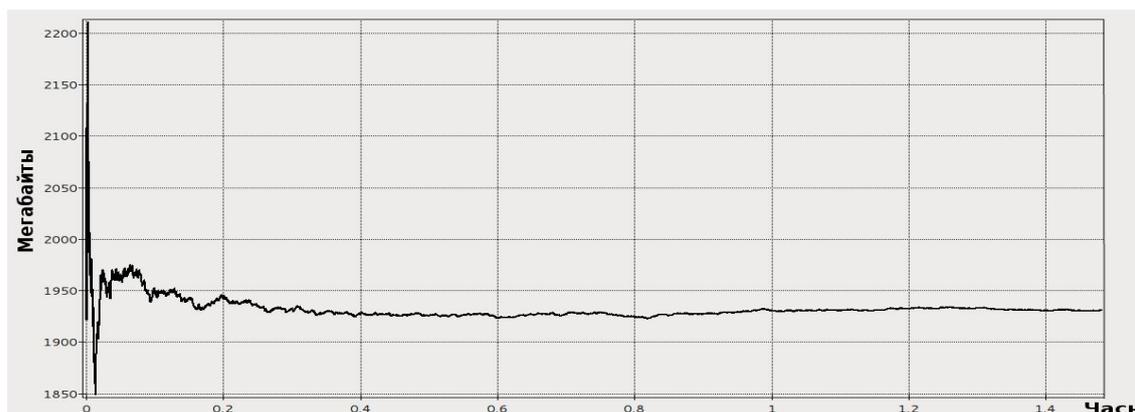


Рис. 5. Свободная ширина канала провайдера

По результатам вычислений была получена средняя ширина свободного канала, которая составила 1931 мегабайт, что составляет 2,5 процента от всей мощности. Если сопоставить полученный результат с результатом DDOS-атаки на сервер, то можно заметить, что у провайдера есть свободное пространство, чтобы расширить канал атакуемого клиента и, тем самым, дать ему эвентуальность продолжить эффективную работу, однако для данной возможности необходимо выработать специальную методику[1].

Предлагаемая методика решения проблемы

Исходя из вышеописанной проблемы, метод её решения должен состоять из следующих пунктов:

- своевременное определение провайдером атаки на сервер;
- интеллектуальное выявление свободных ресурсов провайдера для расширения канала атакуемого сервера;
- динамическое расширение канала Интернет провайдером для атакуемого сервера.

При оперативном выявлении атаки на канал атакуемого сервера путем мониторинга на предмет повышения нагрузки с помощью увеличения трафика провайдеру следует мобилизовать свободные ресурсы, используя интеллектуальную программную платформу, и расширить канал WEB-сервера до требуемого размера. Продолжать выполнять данное действие следует по мере повышения нагрузки на канал до допустимого порогового уровня, установленного интеллектуальной системой при формировании свободного ресурса провайдера.

Такой метод должен быть разработан на основе нейронной сети с функциональной возможностью интеллектуального пополнения базы знаний для эффективного принятия решения системой.

Более подробное изложение методики решения данной проблемы будет представлено в последующих работах.

Заключение

В результате проведенного исследования было выявлено, что для увеличения возможности борьбы WEB-сервера с масштабными DDOS-атаками, нацеленными на отказ обслуживания канала, не следует ограничиваться ресурсами канала, оговоренными в договоре с провайдером, а в случае необходимости производить динамическое расширение канала атакуемого клиента посредством неиспользуемых ресурсов поставщика услуг доступа Интернет.

Принцип предоставления динамического канала заключается в сложной интеллектуальной системе, функциями которой будут являться определение времени разгрузки канала провайдера посредством оффлайн клиентов, подключившихся в определенное время суток, а также выявление свободного пространства и размера, предоставляемого клиенту для его динамического расширения канала. Используя данную методику, провайдер может дать возможность серверу самостоятельно бороться с DDOS-атакой, вследствие чего исход данной атаки будет зависеть от ресурсов вычислительной мощности сервера и конфигурации ботнета. Следует отметить, что при атаке на отказ в

обслуживании канала формирование зараженной сети происходит с помощью увеличения трафика, а не маскировки ботов, что раскрывает возможности сервера в оперативном выявлении и фильтрации нелегитимных пользователей.

Список литературы

1. *Боршевников, А.Е.* «Сетевые атаки. Виды. Способы борьбы.» Современные тенденции технических наук: материалы междунар. науч. конф. 2011 г.: 8-13.
2. *Душкин А.В.*, «Распознавание и оценка угроз несанкционированного воздействия на защищенные информационно-телекоммуникационные системы.» Информационные технологии. 2008 г.: 71 – 75.
3. *Котенко И.В., Степашкин М.В., Богданов В.С.* «Архитектуры и модели компонентов активного анализа защищенности на основе имитации действий злоумышленников.» Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. № 2 2006 г.: 7–24.
4. *Мамедов Р.А.*, «DDOS-атаки как интернет терроризм и современные методы борьбы с ними.» Материалы всероссийской научной конференции «Вузовская наука Северо-Кавказскому федеральному округу» том второй (часть II), ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ 2013 г.: 12-15.
5. *Слеповичев И.И., Ирматов П.В., Комарова М.С., Бежин А.А.*, «Обнаружение DDoS атак нечеткой нейронной сетью.» Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика 2009 г.: 84–89.
6. *Терновой О.С., Шатохин А.С.*, «Использование байесовского классификатора для получения обучающих выборок, позволяющих определять вредоносный трафик на коротких интервалах.» Известия алтайского государственного университета 2013 г.: 151-153.

05.23.22

Г.А. Менделев к.т.н.

Национальный исследовательский университет
Московский государственный строительный университет (МГСУ),
институт Жилищно-коммунального комплекса, Москва, Grisha_67@list.ru

ФОРМИРОВАНИЕ «ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ» АВТОСТОЯНОК

В последнем десятилетии в связи с быстрым увеличением численности легковых автомобилей в крупных городах вырос и объем перевозок на них. Повысилась численность культурно-бытовых поездок в центр города из пригородной зоны и близлежащих городов. В связи с этим увеличилась загрузка улично-дорожной сети автомобильным транспортом, и особенно в центре города, где появились заторы в уличном движении, а застройка оказалась в условиях повышенной шумности и загазованности.

Ключевые слова: *уровень автомобилизации, перехватывающие парковки, скорость сообщения, уровень загрузки дороги движением.*

Значительная доля поездок в крупных городах осуществляется иногородним населением с различными целями. При снижении скоростей движения в городах, особенно в центральной зоне, увеличиваются затраты времени на поездки, усложняются условия поездок, затрудняется поиск мест для стоянки. Все это снижает преимущества поездок на легковом автомобильном транспорте. При определенных условиях становится целесообразным такие поездки во внегородском и городском периферийных районах совершать с использованием двух или трех видов транспорта: автомобиль – городской транспорт; автомобиль – железная дорога – городской транспорт с одной или двумя пересадками.

Сложность решения задач, связанных с размещением автостоянок, обуславливается недостаточной информацией о характере использования автомобилей и отсутствием у нас опыта в проектировании и строительстве таких стоянок.

В основном решение связано с двумя направлениями:

- административный запрет въезда в центры городов или в отдельные ее зоны;
- организация «перехватывающих» автостоянок.

Первое направление затрагивает интересы владельцев автомобилей, совершающих поездки на индивидуальном транспорте, и вызывает широкие протесты. Оно широко используется для ограничения выезда в центр грузового автомобильного транспорта.

Второе направление, основанное не добровольном использовании преимуществ комбинированного сообщения, получило в мировой практике названия систем «P+R» (парк энд райт) или «P+P» (паратранзит).

Выше указывались требования, предъявляемые к «перехватывающим» стоянкам. В соответствии с этими требованиями должны быть определены и границы их применения в представленной классификации. Они могут размещаться преимущественно, если этот объект расположен у транспортных узлов. Но в этом случае стоянки будут многоцелевого назначения. Вместимость их устанавливается по суммарной потребности целевого назначения.

Выделены две категории автостоянок, которые могут рассматриваться как «перехватывающие» стоянки:

- в транспортных узлах и у бестранспортных зон;
- в секторах городской застройки, у торговых предприятий и отдельных мест культурного обслуживания.

При проектировании автостоянок у торговых центров вместимость их должна определяться по данным обследования с выявлением целей поездки и видов удовлетворения

услуг. Соответствующим образом должно быть увязано их проектирование с учетом удовлетворения максимального числа потребностей.

Все перечисленные автостоянки, в свою очередь, могут быть классифицированы по следующим признакам:

- по расчетной продолжительности пребывания автомобилей на стоянке:
 - а) с кратковременным пребыванием на стоянке от 5 мин до 60 мин;
 - б) с временным пребыванием на стоянке от 60 мин до 8...12 часов;
 - в) стоянки сезонного значения;
- в зависимости от вместимости: малой вместимости до 50 машино-мест, средней вместимости – от 50 до 300 машино-мест и большой вместимости – свыше 300 машино-мест;
- по отношению к отметкам поверхности земли: наземные, подземные и полуподземные;
- по яркости сооружения: одноярусные и многоярусные;
- по отношению к прилегающей застройке: между зданиями, под зданиями, в нижних этажах зданий, на крыше зданий, в подземном пространстве между зданиями;
- по принципам архитектурно-планировочного решения многорядные, секционные, комбинированные.

Выбор типа автостоянки зависит от многих факторов и в первую очередь от требуемого количества мест, наличия свободной территории и характера функционирования стоянки.

Определяющими факторами являются: затрата времени на поездку, условия поездки и гарантийность совершения поездки за определенное время. В отдельных случаях важную роль играет и экономический показатель. При сравнительно низкой оплате за проезд на транспорте общего пользования экономический показатель играет второстепенную роль. Смешанная поездка с пересадкой на общественный транспорт в большинстве случаев должна быть выгодна, если общая затрата времени будет мало отличаться от поездки на автомобильном транспорте.

Используя теоретические предпосылки по распределению автомобилей на автостоянках по пути следования и закономерности пользования пересадочными сообщениями при поездке, рассматриваются два принципиальных случая: первый, когда все автомобили разместятся на автостоянках, и второй – часть проезжает в центр города. В обоих случаях вводятся граничные условия, предлагается вариантный подход, и решение осуществляется методом перебора вариантов.

Обследования и хронометражные замеры проводились сплошным и выборочным методами с долей выборки, установленной методами математической статистики.

Обследования показали, что доля пригородных и иногородних автомобилей, паркуемых в настоящее время в центре г. Москвы, составляет менее 1/3 от всех паркуемых автомобилей.

Следует отметить, что колебания заполнения стоянок во времени в большинстве случаев отражают режим работы торговых предприятий.

Данные о распределении общего входящего в город потока автомобилей по секторам на основных направлениях въезда в г. Москву показывают, что почти по всем направлениям происходит постепенное снижение потока автомобилей, прибывших из-за границ города, от периферии к центру. Это подтверждает высказываемое положение специалистов о том, что «перехватывающие» автостоянки должны размещаться ближе к периферии города. Они будут использоваться автомобилями, не только следующими в центр, но и совершающими поездки к ближайшим пунктам тяготения.

Данные обследования также показывают, что входящий поток имеет колебания по дням недели и часам суток. Наиболее мощные потоки по всем направлениям въездов в город наблюдаются в пятницу и субботу, а «пиковый» период при въезде в город имеет место от 7 до 9 часов. В пятницу «пиковый» период сглаживается. Часовые колебания входящего потока прибывающих в город автомобилей значительно отличаются от колебания автомобильных потоков и пассажиропотоков на уличной сети города. Они не имеют ярко выраженных «пиков». Это подтвердилось и при обследовании функционирования «перехватывающих» автостоянок. Во все дни недели значительную долю потока

автомобилей в город составляли поездки по культурно-бытовым и деловым целям, и доля их непрерывно растет. Это обстоятельство необходимо учитывать при формировании стоянок, так как по длительности пребывания автомобилей они отличаются от стоянок другого назначения.

Было установлено, что в обычные рабочие дни к 10.00 час «перехватывающая» стоянка заполнялась до 90%, и такое заполнение сохранялось до 17-00 час, после чего в течение четырех часов наблюдалось его постепенное снижение. Небольшое количество автомобилей оставалось на стоянке и в ночное время (7...9%). Это были преимущественно автомобили владельцев, проживающих поблизости от стоянки. В пятницу количество стоящих автомобилей стало уменьшаться, начиная с 13.00 час, затем с 17.00 несколько стабилизировалось и с 17.30 опять стало уменьшаться.

Характерным явился субботный день, когда и общее количество автомобилей на стоянке было меньше, чем в обычные дни, и продолжительность максимального заполнения имела более короткий период.

Средняя длительность пребывания автомобилей на стоянке составила около 3,5 час. Это говорит о том, что если «перехватывающие» стоянки создавать по типу платных стоянок с регистрацией времени паркования и прогрессивной оплатой за паркование, то они могут оказаться непопулярными и свою роль не оправдают.

На основании проведенного анализа построенных и запроектированных автостоянок в городах зарубежных стран была определена потребная площадь в зависимости от этажности и вместимости и установлены для данных стоянок потребные затраты времени на паркование автомобилей.

Полученные данные о потребности городской территории под стоянки позволяют на первом этапе проектирования делать предварительный выбор типа и планировочного решения «перехватывающих» или комбинированных автостоянок в зависимости от наличия свободных площадок и сложившейся застройки у станций общественного транспорта.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны методические рекомендации по выбору местоположения «перехватывающих» стоянок и их планировочного решения. Приводится последовательность решения задачи.

На каждом этапе решения задачи анализируются возможные подходы и методические рекомендации по их выполнению: методика получения исходных данных по входящему потоку автомобилей, проведение хронометражных замеров, определение местоположения автостоянок и их вместимости. И, наконец, даются рекомендации по выбору типа и планировочного решения автостоянок.

Как следует из основных результатов исследования, рассматриваемые автостоянки могут быть как специализированными, так и комбинированными. Последние решаются с использованием принципа совместимости. В рекомендациях приводятся возможности совмещения различных типов стоянок с «перехватывающими» стоянками.

Важным этапом формирования «перехватывающих» автостоянок является определение их экономической эффективности. Экономическая эффективность должна выявляться по сводному показателю, включающему снижение эксплуатационных затрат, уменьшение уровня шума и загазованности и экономию времени на поездки. При конкретном проектировании должны учитываться затраты на снос строений.

Формирование системы «перехватывающих» стоянок должно предусматриваться в перспективных проектных разработках на уровне генерального плана города и комплексной схемы развития всех видов городского пассажирского транспорта. В этих случаях автостоянки должны включаться в общую транспортную систему городов с соответствующими обоснованиями и резервированием территории в транспортных узлах.

Список литературы

1. *Лобанов Е.М.* Транспортная планировка городов. – М.: Транспорт, 1990. – 239 с.
2. *Галкина Н.Г.* Исследование городских парковок, ХНАДУ вестник вып.50,2010
3. *Герцович Е.М.* Методика определения потребной вместимости паркингов в мегаполисе, ХНАДУ вестник вып.30,2009
4. *Игнатьев Ю.В.* Возведение автомобильных стоянок и парковок в крупных городах, вестник южно-уральского государственного университета №17(276) ,2012

05.11.13

Е.Н. Минаев д.т.н.

Саратовский государственный технический университет,
Физико-технический факультет, кафедра физики,
Саратов, ewg.minaew@yandex.ru

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНСТАНТ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ В УЗКИХ КАНАЛАХ

Проведён анализ математической модели конвективной диффузии кислорода в проточном канале. Получены соотношения, позволяющие свести определение исходной концентрации кислорода и его коэффициента диффузии к измерению электрохимического тока.

Ключевые слова: *электрохимический контроль кислорода, уравнение конвективной диффузии.*

При исследованиях в технических и естественных науках в случаях, когда для определения искомой величины затруднительно применять методы прямых или косвенных инструментальных измерений, используют методы параметрической идентификации. Сущность параметрической идентификации заключается в построении математической модели исследуемого процесса и её математическом анализе, на основе которого устанавливается зависимость между исследуемой величиной и какой либо другой, которую легко измерить. Если математическая модель процесса представляет собой совокупность дифференциального уравнения в частных производных и условий однозначности, то задачу параметрической идентификации можно рассматривать, как обратную задачу математической физики. При этом определяемая величина должна являться коэффициентом дифференциального уравнения, коэффициентом граничного или начального условия, которые в общем случае могут являться функциями времени и координат. К параметрам следует отнести также функции источников и стоков.

Ранее автором была рассмотрена задача параметрической идентификации процесса нестационарной диффузии растворённого в жидкости вещества (кислорода), восстанавливающегося на катоде за счёт электрохимической реакции [3]. Параметрами, которые нужно было определить являлись коэффициент дифференциального уравнения (коэффициент диффузии кислорода) и коэффициент начального условия (исходная концентрация кислорода). Процесс диффузии был рассмотрен для непроточной герметичной электрохимической ячейки. Предложенный в цитируемой работе метод рассматривался, как альтернатива стандартному электрохимическому методу контроля кислорода [1].

В данной работе представлены результаты параметрической идентификации процесса конвективной диффузии кислорода в узком проточном канале. Получены соотношения, позволяющие свести определение исходной концентрации кислорода и его коэффициента диффузии к измерению предельного тока данного окислителя.

Рассмотрим щель, образованную двумя параллельными металлическими плоскостями (катадами). Пусть поперечный размер щели $y = l$ на один - два порядка меньше её ширины (координата z) и длины (координата x), как это показано на Рис.1 (анод и измерительная схема на рисунке не указаны).



Рис.1- Проточный щелевой катод

Учитывая плоскопараллельную симметрию задачи, запишем уравнение стационарной конвективной диффузии кислорода [2]

$$V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) . \quad (1)$$

Скорость течения V_x примем маленькой, так чтобы число Рейнольдса равнялось величине порядка единицы или менее. поэтому движение жидкости имеет выраженный слоистый характер, и конвективный перенос по координате y отсутствует. Поскольку область изменения по координате x значительно превосходит область изменения по y , то в уравнении (1) можно пренебречь диффузионным членом по направлению x .

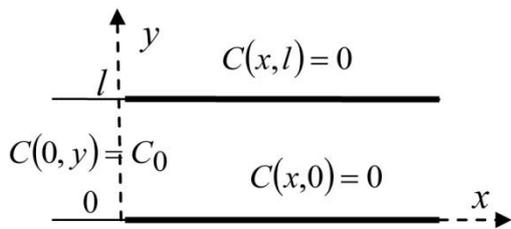


Рис 2- Граничные условия

На вход канала подаётся раствор с исходной концентрацией кислорода C_0 . Следовательно, на границе $x = 0$ выполняется условие $C(0, y) = C_0$, как показано на Рис. 2. При подключении катодов к измерительной схеме в потенциостатическом режиме предельного диффузионного тока [4], на нём происходит поглощение кислорода по реакции $2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$, причём, весь кислород без остатка расходуется в этой

реакции, следовательно, его концентрация на катодах равна нулю. Поэтому на границах $y = 0$ и $y = l$ выполняются условия $C(x,0) = 0$ и $C(x,l) = 0$. С учётом сказанного, краевая задача принимает вид

$$V_x \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} , \quad 0 < y < l, \quad 0 < x < \infty, \quad (2)$$

$$C(0, y) = C_0 , \quad 0 < y < l, \quad (3)$$

$$C(x, 0) = 0 , \quad 0 < x < \infty, \quad (4)$$

$$C(x, l) = 0 , \quad 0 < x < \infty . \quad (5)$$

На основе её решения и последующего анализа требуется установить соотношения, связывающие исходную концентрацию C_0 и коэффициент диффузии D со значением измеряемого в эксперименте предельного тока восстановления кислорода.

Принимая во внимание, что по координате y выполняются граничные условия первого рода, причём однородные, применим к краевой задаче пару прямого и обратного интегрального синус-преобразования по этой координате. Решение получим в виде ряда

$$C(x, y) = C_0 \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k+1)} \exp \left(-D \left(\frac{(2k+1)\pi}{l} \right)^2 \frac{x}{V_x} \right) \sin \left(\frac{(2k+1)\pi}{l} y \right). \quad (6)$$

Используя формулу $j_d = nFD \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{x=0}$, где n – число электронов, участвующих в реакции, F – константа Фарадея, рассчитаем плотность тока

$$j_d(x) = \frac{4C_0 nFD}{l} \sum_{k=0}^{\infty} \exp\left(-D \left(\frac{(2k+1)\pi}{l}\right)^2 \frac{x}{V_x}\right). \quad (7)$$

Если каждый из катодов разделить на два электрически разъединённых участка с координатами $0 < x < x_1$ и $x_1 < x < \infty$, то можно вычислить токи, протекающие через эти участки с учётом удвоения от двух катодов

$$I_{d,1} = 2z \int_0^{x_1} j_d(x) dx, \quad I_{d,2} = 2z \int_{x_1}^{\infty} j_d(x) dx \quad (8)$$

Вычислив интегралы от плотности тока $j_d(x)$, измерив предельные диффузионные токи $I_{d,1}$ и $I_{d,2}$ в эксперименте и подставив их значения в (8), получим систему уравнений

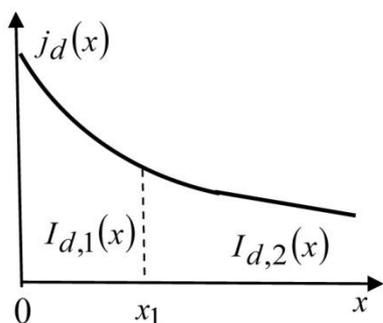


Рис.3- Токи на участках катода

относительно величин C_0 и D . Решая её, найдём искомые величины.

Но для этого зависимость плотности тока от координаты x должна иметь достаточно неравномерный характер (Рис.3). Поэтому, скорость жидкости должна быть очень маленькой, чтобы каждый проходящий через щель малый объём жидкости находился в ней достаточно долго, и произошло заметное поглощение кислорода в этом объёме. Подсчитаем разницу концентраций на входе в катод и на расстоянии $x_2^* = 30$ см., если скорость равна 0.1 см/с, при характерном значении ширины

щели 0.1 см, и коэффициенте диффузии кислорода в воде $D \approx 3 \cdot 10^{-5}$ см²/с [5].

Безразмерный комплекс, входящий в экспоненту равен $\frac{D x_2^*}{l^2 V} \sim \frac{3 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^1}{10^{-2} \cdot 10^{-1}} \sim 1$. Тогда

концентрации $C(0)$ и $C(x_2^*)$ отличаются заметно, почти в три раза, что и требуется для осуществления контроля.

Отметим, что рассмотренный безразмерный комплекс можно рассматривать как критерий подобия, показывающий соотношение характерного времени процесса диффузии D/l^2 и времени процесса конвекции x^*/V . Поскольку комплекс имеет порядок равный 1, то при выбранных значениях параметров датчика, перенос диффузией в поперечном направлении и перенос конвекцией в продольном направлении сопоставимы.

Решая полученную систему уравнений относительно величины C_0 определим

$$C_0 = \frac{I_{d,1} + I_{d,2}}{nFzVl}. \quad (9)$$

Соотношение для определения D принимает вид

$$\frac{\pi^2}{8} \left(\frac{I_{d,2}}{I_{d,1} + I_{d,2}} \right) = \left(\sum_{k=0}^{\infty} \frac{\exp\left(-D \left(\frac{(2k+1)\pi}{l} \right)^2 \frac{x_1}{V_x}\right)}{(2k+1)^2} \right). \quad (10)$$

Расчёты показывают, что при характерных размерах и параметрах эксплуатации датчика, вследствие быстрой сходимости ряда можно ограничиться только первым его членом, тогда

$$D = -\frac{V l^2}{\pi^2 x_1} \ln \left(\left(\frac{\pi^2}{8} \right) \left(\frac{I_{d,2}}{I_{d,1} + I_{d,2}} \right) \right). \quad (11)$$

Измерив в эксперименте токи на участках катодов $I_{d,1}$ и $I_{d,2}$, а также объёмный расход $Q = z l V$, и подставив их значения в формулы (9) и (11), определим искомые коэффициент диффузии D и начальную концентрацию кислорода C_0 .

Список литературы

1. Альперин В.З. Современные электрохимические методы и аппаратура для анализа газов в жидкостях и газовых смесях / В.З.Альперин, Э.И. Конник, А.А.Кузьмин. – М.: Химия, 1985. – 282с
2. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика / Левич В.Г. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 495с
3. Минаев Е.Н. Метод контроля концентрации кислорода, растворённого в водных средах // Вестник Саратовского государственного. технического. университета. – 2011. – № 3 (58). Вып.2. – С.285-290
4. Феттер К. Электрохимическая кинетика: под ред. Я.М. Колотыркина / К. Феттер. – М.: Химия, 1967. – 573с.
5. Физические величины. Справочник / Под ред. И.С.Григорьева, Е.З.Мелихова. – М.: Энергоиздат, 1991. – 758с

05.23.01

Н.Я. Михалев к.техн.н.

Московский государственный строительный университет (МГСУ),
кафедра Металлические конструкции, Москва, mihalevn@list.ru

О СОХРАНЕНИИ УНИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СВЕТОПРОЗРАЧНОГО ПОКРЫТИЯ ГЛАВПОЧТАМТА В Г. МОСКВЕ

В статье приводятся некоторые сведения о состоянии металлических конструкций здания Главпочтамта в г. Москве, одним из авторов которого был выдающийся российский инженер Шухов В.Г. В текущем году отмечается 100-летний юбилей с начала эксплуатации здания. По результатам обследования выявлены традиционные для подобных конструкций дефекты и повреждения. Для обеспечения сохранности уникальных конструкций исторического здания Главпочтамта рекомендуется наладить постоянный мониторинг их технического состояния и разработать специальные мероприятия для защиты конструкций от прогрессирующего разрушения.

Ключевые слова: металлические конструкции, надежность, долговечность конструкции, поверхностная коррозия.

Здание почтамта на Мясницкой улице в г. Москве построено в 1912 году по проекту известных российских инженеров и архитекторов. Одной из особенностей этого здания являются стальные конструкции светопрозрачного покрытия операционного зала, автором которых был выдающийся российский инженер В.Г.Шухов. Начало двадцатого столетия это время становления и массового применения металлических конструкций в зданиях и сооружениях различного назначения. В.Г. Шухов и его школа внесли огромный вклад в развитие металлических конструкций в России. Конструкции Шухова для его времени были решениями нового типа, они обладают удивительной легкостью, простотой и элегантностью форм. В 2013 году исполнилось 160 лет со дня рождения автора уникальных конструкций Главпочтамта. В с этой знаменательной датой уместно ещё раз обратить внимание на творческое наследие В.Г. Шухова.

В ряду интереснейших творений В.Г. Шухова особое место занимают металлические конструкции здания Московского почтамта (Главпочтамта).

За внешне простой конструктивной схемой покрытия (фонаря) операционного зала просматривается глубокая проработка и обоснованность решений, обеспечивших покрытию необходимую функциональность, а по восприятию конструкций в интерьере зала создается впечатление их легкости и архитектурной выразительности.

За внешне простой конструктивной схемой покрытия (фонаря) операционного зала просматривается глубокая проработка и обоснованность решений, обеспечивших покрытию необходимую функциональность, а по восприятию конструкций в интерьере зала создается впечатление их легкости и архитектурной выразительности.

Наличие в покрытии главного зала фонаря с двухуровневым остеклением создавало определенные технические трудности, которые В.Г.Шуховым были успешно преодолены.

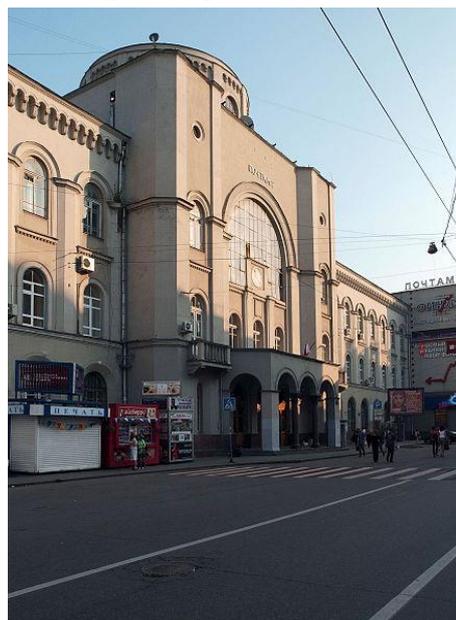


Рис. 1. Фрагмент фасада

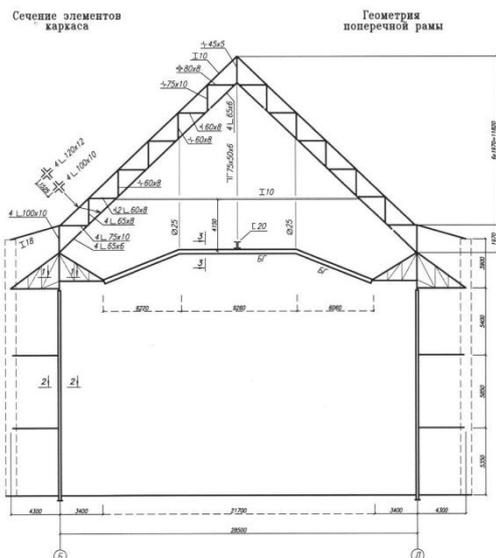


Рис. 2. Поперечная рама каркаса

Нижний фонарь представляет собой балочную конструкцию с системой подвесок её к основным несущим конструкциям покрытия. Балки продольного и поперечного направлений имеют коробчатое сечение с размерами сторон 40×40 см, состоящее из угловых элементов 45×5 и боковых стенок из стальных листов толщиной 2 мм.

В верхней плоскости сечения отдельных балок вместо стального листа установлена раскосная решетка из одиночных уголков 45×5 . Часть продольных балок имеют усиление по верхней их грани двумя швеллерами №20. Все соединения в балках заклепочные. Конструкции нижнего фонаря поддерживаются системой подвесок, которые крепятся к конструкциям верхнего фонаря. Подвески состоят из парных стальных уголков $75 \times 50 \times 6$, а также из стальных стержней диаметром 25 мм.

Проводившиеся в разное время многими организациями обследования здания Главпочтамта с определенным постоянством выявляют целый ряд отклонений от условий нормального состояния конструкций, которые в разной степени могут оказывать влияние на их надежность и долговечность. Аналогичные результаты получены в работе Московского государственного строительного университета. Основные результаты обследований сводятся к некоторым стандартным для подобных конструкций выявленным проблемам.

В конструкциях верхнего фонаря обнаружены искривления элементов решетки слабо нагруженных связевых ферм. Стрела прогиба до $40 \div 50$ мм. Элементы из одиночных уголков 45×5 имеют повышенную гибкость в сравнении с требованиями современных норм проектирования. Эти недостатки характерны для отдельных элементов решетки и опорных стоек ригелей несущих рам.

Выявлены обширные участки поверхностной коррозии элементов несущих и связевых ферм. Зафиксированы участки с полностью разрушенным лакокрасочным покрытием. В некоторых узлах ферм с крестовыми сечениями из уголков имеется локальная щелевая коррозия. При этом потеря площади сечения уголков оценивается до 10%. Существенные коррозионные разрушения имеют стальные переплеты остекления верхнего фонаря и элементы их крепления к прогонам. Состояние конструктивных элементов светопрозрачного покрытия оценивается как удовлетворительное, требующее незамедлительных профилактических мероприятий.

По результатам механических испытаний и химических анализов стали элементов фонаря, отобранных по стандартной методике, выявлено следующее [1]:

Несущими конструкциями покрытия являются сквозные металлические арки треугольного очертания с высоко расположенными затяжками. Пролет арок 28,5 м, шаг 9,25 м, высота арок 13,8 м. Пространственная работа конструкций покрытия обеспечивается совместной работой треугольных арок (поперечное направление) и продольных решетчатых рам, имеющих переменную высоту в зависимости от их расположения на плане. Элементы арок выполнены из уголков от 45×5 до 120×12 .

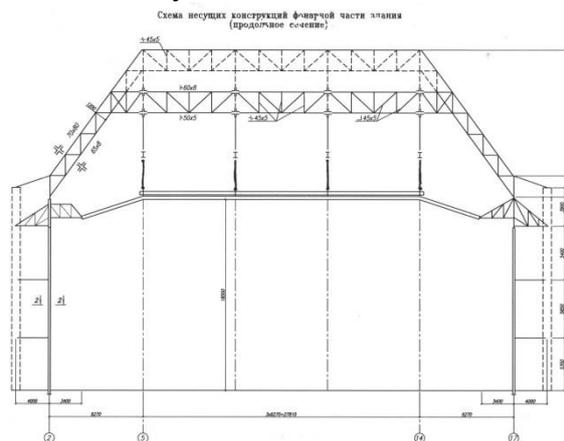


Рис.3. Продольная рама каркаса

- материал конструкций фонаря соответствует стали С235 по ГОСТ 27772-88, близкий к аналогу стали марки ВстЗкп по ГОСТ 380-71*;
- расчетное сопротивление стали принято 170 МПа.

На основании полученных характеристик сталей при выполнении ремонтных работ возможно применение сварки с использованием качественных электродов типа Э42А.

По результатам прочностного расчета металлических конструкций покрытия фонарной части здания Главпочтамта, выполненного по рекомендациям ЦНИИПСК [2], максимальные напряжения в элементах верхнего фонаря в бездефектном состоянии не превышают значений ~ 70% от их несущей способности. С учетом выявленных искривлений и погнутостей стержней этот показатель близок к предельному состоянию.

Элементы нижнего фонаря, работающие, в основном, на изгиб, имеют показатель напряженного состояния в главных балках ~ 0,25R_y, во второстепенных балках ~ 0,16R_y. Напряжения в консольных фермах нижнего фонаря с учетом коррозионного износа составляют (0,5 ÷ 0,65)R_y.

Для повышения надежности и долговечности конструкций фонарной части здания Главпочтамта рекомендовано следующее:

- выполнить типовые мероприятия по защите конструкций от коррозии;
- снизить нагрузки на покрытие за счёт замены существующего остекления на органическое стекло с меньшей объемной массой;
- при выполнении ремонтных работ фонарных покрытий на отдельных участках возможно, в виде исключения, применение сварки качественными электродами типа Э42А.

Предпринимаемые эксплуатационными службами усилия по нейтрализации негативных процессов в конструкциях металлического каркаса здания Главпочтамта, как правило, не дает желаемого результата в связи с тем, что их реализация сводится к набору общепринятых в таких случаях мероприятий, без должного учета уникальности конструкций и их исторической значимости. Нельзя сказать, что сооружениям В.Г. Шухова не уделяется достаточного внимания со стороны эксплуатационных служб. Конструкции здания Главпочтамта за последние 20÷25 лет обследовались с определенной регулярностью. Однако, для подобных уникальных конструкций, срок службы которых исчисляется сотней лет, необходимо наладить постоянный и эффективный мониторинг их технического состояния. Под эффективностью, в частности, следует понимать оперативное принятие необходимых мер для устранения причин, вызывающих, например, коррозию. Эти причины, как правило, связаны с появлением в процессе эксплуатации протечек в кровле, или с созданием повышенной влажности в эксплуатируемом объеме вследствие нарушений в режиме эксплуатации здания.

В техническом отношении обслуживание уникальных зданий значительно сложнее, так как за ними требуется специальный длительный уход и контроль. Без специальной программы их сохранения инженерные сооружения В.Г. Шухова могут исчезнуть естественным образом. Задача сохранения уникальных творений В.Г. Шухова, в широком смысле, требует незамедлительных организационных и технических решений.

Список литературы

1. *Гроздов В.Т.* Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб, – Изд.Дом KN+,2000.
2. *Металлические конструкции.* Справочник проектировщика: том 3, под ред. В.В.Кузнецова. – М. : Изд-во АСВ, 1999.

05.23.05

Нгуен Тхань Туан, Д.В. Орешкин

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», г. Москва

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНА
ДЛЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ВЬЕТНАМА**

В статье даются климатические, демографические, экономические условия строительства во Вьетнаме. Рассматриваются структура и свойства автоклавного и неавтоклавного газобетона с метакаолинитом, микрокремнезёмом и рисовой шелухой. Приводятся результаты микроструктурного и рентгенофазового анализа цементного газобетона с метакаолинитом. В статье определены фазы при формировании структуры газобетона.

Ключевые слова: автоклавный и неавтоклавный газобетон, рентгенофазовый и микроструктурный анализ, метакаолинит, микрокремнезём, рисовая шелуха, портландцемент.

Во Вьетнаме наблюдается жаркий и влажный климат. При достаточно высоких темпах строительства жилья существует дефицит жилья, электроэнергии, стоит проблема энергосбережения. При быстром росте численности и плотности населения в городах развивается строительство малоэтажных жилых домов. Однако, при недостатке земли малоэтажные дома являются основным видом жилища. Всё это приводит к нарушению пожарной и экологической безопасности городов.

Во Вьетнаме большими темпами увеличивается производство портландцемента и ведётся масштабное строительство заводов по изготовлению изделий из газобетона. Однако, газобетон имеет недостаточную водостойкость и огнестойкость. А поскольку эти свойства во многом зависят от состава и структуры любого материала, то для устранения этих недостатков требуется изучение его структуры. В свою очередь, газобетон должен быть получен из оптимизированного состава.

Целью работы является проведение микроструктурного и рентгенофазового анализов неавтоклавного и автоклавного газобетона, их сравнения и определения возможности повышения огнестойкости (жаростойкости) и водостойкости неавтоклавного газобетона для условий Вьетнама.

В работе были оптимизированы четыре состава газобетона марки по плотности D600 неавтоклавного и четыре состава автоклавного твердения. В состав смеси входили: чистый портландцемент - Ц и добавки в виде метакаолинита - ВМК, микрокремнезема - МЗ, рисовой шелухи - РШ, а также алюминиевая пудра – А1 и вода - В. Расход наполнителя - 7 % от массы цемента. Подвижность определялась по вискозиметру Суттарда и была 13 см.

В качестве вяжущего вещества был использован портландцемент класса В32,5 без добавок завода Chinfon (Вьетнам).

В работе были проведены микроструктурный в возрасте 180 суток (на японской установке JEOL JSM 6490) и рентгенофазовый (на установке D8 advanced-Bruker Axs, Германия) анализы неавтоклавного и автоклавного газобетона. Результаты представлены на рис. 1...4.

Размеры образцов для определения прочности при сжатии были 100x100x100 мм, а для испытаний на прочность при изгибе - 100x100x400 мм. Прочность газобетона при изгибе и сжатии приводится в таблице 1.

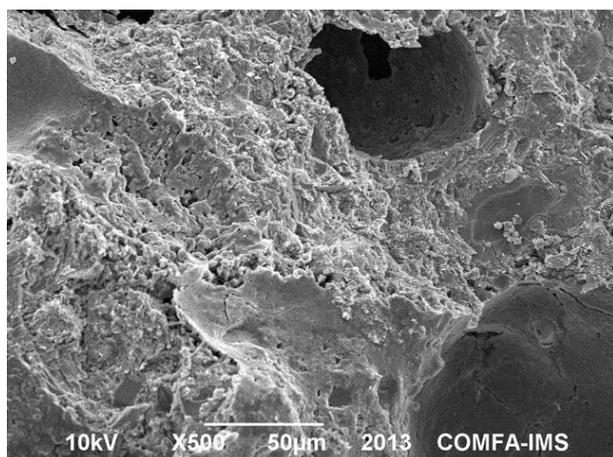


Рис. 1 - Микроструктура неавтоклавного газобетона с метакаолином

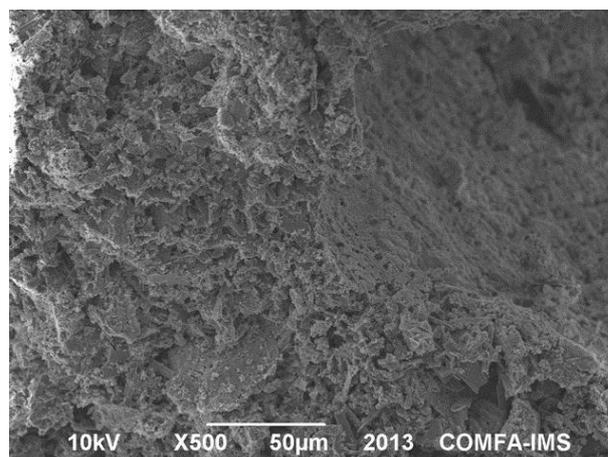


Рис. 2 - Микроструктура автоклавного газобетона с метакаолином

Таблица 1 - Прочность газобетона при изгибе и сжатии

№	Состав газобетона	Прочность, МПа			
		при сжатии в возрасте, сут.		при изгибе в возрасте, сут.	
		28	180	28	180
Газобетон неавтоклавного твердения					
1	Ц + В + Al	2.91	3.41	0.32	0.35
2	Ц + ВМК + В + Al	3.41	3.92	0.43	0.47
3	Ц + МЗ + В + Al	3.11	3.71	0.42	0.43
4	Ц + РШ + В + Al	.1	3.51	0.34	0.396
Газобетон автоклавного твердения					
5	Ц + В + Al	2.11	2.22	0.26	0.265
6	Ц + ВМК + В + Al	2.42	2.63	0.33	0.34
7	Ц + МЗ + В + Al	2.21	2.51	0.33	0.344
8	Ц + РШ + В + Al	2.22	2.51	0.32	0.33

По рентгенограммам были определены пики минералов и новообразований в автоклавном, неавтоклавном газобетоне в возрасте 180 суток, а также осуществлено их сравнение по справочникам и статьям [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Были проанализированы пики, межплоскостные расстояния – d на рентгенограммах (рисунки 9 и 10). Были определены: алит - $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ с $d=(3,031; 2,782; 2,751; 2,609; 2,181; 1,761)\cdot 10^{-10}$ м; трехкальциевый алюминат – $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ с $d=(4,23; 4,08; 3,33; 2,05; 1,91)\cdot 10^{-10}$ м; белит - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ с $d=(2,75; 2,189; 2,05; 1,696)\cdot 10^{-10}$ м; четырехкальциевый алюмоферрит – с $d = (7,321; 2,671; 2,042; 1,921; 1,812)\cdot 10^{-10}$ м; кварц в виде β -модификации: $\beta\text{-SiO}_2$ с $d=(4,26; 3,35; 1,82)\cdot 10^{-10}$ м; двуводный гипс – $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с $d=(7,56; 4,26; 1,99)\cdot 10^{-10}$ м.

В состав неавтоклавного газобетона с метакаолином, как это видно из рис. 3, входит мусковит - $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с межплоскостными расстояниями $d=(10,026\text{...}10,03; 2,568; 1,498)\cdot 10^{-10}$ м; каолинит - $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Его межплоскостные расстояния d равны $(7,14 \text{...} 7,175; 3,57 \text{...} 3,581; 1,487)\cdot 10^{-10}$ м [1, 2]. Известно, что у мусковита выделение конституционной воды происходит при $750\text{...}850$ °С [1, 3]. Такая вода находится в кристаллической решетке минерала, чаще всего, в виде ионов гидроксильной группы OH^- [3] и может перейти в молекулярное состояние и удалиться из минерала только при разрушении его

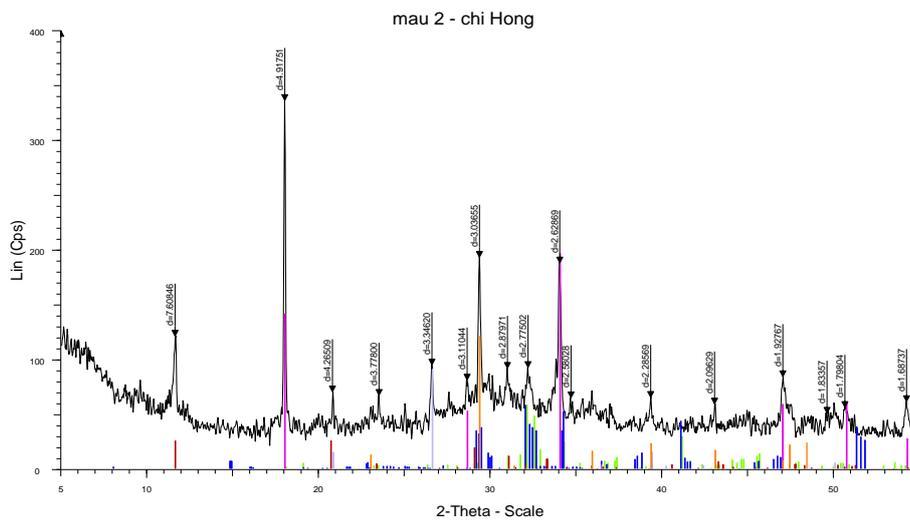


Рис. 3 - Рентгенограмма неавтоклавного газобетона с метаксаолинитом

структуры. Удаление конституционной воды у разных минералов осуществляется при температурах 300...1000 °С [3]. Мусковит и каолинит повысят жаростойкость неавтоклавного газобетона с метаксаолинитом. В состав также входит кварц - SiO₂ с d = (4,24...4,257; 3,34; 1,813)·10⁻¹⁰ м [1].

Были также обнаружены:

- кубический шестиводный гидроалюминат кальция - 3CaO·Al₂O₃·6H₂O с d =(4,231; 4,081; 3,332; 2,051; 1,911)·10⁻¹⁰ м. При ДТА определены эффекты: при 330 ...340 °С (большой эффект с удалением 4,5 молекулы воды), а при 500 ...520 °С (с удалением оставшихся 1,5 молекул воды) [1].

- десятиводный однокальциевый гидроалюминат - CaO·Al₂O₃·10H₂O с d = (14,3; 7,16; 3,72; 3,56; 2,55)·10⁻¹⁰ м. Плотность новообразования - 1,95 г/см³. При ДТА были определены эффекты: при 155, 285, 545 °С. При температуре 930 °С происходит перекристаллизация с образованием CaO·Al₂O₃ [1].

- портландит – Ca(OH)₂ с d = (4,919..4,92; 3,11; 2,63; 1,78...1,79) ·10⁻¹⁰ м;

- гидросиликат кальция – 3CaO·2SiO₂·3H₂O с d = (6,46; 5,74; 3,19; 2,84; 2,74...2,77; 1,704; 1,604) ·10⁻¹⁰ м ;

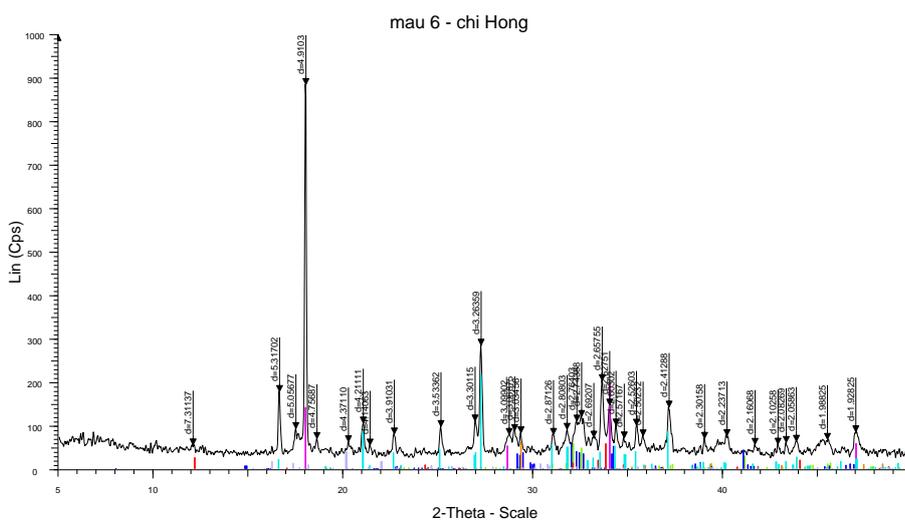


Рис. 4 - Рентгенограмма автоклавного газобетона с метаксаолинитом

- небольшое количество этtringита - 3CaO·Al₂O₃·3CaSO₄·(30-32)H₂O с d = (9,73; 5,65; 4,704; 3,88; 2,56; 2,21) ·10⁻¹⁰ м.

- кальцит - CaCO₃ с d = (3,867; 3,828; 3,04; 2,511; 2,301; 1,88) ·10⁻¹⁰ м и др.

- C-S-H-I– гидросиликат кальция с $d = (12,5; 3,07; 2,8; 1,83) \cdot 10^{-10}$ м.

- C-S-H-II – низкоосновный гидросиликат кальция с межплоскостными расстояниями d , равными $(9,81; 3,071; 2,81; 2,02; 1,832) \cdot 10^{-10}$ м.

В автоклавном газобетоне формируются:

- браунмиллерит - $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ с пиками, имеющими $d = (7,24; 3,63; 2,67; 2,76...2,77; 2,627; 2,57) \cdot 10^{-10}$ м. Его температура плавления - 1415°C . - геленит - $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ с $d = (4,23; 3,71; 2,41; 2,30; 2,29; 2,04) \cdot 10^{-10}$ м. Его температура плавления - 1590°C , плотность - $3,04 \text{ г/см}^3$. Может также образовываться гидрат геленита - $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

При анализе рентгенограмм автоклавного газобетона с метакаолинитом обращает на себя внимание формирование большого количества портландита – $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Интенсивность его пиков (рис. 4) более, чем в 2,5 раза выше по сравнению с неавтоклавным газобетоном (рис. 3). Причём, прочность у неавтоклавного газобетона выше не менее, чем в 1,5 раза.

Таким образом, проведённые исследования структуры позволяют говорить о более высокой плотности структуры неавтоклавного газобетона, что обеспечивает увеличение прочностных показателей в полтора и более раз. Лучшие результаты показали образцы из неавтоклавного газобетона, в составе которых содержится 7 мас. % метакаолинита. При применении метакаолинита образуются соединения, которые повышают жаростойкость и водостойкость газобетона в условиях жаркого и влажного климата Вьетнама. Установлено, что количество портландита в автоклавном газобетоне в 2,5 раза выше, чем в неавтоклавном газобетоне. Этому способствует связывание гидроксида кальция микрокремнезёмом [4, 5 и др.] и метакаолинитом [8-10].

Список литературы

1. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа. – 1981. – 335 с.
2. Powder Diffraction File, inorganic phases. – international centre for diffraction data. - USA: JCPDS, 2003.
3. Орешкин Д.В. Облегчённые и сверхлёгкие цементные растворы для строительства // Строительные материалы. – 2010. – № 6. – С. 34–37.
4. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С. Теплофизические свойства, пористость и паропроницаемость облегчённых цементных растворов // Строительные материалы. – 2010. – № 8. – С. 51–55.
5. Сахаров Г.П., Курнышев Р.А. Эффективный утеплитель из неавтоклавного поробетона для ограждающих конструкций зданий // Бетон и железобетон. 2004. - № 1. – С. 13-15.
6. Kearsley E P., Wainwright P.J. Porosity and permeability of foamed concrete. Cement and Concrete Research Volume 31 (2001) pp. 805-812.
7. Ilich B.R., Mitrovich A.A., Milichch L.R. Termal Treatment of Kaolin Clay to Obtain Metakaolin. Chem. ind. 64 (4) 351–356 (2010).

05.13.12

К.П. Никонов

Московский Авиационный Институт (Национальный Исследовательский Университет), факультет радиоэлектроники летательных аппаратов, кафедра электронно-вычислительных средств и информатики, Москва, kpnikonov_88@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ В САПР SOLIDWORKS

В статье приводится методика расчета в САПР SolidWorks теплового режима датчика давления. Представлена разработанная модель датчика для MCAD систем, а также приведены результаты предварительных испытаний макета датчика в диапазоне температур от -60°C до $+80^{\circ}\text{C}$. Погрешность моделирования не превышает 4,5 %, выбранный вариант конструкции датчика давления является работоспособным в указанном температурном диапазоне.

Ключевые слова: проектирование датчика давления; модель для MCAD систем; тепловой анализ в САПР SolidWorks.

Датчики давления занимают большую часть среди всех измерительных приборов, используемых при испытаниях и эксплуатации изделий авиационной, ракетной и космической техники. Постоянный рост функциональности, конструктивной сложности, тепловыделений электрорадиоизделий, ведет к повышению температуры внутри датчика и способствует увеличению интенсивности его отказов за счет перегрева. Следовательно, одним из важнейших факторов, определяющих эксплуатационную надежность датчика, является тепловой режим. Целью теплового анализа является определение температур нагретой зоны и температуры наиболее критичного элемента [1]. В большинстве случаев в датчик давления входит несколько печатных плат с электрорадиоизделиями, что значительно усложняет и без того громоздкий расчет. В связи с этим рассмотрим вариант проведения теплового расчета в САПР SolidWorks, используя простые 3D-модели элементов и печатной платы. Несмотря на то, что расчет будет выполнен с рядом упрощений, его результаты можно сравнить с заданными на проектирование параметрами. Однако требуется проверка достоверности результатов с помощью эксперимента.

Процедура проектирования модели датчика давления начинается с обмена данными между ECAD и MCAD системами. Для этого применяется модуль CircuitWorks, входящий в состав SolidWorks. Разрабатываются 3D-модели печатных плат датчика давления. Затем осуществляется сборка моделей корпуса датчика давления, модуля первичного преобразователя давления и печатных плат (Рис. 1).

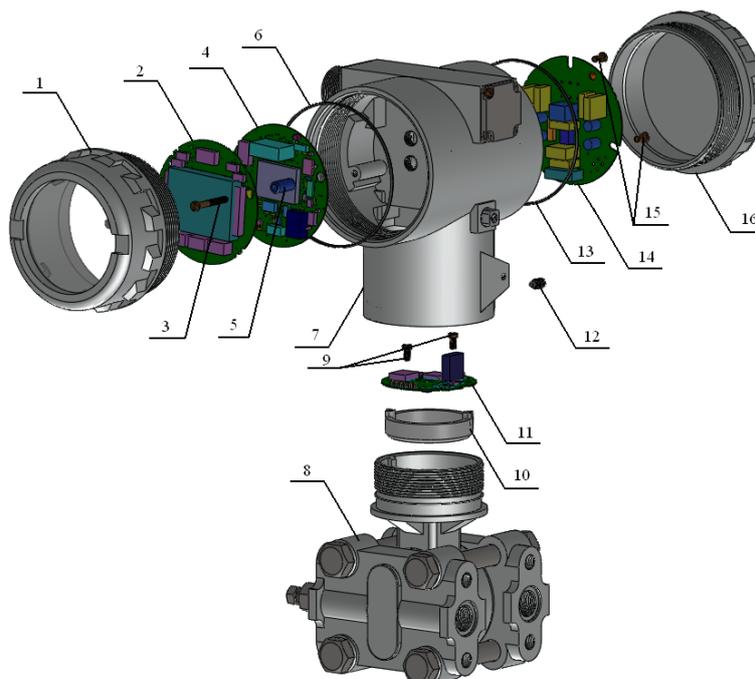


Рис. 1 - Модель для MCAD систем датчика давления с дифференциально-емкостным первичным преобразователем, используемая при расчетах

Конструкция проектируемого датчика давления состоит из следующих элементов: 1 – передняя крышка; 2 – модуль отображения и ввода информации; 3 – крепежный винт; 4 – модуль обработки информации; 5 – втулка №1; 6 – уплотнительное кольцо передней крышки; 7 – корпус электронного блока; 8 – первичный преобразователь давления; 9 – крепежные винты; 10 – втулка №2; 11 – модуль обработки сигналов первичного преобразователя; 12 – стопорный винт; 13 – уплотнительное кольцо задней крышки; 14 – модуль электромагнитной совместимости; 15 – крепежные винты; 16 – задняя крышка.

Расчет теплового режима в SolidWorks осуществляется с помощью модуля CosmosWorks. При моделировании необходимо указать термические нагрузки, действующие на элементы, печатные платы, корпус датчика давления и модуль первичного преобразователя. Для тепловыделяющих компонентов задается их температура или рассеиваемая мощность [2]. На следующем этапе необходимо указать температуру окружающей среды и способ теплоотвода. Моделирование проводилось при температуре окружающей среды равной +80°C. После определения всех ограничений, создается сетка конечных элементов (Рис.2).

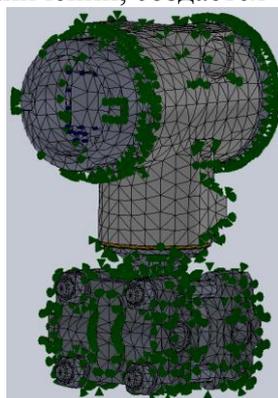


Рис. 2 - Расчетная сетка с ограничениями для теплового анализа

При моделировании получено, что самым нагретым элементом является транзистор BSP129 в корпусе SOT223 (Рис 3). При заданных условия его температура равна +102,7°C при рассеиваемой мощности 0,125Вт. По данным технической документации на элемент, рабочий диапазон температур от -55°C до +150°C [3]. Температура самого холодного участка

равна 81,79°C. Остальные элементы также находятся в допустимом рабочем температурном диапазоне.

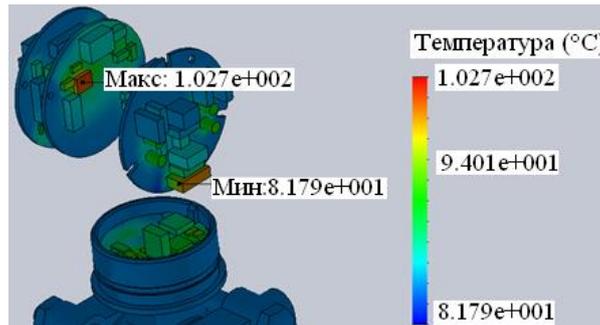


Рис. 3 - Результаты теплового анализа

С целью подтверждения правильности выбора варианта схемного и конструктивного решения датчика давления, а также для проверки адекватности разработанных моделей и выполненных расчетов были проведены предварительные испытания макета на воздействия предельных температур – 60°C и + 80°C. Диапазон измерения датчика от – 1,5 кПа до +1,5 кПа. Выходной сигнал – токовый от 4 мА до 20 мА. Максимальная приведенная погрешность не более 0,1 % от ВПИ. Дополнительная температурная приведенная погрешность не более 0,02 %/10°C от ВПИ. Выходной сигнал измерялся на прецизионной катушке P331, номинал сопротивления 100 Ом. Показания фиксировались на вольтметр универсальный В7-78/1 производитель АК ИП.

Таблица 1 - Приведенная погрешность макета датчика давления в нормальных климатических условиях до проведения испытаний.

Р изм (кПа)	Выходной сигнал (мВ)		Приведенная погрешность (%)	
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход
-1,5	400,1	400,4	+0,006	+0,025
-0,75	800,2	800,2	+0,013	+0,013
0	1200,3	1200,3	+0,019	+0,019
+0,75	1600,1	1600,2	+0,006	+0,013
1,5	2000	2000,2	0,000	+0,013

Испытания на прочность к воздействию пониженной и повышенной температуры проводились в температурной камере МС-811Р производитель ESPEC (Рис. 4).

Дополнительно была измерена температура корпуса транзистора BSP129 термопарой типа К. Термопара закреплялась к корпусу теплопроводящим компаундом. В результате измерений установлено, что максимальная температура транзистора равна 107,5 °С. Сводные сравнительные данные результатов моделирования и эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Сводные сравнительные данные результатов моделирования и эксперимента

Элемент	Температура, рассчитанная при моделировании, °С	Температура, полученная при эксперименте, °С	Точность модели, %
Транзистор BSP129	102,7	107,5	95,5



Рис. 4 - Датчик давления, установленный в температурной камере

Таблица 3 - Дополнительная приведенная температурная погрешность макета датчика давления при температуре +80 °С.

Р изм (кПа)	Выходной сигнал (мВ)		дополнительная температурная приведенная погрешность (%/10 ⁰ С)	
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход
-1,5	399,5	399,7	+0,004	+0,004
-0,75	799,4	799,2	+0,005	-0,006
0	1199,2	1199,1	-0,004	-0,010
+0,75	1599	1598,9	-0,006	-0,019
1,5	1998,9	1998,8	-0,012	-0,017

Таблица 4 - Дополнительная приведенная температурная погрешность макета датчика давления при температуре -60 °С.

Ризм (кПа)	Выходной сигнал (мВ)		дополнительная температурная приведенная погрешность (%/10 ⁰ С)	
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход
-1,5	399,4	399,3	-0,006	-0,010
-0,75	799,5	799,4	-0,002	-0,004
0	1199,6	1199,6	-0,004	-0,002
+0,75	1599,6	1599,5	-0,002	-0,002
1,5	1999,5	1999,5	-0,004	-0,004

Таким образом, по результатам моделирования и проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что характеристики датчика является устойчивыми к воздействию пониженной -60 °С и повышенной +80 °С температурам в пределах заданной погрешности. Точность разработанных моделей в соответствии с результатами натуральных испытаний составляет 95,5 %. Это позволяет утверждать, что предложенная методика проведения теплового анализа корректна, снижает временные затраты на разработку и себестоимость датчика давления.

Список литературы

1. *Пирогова Е.В.* Проектирование и технология печатных плат: Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.- 560с.
2. *Алямовский А.А.* Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. М.:ДМК Пресс, 2010. 464с., ил. (Серия «Проектирование»).
3. SIPMOS® Small-Signal-Transistor BSP129. Infineon technologies, 2005. 9с.

05.05.04

О.А. Новоселов, В.Н. Пермяков, Е.И. Макаров

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
Институт Транспорта, кафедра сервиса автомобилей и технологических машин,
Тюмень, satm_tsogu@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ БУЛЬДОЗЕРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье рассматривается проблема влияния сезонных условий на интенсивность эксплуатации бульдозеров, работающих на отсыпке оснований нефтегазовых объектов. Экспериментально установлены закономерность изменения месячных наработок бульдозеров Т-170. Показана адекватность гармонической модели, определены численные значения ее параметров.

Ключевые слова: бульдозеры, интенсивность эксплуатации, гармоническая модель, нефтегазовые объекты.

Отсыпка оснований – неотъемлемый этап строительства нефтегазовых объектов – буровых площадок, цехов добычи нефти и газа, насосных станции, товарных парков и т.д. При отсыпке используется комплекс технических средств: автомобили-самосвалы, экскаваторы, бульдозеры, средства гидромеханизации. При механическом или гидромеханическом методе отсыпки выравнивание поверхности осуществляют с помощью бульдозеров, поэтому они являются самым многочисленным видом машин при строительстве оснований.

Затраты на эксплуатацию машин составляют значительную долю в стоимости строительства [1]. Поэтому от эффективности их использования зависит эффективность функционирования как транспортно-технологической системы, так и себестоимость конечной продукции.

В качестве существенной особенности строительства оснований необходимо отметить сезонную вариацию объемов работ. Соответственно в течение года меняется интенсивность использования бульдозеров. При этом меняется поток требований на их техническое обслуживание и ремонт, топливо, запасные части и материалы, трудовые ресурсы.

Для того чтобы обеспечить работоспособность машин, необходимо своевременно проводить технические воздействия, обеспечивать ресурсами всех видов [2, 4]. Учитывая вариацию интенсивности использования бульдозеров, необходимо планировать техническое обслуживание и ремонт, а также материально-техническое снабжение с учетом изменения потребности в них [7]. Для разработки соответствующей методики необходимо знать закономерности изменения по времени интенсивности эксплуатации [3].

Поскольку сезонное изменение интенсивности использования бульдозеров протекает циклически, для моделирования этой закономерности необходимо использовать какую-либо периодическую функцию. Ранее показано [3], что по физическому смыслу в этом случае лучше использовать модель на основе косинусоиды:

$$Y = Y_C + \sum_{k=1}^g Y_k \text{Cos}(m(kT_i - T_k)) + Y_P,$$

где Y_C – постоянная компонента;

k - номер гармоники;

g - количество гармоник;

Y_k - полуамплитуда колебания k -й гармоники;

m - интервал между T_i и T_{i+1} (в градусах);

T_k - начальная фаза колебания (в месяцах);

Y_p – случайная компонента.

Для описания случайной составляющей Y_p необходимо установить закон распределения наработок бульдозера в фиксированный момент времени [5].

Для проверки адекватности приведенной модели и оценки численных значений ее параметров проведен пассивный эксперимент, заключающийся в сборе данных о фактической интенсивности эксплуатации бульдозеров Т-170. На рис. 1 представлены аппроксимированные гармонической моделью результаты эксперимента.

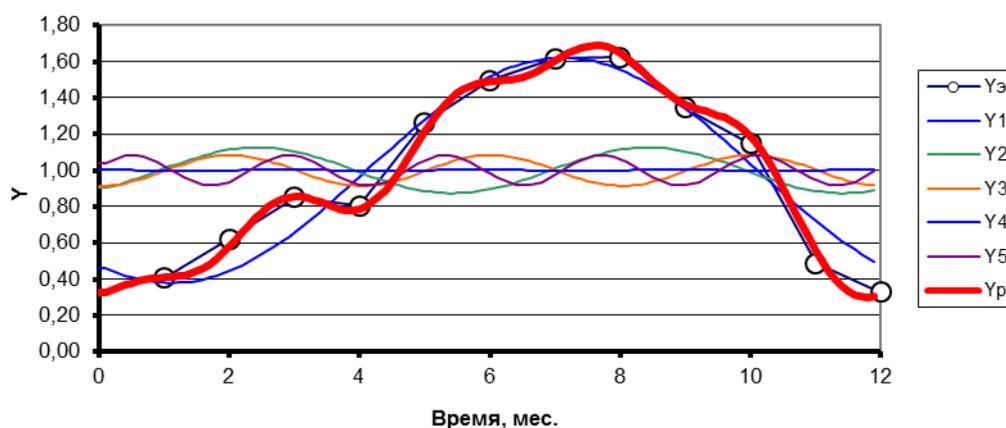


Рис. 1. Относительное изменение в течение года интенсивности эксплуатации бульдозеров Т-170: $Y_э$ – экспериментальные значения; Y_p – рассчитанные по модели значения; $Y_1 \dots Y_5$ - гармоники

Для оценки значимости сезонных изменений интенсивности эксплуатации проведен гармонический анализ [6]. Графики линеаризованных гармоник представлены на рис. 2. Из них видно, что в наибольшей степени изменение интенсивности эксплуатации определяется первой гармоникой с периодом один год. Остальные гармоники влияют на рассматриваемый показатель незначительно. Это подтверждает гипотезу о значимости сезонных изменений интенсивности эксплуатации бульдозеров при работе на отсыпке оснований нефтегазовых объектов.

Проверка адекватности по критерию Фишера показала, что с вероятности 0,95 модель соответствует экспериментальным данным. Численные значения ее параметров приведены в таблице.

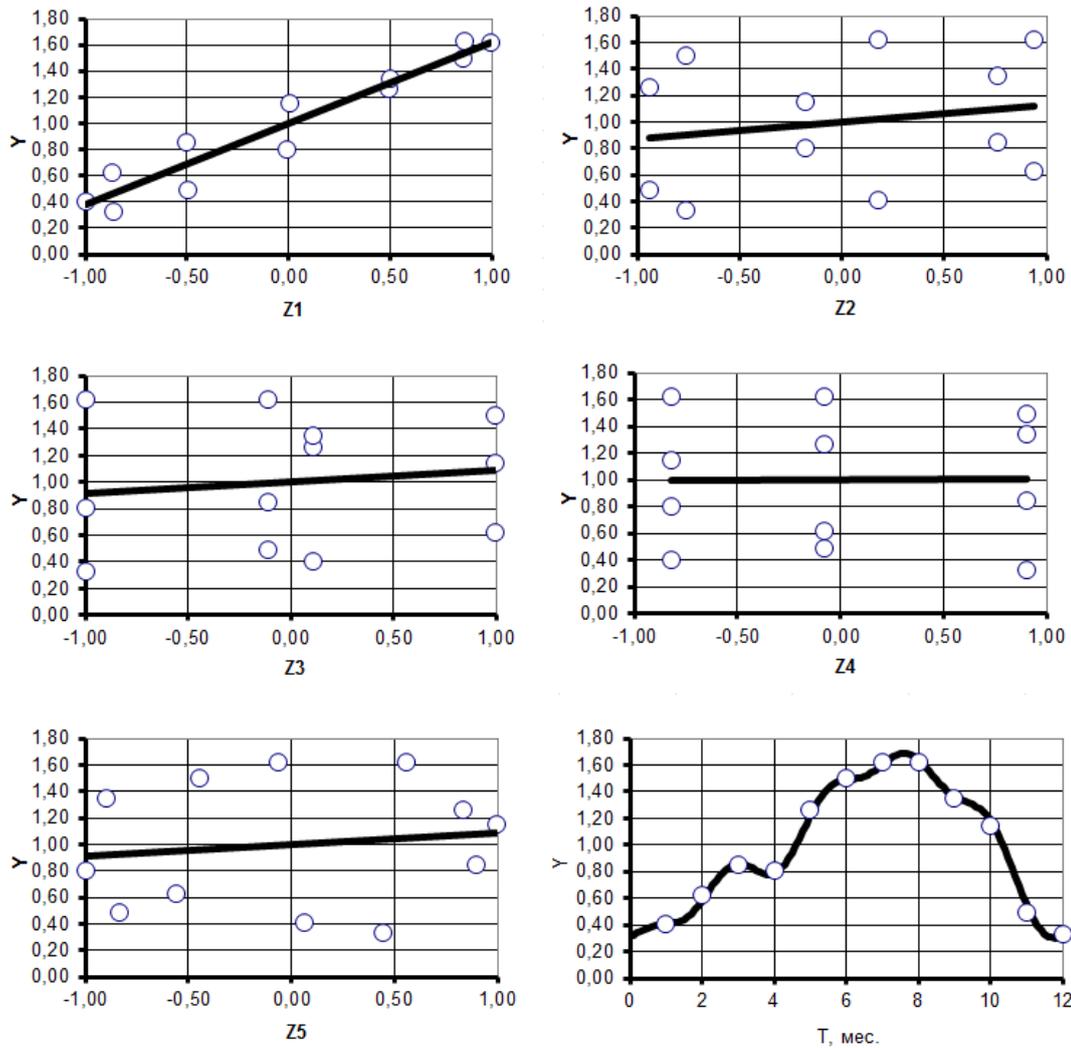


Рис. 2. Линейризованные путем замены переменных гармоники:
 Z1 ... Z5 – новая переменная для 1-й ... 5-й гармоник

Таблица

Численные значения параметров гармонической модели изменения по времени интенсивности эксплуатации бульдозеров Т-170

Номер гармоники	Y_k	$T, \text{ мес.}$
1	0,62	7,01
2	0,13	4,66
3	0,09	5,79
4	0,01	11,15
5	0,08	2,12

Таким образом, полученные результаты подтвердили гипотезу о значимости сезонных изменений интенсивности эксплуатации бульдозеров при работе на отсыпке оснований нефтегазовых объектов. Кроме того, рассчитаны численные значения параметров гармонической модели изменения по времени интенсивности эксплуатации бульдозеров Т-170.

На основе этой модели предполагается планирование объемов технических воздействий, потребности в ремонтном персонале [8] и запасных частях [9].

Список литературы

1. *Захаров, Н.С.* Оценка факторов, влияющих на эффективность транспортно-технологического обслуживания процессов нефтегазодобычи [Текст] / Захаров Н.С., Новоселов О.А., Иванкив М.М., Лушников А.А. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2013. – № 1. – С. 70-75.
2. *Захаров, Н.С.* Модель восстановления транспортной подсистемы производственных систем нефтегазового комплекса [Текст] / Н.С. Захаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 6. – С. 157.
3. *Захаров, Н.С.* Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2000. – 525 с.
4. *Захаров, Н.С.* Оценка надежности автомобилей с учетом вариации фактической периодичности технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова // Известия Тульского государственного университета. – 2012. – № 12. Ч 2. – С. 186–191.
5. *Захаров, Н.С.* Использование ТР-распределения при моделировании процессов изменения качества автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров // Известия вузов. Нефть и газ. - 1999. - №3. - С. 105-111.
6. *Захаров, Н.С.* Программа «REGRESS». Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. -52 с.
7. *Захаров, Н.С.* Влияние сезонной вариации факторов на интенсивность расходования ресурсов при эксплуатации транспортно-технологических машин [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.В. Вознесенский, Л.В. Бачинин, А.Н. Ракитин / Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 1. – С. 75-79.
8. *Захаров, Н.С.* Влияние неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей на время простоя исполнителей технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, В.Н. Карнаухов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 12-2. – С. 167-173.
9. *Зиганшин, Р.* Моделирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов / Р. Зиганшин, А. Зиганшина, Н. Захаров, В. Савчугов // Логистика. – 2013. – № 4 (77). – С. 50-52.

05.07.05

И.Ю. Обухов

Тульский государственный университет,
машиностроительный факультет, кафедра ракетное вооружение,
г. Тула, buh-13@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕРХЗВУКОВОГО ДИФFUЗОРА РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА НА МАЛЫХ УГЛАХ АТАКИ

Работа посвящена функционированию сверхзвукового диффузора с внешним сжатием ракетно-прямоточного двигателя на твердом топливе (РПДТ) реактивного снаряда. Конструкция была спроектирована с помощью разработанной программы, предназначенной для расчета энергетических, тяговых и удельных характеристик РПДТ. Для определения параметров потока в диффузоре рассматривается диапазон углов атаки от 0° до 3° .

В работе получены распределение параметров воздушного потока за замыкающим прямым скачком уплотнения, расходные характеристики диффузора и построены графики зависимости при различных углах атаки, а также приведены картины распределения газодинамических процессов при обтекании головной части снаряда на данном режиме работы. На основании полученных результатов исследования сделан вывод о возможности функционирования диффузора РПДТ перспективного снаряда в заданном диапазоне углов атаки.

Ключевые слова: *ракетно-прямоточный двигатель, сверхзвуковой диффузор, угол атаки, реактивный снаряд.*

В настоящее время для реактивных снарядов (РС) рассматривается возможность повышения дальности полета. Одним из возможных решений данной проблемы является использование в качестве двигательной установки (ДУ) ракетно-прямоточного двигателя на твердом топливе (РПДТ).

Основными элементами РПДТ, помимо ВЗУ, являются газогенератор и камера дожигания. В газогенераторе, как и в РДТТ, сгорает твердое топливо (ТТ). В отличие от РДТТ и ПВРД на жидком горючем, РПДТ имеет камеру дожигания, в которую из газогенератора поступают высокоскоростные потоки продуктов первичного сгорания, которые дожигаются в воздухе, при этом давление в камере дожигания в значительной степени определяется скоростью полета РС и, следовательно, давлением после системы скачков в диффузоре ВЗУ.

Особенностью использования РПДТ реактивных снарядов является изменение в широком диапазоне параметров поступающего в диффузор воздушного потока, так как РС на траектории в период работы РПДТ должен увеличить скорость полета в диапазоне порядка от 1200 м/с до 1800 м/с, при этом высота полета изменяется в диапазоне от 2000 м до 9000 м и углах атаки (α) в диапазоне от 0° до 3° .

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования является проектирование геометрических параметров диффузора для конструкции с данным типом двигателя таким образом, чтобы достичь в камере сгорания (КС) необходимого давления на различных режимах функционирования.

Задача исследования работы диффузора сверхзвукового перспективного снаряда на нерасчетном режиме была разделена на два этапа:

- на первом этапе подбирались оптимальная геометрия диффузора, основным параметром, по которому сравнивались различные варианты конструкций, являлось максимальное давление за системой скачков уплотнения;

- на втором этапе был проведен ряд численных экспериментов по исследованию газодинамических процессов в диффузоре при обтекании сверхзвукового снаряда и

получены значения расхода газа и максимального давления за системой скачков при углах атаки от 0° до 3° .

Проектирование оптимальной геометрии диффузора можно также разделить на 2 этапа:

- на первом этапе выбор оптимальной формы проводился в специально разработанной программе PVRDT, реализующей упрощенный алгоритм, составленный с помощью зависимостей приведенных в [1], и предназначенной для расчета энергетических, тяговых и удельных характеристик РПДТ (рис.1) в условиях внешнебаллистического функционирования РС.

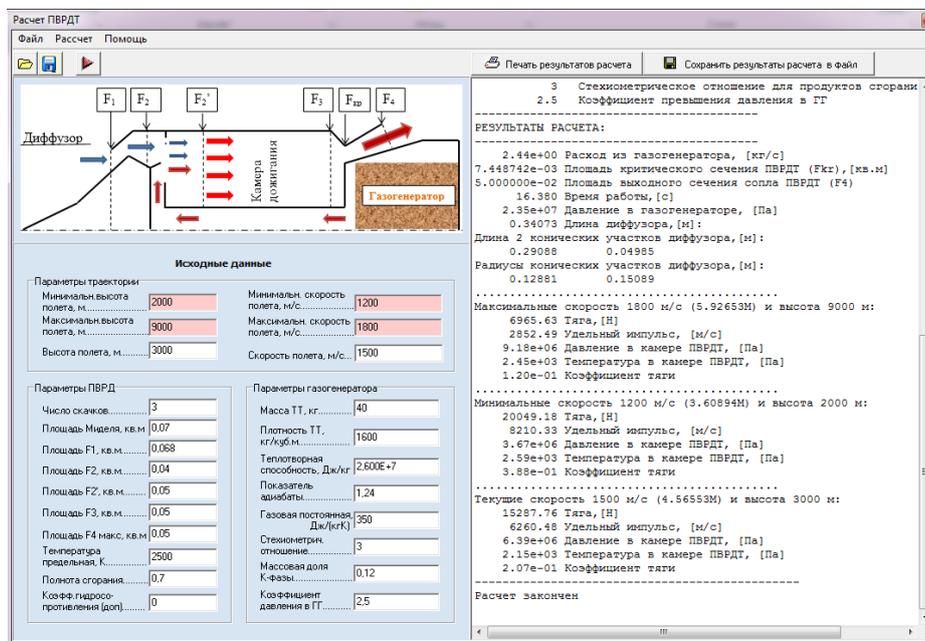


Рис. 1 – Внешний вид интерфейса программы PVRDT

- на втором этапе полученная форма диффузора уточнялась с помощью численного моделирования газодинамических процессов, с тем условием, чтобы достигнуть за прямым скачком уплотнения максимального давления.

Численные эксперименты проводились по разработанной программе «Gas2», предназначенной для проведения численных исследований газодинамических процессов в РПДТ.

В основу математической модели наружного обтекания головной части с различными углами атаки и течения газа в камере дожигания РПДТ были положены уравнения движения гомогенного вязкого теплопроводного газа. Система уравнений газодинамики в двумерной постановке в декартовой системе координат имеет следующий вид:

- уравнения неразрывности

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0, \quad (1)$$

- уравнения количества движения

$$\rho \frac{du}{dt} = \rho F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \left[\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \right],$$

$$\rho \frac{dv}{dt} = \rho F_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \left[\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} \right], \quad (2)$$

- уравнение энергии

$$\rho \frac{dE}{dt} = (\rho F_x u + \rho F_y v) - \left(\frac{\partial P u}{\partial x} + \frac{\partial P v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (\sigma_x u + \tau_{xy} v) + \frac{\partial}{\partial y} (\tau_{xy} u + \sigma_y v) + \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial T}{\partial y}, \quad (3)$$

– уравнение состояния:

$$P = P(\rho, T); \quad (4)$$

где u, v – составляющие скорости по осям x и y соответственно; F_x, F_y – компоненты массовой силы; соотношения для напряжений вязкости без учета объемной вязкости имеют вид, компоненты имеют вид:

$$\sigma_x = \frac{2}{3} \mu \left[2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right]; \quad \sigma_y = \frac{2}{3} \mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} \right); \quad \tau_{xy} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right). \quad (5)$$

На основе анализа особенностей функционирования рассматриваемой конструкции введены следующие общие допущения:

- газ представляет изотропную среду со свойствами ньютоновской жидкости;
- коэффициент молекулярной вязкости является функцией абсолютной температуры;
- удельные теплоемкости c_p и c_v компонент, а следовательно и их отношение $k = c_p/c_v$ не зависят от абсолютной температуры газа и являются физическими константами.

В качестве модели турбулентности для построения математического описания турбулентного движения потока использована полуэмпирическая двухпараметрическая диссипативная модель турбулентности с введением турбулентной вязкости.

Соотношения двухпараметрической модели турбулентности для рассматриваемой конструкции представлены в виде:

- уравнение для кинетической энергии турбулентности e

$$\frac{\partial \rho e}{\partial t} + \text{div}(\rho e \vec{W}) = D_e + P_e - \Phi_e; \quad (6)$$

- уравнение для скорости диссипации ε

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \text{div}(\rho \varepsilon \vec{W}) = D_\varepsilon + P_\varepsilon - \Phi_\varepsilon; \quad (7)$$

- коэффициенты переноса определяются выражениями:

$$\mu_T = c_\mu \frac{\rho e^2}{\varepsilon}, \quad \lambda_T = \frac{c_p \mu_T}{Pr_T}, \quad (8)$$

$$\mu = \mu_M + \mu_T, \quad \lambda = \lambda_M + \lambda_T \quad (9)$$

где $\mu_M, \mu_T, \lambda_M, \lambda_T$ – коэффициенты молекулярной и турбулентной вязкости, теплопроводности и диффузии, $c_\mu, c_{1\varepsilon}, c_{2\varepsilon}, c_{3\varepsilon}, \sigma_e, \sigma_\varepsilon$ – эмпирические константы стандартной модели, Pr_T – турбулентное число Прандтля, составляющие D_e и D_ε имеют вид:

$$D_e = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\frac{\mu_t + \mu}{\sigma_e} \right) \frac{\partial e}{\partial x_i} \right];$$

$$D_\varepsilon = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\frac{\mu_t + \mu}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right];$$

генерация величин e и ε определяется соотношениями:

$$P_e = \mu_T \left(\frac{\partial W_i}{\partial x_j} + \frac{\partial W_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial W_i}{\partial x_j},$$

$$P_\varepsilon = c_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{e} P_e;$$

вязкая диссипация – формулами:

$$\Phi_e = c_{1\varepsilon} \rho e, \quad \Phi_\varepsilon = c_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{e}$$

В исследовании использовались 3 типа граничных условий (рис. 2):

- перетекание газа с заданными параметрами – граница №1;
- вытекание газа с параметрами перед границей – границы № 2 и №3;
- вычисление расхода газа – граница № 4.

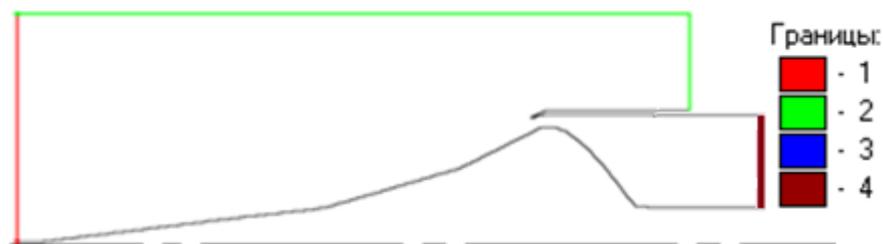


Рис. 2 – Контур исследуемой модели с границами (границы 3 и 4 расположены в одном выходном сечении)

Дополнительные условия на границах течения:

– на границе втекания: $k = 0, \quad \varepsilon = 0;$

– на оси симметрии: $\frac{\partial k}{\partial n} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial n} = 0;$

– на границе истечения: $\frac{\partial k}{\partial n} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial n} = 0.$

В результате первого этапа исследования был спроектирован трехскачковый сверхзвуковой диффузор внешнего сжатия, представленный на рисунке 3 а.

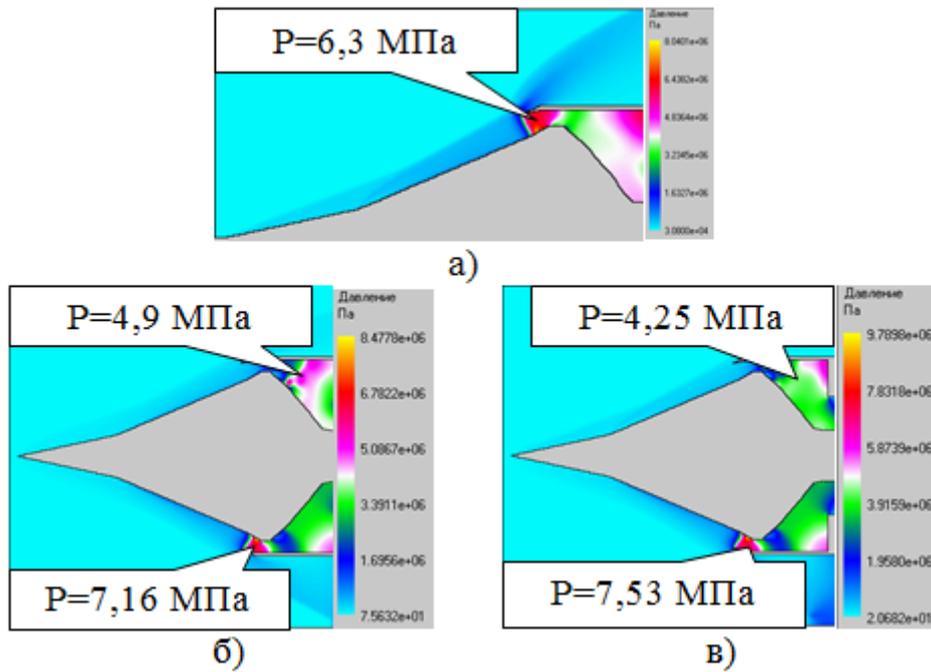


Рис. 3 –Поле распределения давления трехскачкового диффузора при а) $\alpha=0^\circ$, б) $\alpha=2^\circ$ и в) $\alpha=3^\circ$

Дальнейшее исследование спроектированной конструкции заключалось в оценке влияния угла атаки на штатное функционирование сверхзвукового диффузора внешнего сжатия. Критерием оценки является давление за прямым скачком уплотнения и расход газа через диффузор. В исследовании рассматривается трехскачковый сверхзвуковой диффузор внешнего сжатия при максимальной скорости полета на высоте 9000 м и диапазоне углов атаки от 0° до 3° .

В связи с этим был проведен ряд численных экспериментов по определению влияния угла атаки на функционирование диффузора, результаты которых представлены на рисунке 3 (б, в).

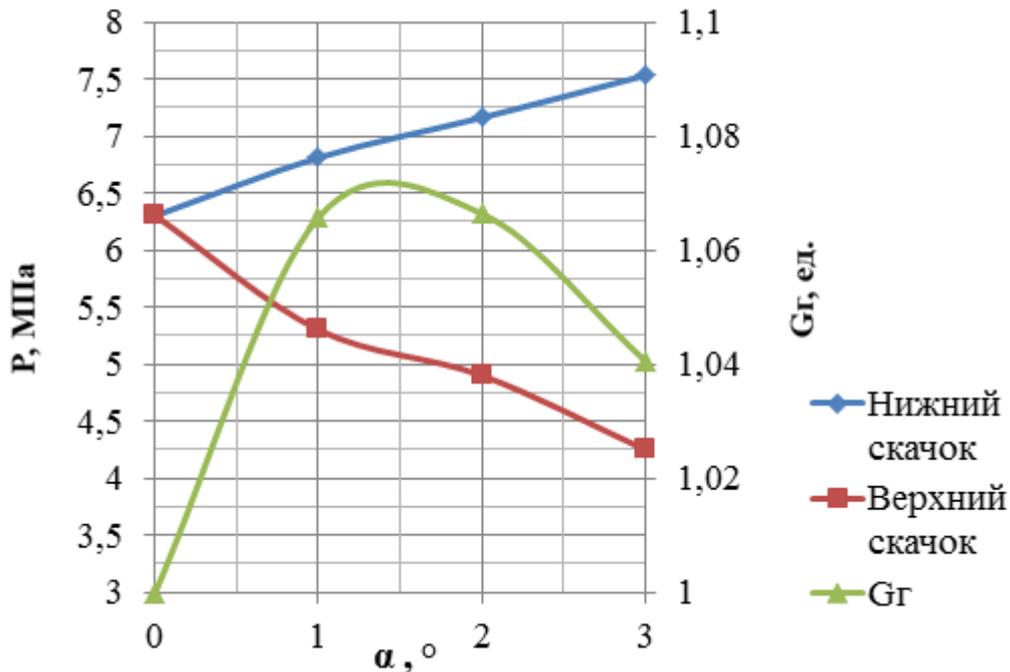


Рис. 4 – График зависимости давления за прямым скачком уплотнения и расхода воздуха для трехскачкового диффузора при различных углах атаки

Как видно из графика (рис. 4) давление за прямым скачком уплотнением на нижней (наветренной) части диффузора увеличивается, а на верхней (подветренной) – уменьшается. Это обусловлено тем, что при повороте снаряда на угол атаки, давление на нижней части, обращенной к набегающему потоку, увеличивается и серия скачков уплотнения прижимается ближе к центральному телу, что приводит к увеличению давления за прямым скачком. На верхней части создается зона пониженного давления по сравнению с нижней, и прямой скачок ложится ниже горла диффузора, что приводит к уменьшению давления. Рисунок 4 показывает, что расход воздуха изменяется незначительно в диапазоне углов атаки от 0° до 3° .

Из полученных результатов в исследовании можно сделать вывод, что при полете снаряда с головным воздухозаборником под углами атаки может возникнуть помпаж в подветренной части диффузора, что нарушает штатное функционирование снаряда. Дальнейший анализ работы диффузора РПДТ РС под углами атаки должен производиться с учетом работы газогенератора и химических процессов горения в камере дожигания.

Список литературы

1. *Герман Р.* Сверхзвуковые входные диффузоры. Под редакцией Г.Н. Абрамовича. Государственное издательство физико-математической литературы. Москва 1960.
2. *Орлов Б.В., Мазинг Г.Ю. и др.* Основы проектирования ракетно-прямоточных двигателей. М.: Машиностроение, 1967
3. *Сорокин В.А., Яновский Л.С., Козлов В.А., Суриков Е.В. и др.* Ракетно-прямоточные двигатели на твердых и пастообразных топливах. Основы проектирования и экспериментальной отработки. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 – 320 с.

05.17.07

А.В. Ожогин, М.А. Ленский, Д.В. Корабельников, Ю.Ю. Свирина

Бийский технологический институт ФГБУО ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», andreiozh@rambler.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ДЛЯ ЭКСПРЕСС АНАЛИЗА ИХ СВОЙСТВ

В статье проанализированы способы изготовления образцов стеклопластиков для проведения исследовательских работ по модификации его свойств. Предложена лабораторная установка для изготовления модельных образцов однонаправленного стеклопластика на основе различных видов связующих с целью проведения дальнейших испытаний, позволяющая значительно сократить время и материальные расходы на исследования. Показаны результаты исследований, подтверждающих соответствие характеристик модельных образцов стеклопластика и образцов, полученных на промышленном оборудовании.

Ключевые слова: *Стеклопластик, слоистые пластики, изготовление, модельные образцы, модификация, свойства, испытания.*

Хорошей заменой традиционных материалов, применяемых во многих областях техники, являются стеклопластики. По прочности они не уступают стали, имеют вес в 4 раза меньше и хорошую коррозионную стойкость. Благодаря этому, происходит постоянное расширение спектра изделий из стеклопластиков. Разработка нового изделия влечет за собой придание стеклопластику необходимого комплекса свойств, поскольку он обладает некоторыми серьезными недостатками, таким как теплостойкость и горючесть, высокая чувствительность к атмосферным воздействиям и т.д. Для устранения этих недостатков проводится огромное количество исследовательских работ. Исследования можно условно разделить на 2 направления: синтез новых связующих [1-2] и доработка уже известных путем введения различных добавок [3-5].

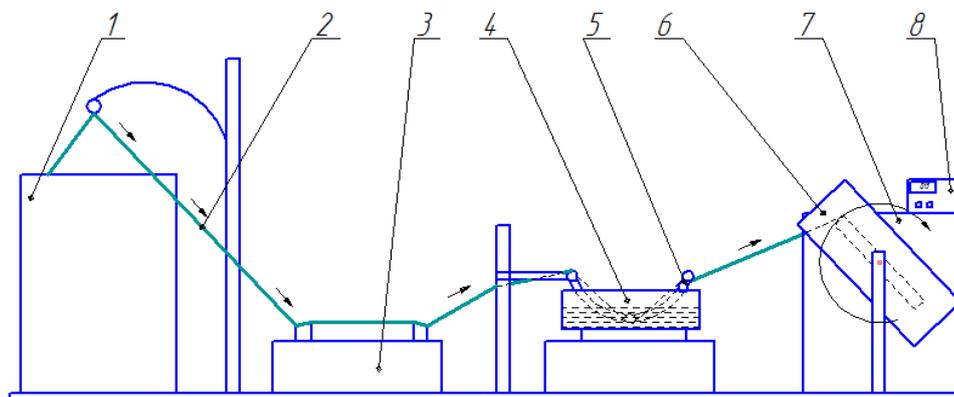
Поиск путей решения отмеченных проблем связан с серьезными материальными затратами. Для предварительной оценки модифицирующего влияния той или иной добавки нужно изготовить модельные образцы из стеклоткани на основе модифицированного связующего. Также известен способ, когда нарезанные нити волокна вручную протягивают через ванну со связующим и укладывают в формы. Данные методы имеют ряд существенных недостатков: во-первых для изготовления образцов требуется большое количество времени; во-вторых: полученные образцы имеют высокое и нестабильное содержание связующего равное 33-37 % (для стеклопластиков, выпускаемых промышленностью содержание связующего лежит в области 18-25 % [6]); в-третьих на качество полученных образцов существенное влияние оказывает «человеческий фактор», что значительно увеличивает погрешность исследований.

Проведение исследований и отработка рецептур на промышленном оборудовании в заводских условиях исключает вышеописанные проблемы, но несет за собой колоссальные расходы, связанные с остановкой технологического процесса и использованием большого количества материалов. Несмотря на это, многие производители идут на такие расходы если речь идет, например, о получении стеклопластиковой арматуры небольших диаметров методом пултрузии. В случае же получения труб больших диаметров такие расходы не могут себе позволить даже крупные предприятия.

Кроме научных исследований весьма важным является контроль качества исходных компонентов для исключения брака при производстве. Существующие методы предполагают контроль компонентов по отдельности, например, для эпоксидной смолы определяется

количество эпоксидных групп, содержание хлора и т.д., для ровинга удельная разрывная нагрузка, содержание влаги и т.д. Качество всех компонентов в совокупности проверяется только после изготовления изделия, и в случае брака списывается вся партия, что приводит к значительным убыткам и необходимости их возврата за счет увеличения стоимости других изделий.

Решением, исключая эти недостатки, является лабораторная технология получения модельных стеклокомполитов. Для реализации этой технологии нами была разработана установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.



- 1 – бобина с ровингом, 2 – ровинг, 3 – электрическая плита для отжига замасливателя, 4 – ванна со связующим, 5 – отжимные валки, 6 – пресс-форма для укладки ровинга, 7 – электропривод пресс-формы для укладки ровинга, 8 – счетчик оборотов пресс-формы

Рисунок 1 – Установка для получения модельных образцов однонаправленного стеклопластика.

Из бобины 1 отматывается ровинг 2, который поступает на поверхность, предварительно разогретой до 300 °С электрической плиты для отжига замасливателя 3, обожженный ровинг поступает в ванну со связующим 4 для пропитки, излишки связующего отжимаются валками 5, пропитанный ровинг укладывается на пресс-форму 6, приводимую в движение электроприводом 7. По достижению заданного числа оборотов, контролируемых счетчиком 8, электропривод 7 отключается. Далее пресс-форма вынимается из установки и запрессовывается. Уложенный пропитанный эпоксидным связующим ровинг зажимается пластинами до фиксированного размера и образец принимает нужные геометрическую форму. После запрессовки пресс-форма помещается в термостат, где происходит отверждение связующего и формирование образца в соответствии с заранее выбранным режимом отверждения. Существенным достоинством данной установки является то, что при этом не требуется большого количества компонентов. В частности для изготовления 2 образцов 210x10x4 мм требуется 45 г связующего. Возможность оперативной замены ванны со связующим 4 во время намотки, а также конструкция пресс-формы 6 позволяет получить 3 пары образцов (210x10x4 мм) с использованием трех различных рецептов за один цикл.

Полученные модельные образцы однонаправленного стеклопластика могут быть подвергнуты различным испытаниям, например, испытаниям на прочность при изгибе, растяжении, стойкость к агрессивным средам, электропроводность, коэффициент дымообразования, горючесть, теплостойкость, т.д.

Были получены и испытаны модельные образцы однонаправленного стеклопластика на основе связующего ЭДИ (смола ЭД-20 – 56,7%, ИМТГФА – 42,5%, ускоритель УП 606/2 – 0,8%). Результаты испытаний образцов согласуются с литературными данными [7-8] и приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики модельных образцов стеклопластиков серийно выпускаемых промышленностью.

Параметр	Модельный образец	Промышленный стеклопластик
Предел прочности при терхточечном изгибе, МПа	1462 ± 24	900-1500
Содержание связующего, %	21,5±0,3	18-25
Степень отверждения, %	99±0,5	не менее 95
Плотность, г/см ³	1,95±0,6	1,8-2,1

Следует отметить, что выбор однонаправленных стеклопластиков не случаен. Этот материал обладает максимально возможной анизотропией свойств и при введении каких-либо добавок, или отклонении свойств компонентов не происходит перераспределения нагрузки (как в случае разнонаправленных, например, полученных на основе стеклоткани) и материал дает максимальный отклик в виде изменения физикомеханических свойств в поперечном направлении.

Данная установка хорошо зарекомендовала себя при выполнении научно-исследовательских работ совместно с ООО «Ровинг» (г. Бийск). Для выполнения технического задания предполагалось модифицировать связующее ЭДИ различными добавками, в том числе диоксидом титана марки Р-02 (ГОСТ 9808-84). Учитывая то, что минимальный диаметр получаемых труб составляет 500 мм, отработка оптимальной концентрации модификатора повлекла бы за собой не только расход большого количества материала, но и временную остановку основного производства.

На предложенной нами установке были получены образцы на основе связующего с различным содержанием TiO₂ (по 9 штук на одну точку). При этом срок их изготовления одним лаборантом составил 4 дня. Образцы подвергли испытанию на трехточечный изгиб на разрывной машине Shimadzu AG-X по ГОСТ 25.604-82. График зависимости предела прочности от концентрации модификатора показан на рисунке 2.

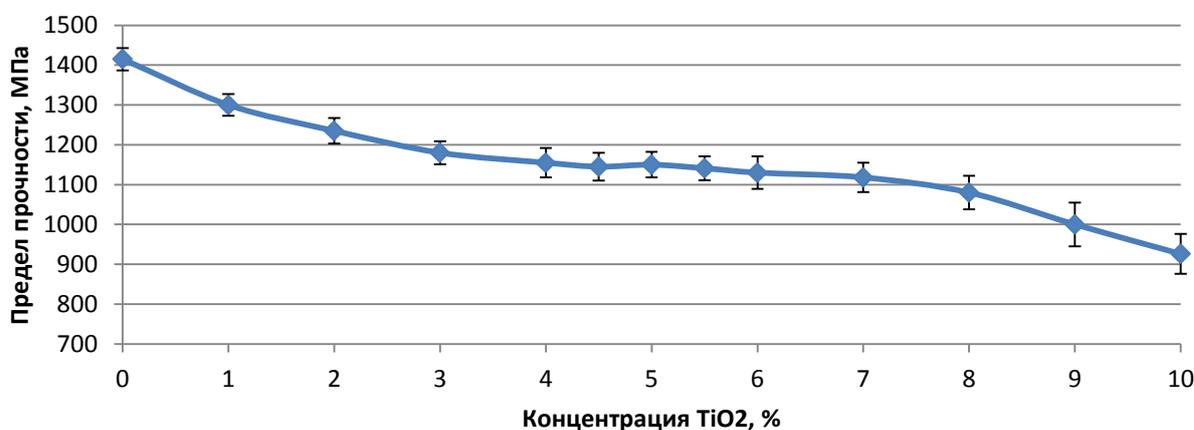


Рисунок 2 – График зависимости предела прочности при изгибе модельных образцов стеклопластика от концентрации диоксида титана

Исходя из условий технического задания, и с учетом полученных данных были изготовлены промышленные изделия на основе связующего с концентрацией добавки 0%, 5% и 10%. Из стенок труб в продольном и поперечном направлении были вырезаны образцы, которые подвергли трехточечному изгибу. В таблице 2 представлены значения предела прочности для образцов труб и модельных стеклопластиков.

Таблица 2 Сравнение значений предела прочности для модельных и промышленных образцов.

Параметр	Модельные образцы			Промышленные образцы			
	Концентрация добавки, %						
	0	5	10	направление	0	5	10
Предел прочности при изгибе, МПа (%)	1415±28 (100)	1150±32 (81,27)	925±50 (65,37)	продольное	253±8 (100)	215±9 (84,90)	179±16 (70,75)
				поперечное	307±7 (100)	260±14 (84,69)	221±11 (71,98)

Данные таблицы 2 показывают, что относительные изменения прочности для модельных и промышленных образцов совпадают. Таким образом, был отработан способ получения модельных образцов, адекватно отражающий поведение компонентов материала, получаемого на промышленном оборудовании.

Разработанный способ используется в настоящий момент для решения других проблем модификации свойств стеклопластика. Он позволяет во-первых значительно сократить срок исследований; во-вторых существенно снизить затраты на материалы; в-третьих для изготовления опытных образцов изделий представляют 1-3 рецептуры с уже известным комплексом свойств.

Список литературы

1. *Андреевская Г.Д.* Высокопрочные ориентированные стеклопластики. - М.: Наука, 1966. - 367 с.
2. *Кириллов В.Н., Пронин Б.Ф.* Пожаробезопасные строительные пластики // *Строительные материалы*, 1992, №6, с 2-3.
3. *Пинкас М.В., Плакунова Е.В., Панова Л.Г.* Физическая модификация эпоксидных компаундов с целью улучшения эксплуатационных свойств // *Пластические массы*, 2008, №1, с 11-13.
4. *Идрисова С.Ш.* Модификация эпоксидной смолы полихлорированными бензимидазолами // *Пластические массы*, 2008, №5, с 12-13.
5. *Салахов М.С., Умаева В.С., Алиханова А.И.* Огнестойкие эпоксидные композиции // *Пластические массы* 2008, №7, с 12-13.
6. *Фролов Н.П.* Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции - М.: 1980. с 28.
7. ГОСТ 27380-87 Стеклопластики профильные электроизоляционные.
8. *Морган Ф.* Стеклопластики. - М.: Издатинлит, 1961, 481 с.

05.23.05

С.А. Пашкевич, А.П. Пустовгар, А.В. Еремин, А.О. Адамцевич, Ф.А. Гребенщиков

Московский государственный строительный университет,
НИИ строительных материалов и технологий,
Москва, pashkevich86@mail.ru

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОКСИДОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ, ТВЕРДЕЮЩИХ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ И МАЛОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

В работе рассмотрено влияние добавки полиэтиленоксида молекулярной массы 2000, 4000, 6000 на физико-механические свойства штукатурных растворов, твердеющих при отрицательной температуре. Показана зависимость прочности сцепления с пенополистиролом, прочности на сжатие и изгиб штукатурных растворов, твердевших при температуре (+5...-10)°С от величины молекулярной массы рассматриваемых полиэтиленоксидов.

Ключевые слова: *полиэтиленоксид, молекулярная масса, температура, штукатурный раствор, прочность.*

Одной из отличительных особенностей производства работ по устройству систем фасадных теплоизоляционных композиционных является существенное влияние температурного режима на применение штукатурных растворов [1,2]. По данным [3], допустимые температурные условия протекания процессов гидратации большинства гидравлических вяжущих веществ находятся в интервале (+5...+30)°С, поэтому снижение температуры монтажа штукатурных слоев ниже отметки +5°С повышает риск замерзания свежештукатуренного раствора, приводящему, как показано в работах [4-7], к деструктивным изменениям его структуры и общему снижению эксплуатационных характеристик.

Понижение температуры замерзания жидкой фазы штукатурных растворов за счет использования добавок-электролитов представляется маловероятным, ввиду малой толщины наносимого штукатурного слоя и, как следствие, недостаточным развитием экзотермических процессов гидратации гидравлического вяжущего. Кроме этого, химически не прореагировавшие с твердеющим цементом добавки-электролиты в дальнейшем выкристаллизовываются в виде самостоятельных солевых фаз, что может приводить к образованию высолов на поверхности фасада.

Таким образом, актуальной задачей представляется поиск альтернативных решений, направленных на понижение температуры замерзания жидкой фазы штукатурных растворов и обеспечение высоких эксплуатационных показателей конечного продукта. Одним из таких решений, рассмотренных может стать применение органических гетероцепных полимеров из класса простых полиэфиров - низкомолекулярных полиэтиленоксидов (НП), с низкой температурой замерзания водных растворов. Наибольший интерес в этом вопросе представляют кристаллические термопластичные НП с молекулярной массой 2000, 4000 и 6000 (порошкообразные вещества, хорошо растворимые в воде).

При растворении в воде НП происходит образование водородных связей между эфирными атомами кислорода полимера, количество которых напрямую зависит от размера макромолекулы полимера (т.е. молекулярной массы) и молекулами воды [8]. Так как каждый эфирный атом кислорода может образовывать по две водородные связи, с большей, чем у воды, энергией связи, происходит спиралевидная конформация полимера в растворе с образованием устойчивых к воздействию отрицательной температуры гидратов.

В данной работе рассмотрено влияние НП молекулярной массой 2000, 4000 и 6000 на основные физико-механические свойства базового штукатурного раствора, твердеющего в температурном диапазоне (+5... -10)°С.

К основным физико-механическим свойствам были отнесены:

- предел прочности к пенополистиролу, МПа;
- предел прочности на растяжение при изгибе и сжатии, МПа.

Концентрация водного раствора НП выбранной молекулярной массы составляла 25% (т.е. при дозировке НП - 5% по массе смеси).

Изготовление образцов осуществлялось согласно требованиям ГОСТ Р 54359-2011 «Составы клеевые, базовые штукатурные, выравнивающие шпаклевочные на цементном вяжущем для фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями. Технические условия» в помещении климатической камеры при заданной температуре в диапазоне (+5 ... -10)°С. Учитывая малые размеры образцов, их время выдержки составляло: для определения адгезии – 7 суток, для определения предела прочности на растяжение при изгибе и сжатии – 14 суток. Далее образцы перемещались в нормальные условия твердения до достижения ими 28-суточного возраста [8].

Результаты испытаний представлены на рисунках 1-3.

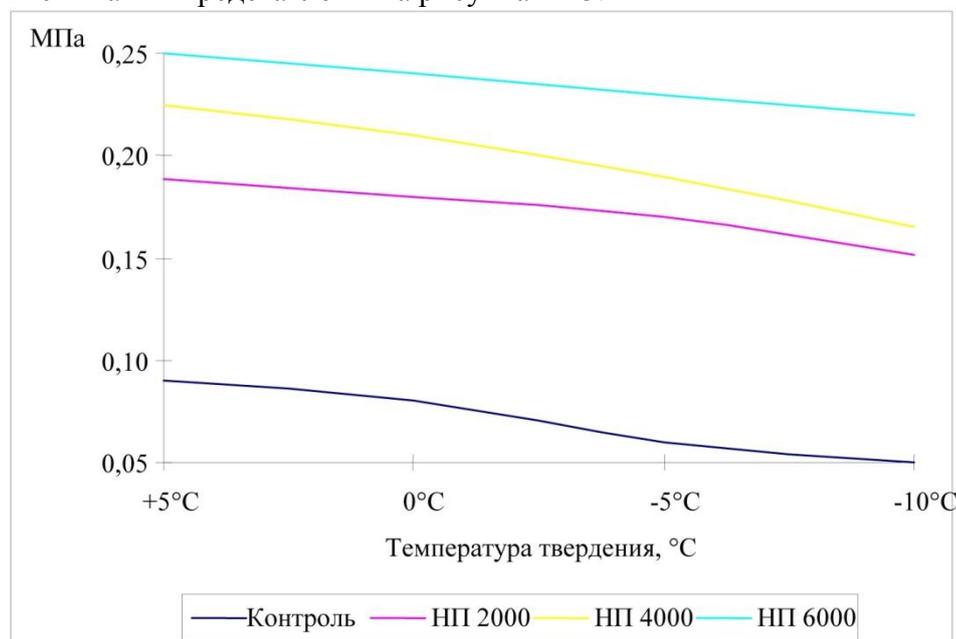


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности сцепления с пенополистиролом штукатурных растворов с НП (5% по массе) от температуры твердения. Возраст образцов – 28 суток.

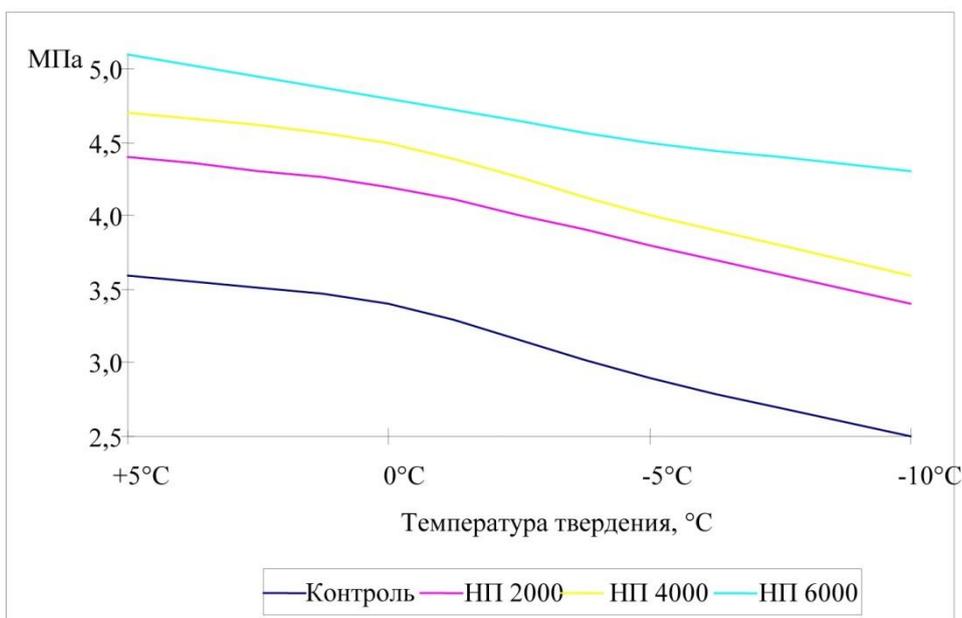


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе штукатурных растворов с НП (5% по массе) от температуры твердения. Возраст образцов – 28 суток.

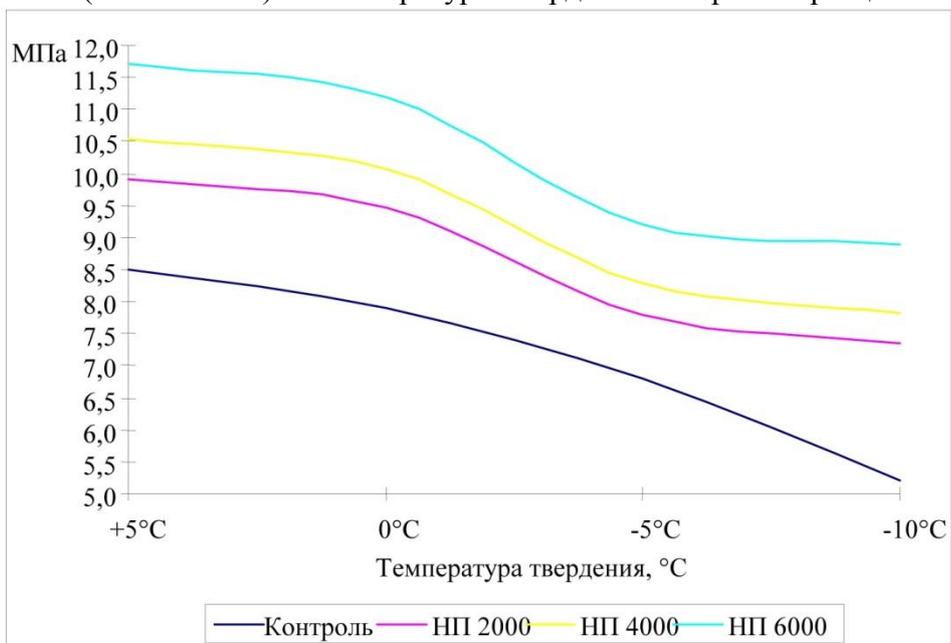


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности при сжатии штукатурных растворов с НП от температуры твердения. Возраст образцов – 28 суток.

По результатам проведенных исследований установлено, что при введении в состав базового штукатурного раствора добавки НП в количестве 5% от массы сухой строительной смеси наблюдается ожидаемое увеличение всех основных физико-механических показателей, что подтверждает высказанное предположение об образовании, при растворении НП, в жидкой фазе штукатурных растворов устойчивых к отрицательной температуре гидратов.

Ожидаемо наибольший эффект наблюдается при введении в состав базового штукатурного раствора добавки НП молекулярной массы 6000, за счет максимального (в рамках проводимого исследования) размера макромолекулы полимера и, как следствие, большего количества образованных водородных связей между молекулами воды и эфирными атомами кислорода полимера (НП).

Список литературы

1. *J. Ortiz, A. Aguado, L. Agulló, T. García, M. Zermelo*. Influence of environmental temperature and moisture content of aggregates on the workability of cement mortar Original Research Article, *Construction and Building Materials*, Volume 23, Issue 5, May 2009, Pages 1808-1814.
2. *Пашкевич С.А., Голунов С.А., Пустовгар А.П., Адамцевич А.О.* Применение противоморозных добавок в базовых штукатурных составах систем фасадной скрепленной теплоизоляции//*Строительные материалы*. – 2011.- №8.
3. *Peter C. Hewlett, PhD, LLD, BSc, CChem, FRSC, FInstMat, FInstConc Tech, FconcSoc*. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete (Fourth Edition)*, 2003, Pages 241-297.
4. *Thomas Matschei, Fredrik P. Glasser*. Temperature dependence, 0 to 40 °C, of the mineralogy of Portland cement paste in the presence of calcium carbonate Original Research Article, *Cement and Concrete Research*, Volume 40, Issue 5, May 2010, Pages 763-777.
5. *Пашкевич С.А., Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Голунов С.А., Шишняну Н.Н.* Исследование формирования поровой структуры цементных систем, твердеющих при пониженных и отрицательных температурах, *Научно-технический журнал Вестник МГСУ*, №3/2012, стр. 115-120.
6. *Пашкевич С.А., Адамцевич А.О., Пустовгар А.П., Соловьев В.Г.* Взаимосвязь прочности и пористости штукатурных растворов СФТК, твердеющих при пониженной положительной и малой отрицательной температуре, *Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: научное издание/Мин-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «МГСУ»* - Москва: МГСУ, 2012, стр. 439-444.
7. *Ушеров-Маршак А.В., Сонов В.П., Златковский О.А.* Физико-химические основы влияния мороза на твердение бетона/ *Науково-практичні проблеми сучасного залізобетона*. Вип.50. - К.: НДІБК, 1999. С. 391-394.
8. *Пашкевич С.А., Голунов С.А., Пустовгар А.П.* Методы испытаний штукатурных фасадных покрытий, твердеющих при отрицательных температурах// *II Академические чтения «Актуальные вопросы строительной физики», посвященные памяти академика Г.Л. Осипова»* - М.: Вестник МГСУ.-2011.-№3.-т.2.

05.13.01

Р.В. Пельмегов

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, rpelmegov@ugtu.net

**ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ
ИЗВЕСТНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ВЫБОРОК**

Работа посвящена развитию научных основ, методов и технологий автоматизированного контроля качества входящего регулярного дискретного сигнала. Предложена конструкция эвристического алгоритма решения задачи контроля качества данных с применением методов восстановления неполных данных. Подробно рассмотрена математика и геометрическая интерпретация методов итерационного моделирования неполных данных с помощью линейных, квазилинейных и самоорганизующихся многообразий малой размерности, используемых в авторской реализации алгоритма.

Ключевые слова: геофизические исследования, контроль качества, итерационное моделирование, автоматизация.

Введение

Качество данных представляет собой один из типов рисков, оценка которого играет значительную роль в проектах включающих построение интерпретационных схем, прогнозов и т.п. Основной особенностью задачи контроля качества данных, как и всех трудноформализуемых задач, является наличие формальной постановки, не имеющей, однако, единого решения. При постановке подобных задач часто используются подходы, построенные как на логических рассуждениях с математическими доказательствами, так и теории искусственных нейронных сетей, где основой является получение результата путем эксперимента. На практике, наиболее приближенным к реальной конечной цели оказывается применение экспертных оценок в сочетании с другими методами оценки качества данных (в основном со статистическими методами).

Постановка задачи

Поставим следующую задачу: на вход вычислителя подается необработанный материал – одномерный дискретный сигнал с фиксированным шагом, являющийся изображением информационного объекта в единицах какого-либо из его параметров. Требуется, руководствуясь материалами, качество которых подтверждено экспертами, оценить качество сигнала. Таким образом сформулированная постановка задачи оказывается близка к теории распознавания образов.

Эксперт не всегда способен оценить важность тех или иных знаний для принятия решения. Накопленный опыт, сложно вербализовать и представить в формализованном виде. В статье «A Hierarchical Approach to Improving Data Quality» [1] присутствует схожая проблематика и постановка. Предлагаемый авторами [1] подход к контролю качества геоинформационных данных основан на сопоставлении изображений одной местности, полученных из разных источников. Критерием качества считаются величины взаимных уклонений пар матриц смежности графов, представляющих наборы данных. Подбор и сопоставление изображений выполняется экспертами вручную, являясь при этом актом формализации их опыта. В работе [2] для проверки качества материалов геофизических исследований скважин авторы применяют способ многоскважинного статистического контроля, основанный на предположении о постоянстве распределения какого-либо геофизического параметра по площади для достаточно выдержанной мощной толщи пластов [3]. При наличии этого условия распределение должно быть схожим в разных скважинах.

Алгоритм решения задачи

Идея предлагаемого метода базируется на представлении о том, что информационный сигнал формирует дискретное изображение информационного объекта. В случае исследования схожих объектов даже существенно отличающиеся по амплитуде и уровню шумов изображения, имеют и сходное содержание. Сравнивая тестируемое изображение с подобранными по содержанию изображениями из имеющейся базы эталонов, являющейся аккумулятором опыта эксперта, можно судить о качестве изучаемого материала. Для определения подобия сигналов обычно применяется некоторая мера расстояния, с помощью которой можно получить численную оценку их сходства. Два сигнала также могут называться подобными, если возможно такое преобразование определяющих параметров, после которых сигналы «выглядят» одинаковыми. Понятие меры сходства широко используется в теории подобия [4, 5, 6], более того, эта задача является одной из основных.

В контексте вышесказанного предлагается следующий критерий эквивалентности изображений и алгоритм вычисления оценки подобия сигналов. В качестве основной характеристики информационного объекта предложено считать морфологический градиент, отображающий перепады сигнала [7]. Для числовой оценки подобия двух сигналов, в этом случае, достаточно вычислить площадь фигуры образуемой взаимными отклонениями кривых градиентов. Для корректного сравнения тестируемого и эталонного сигналов их уровни должны быть нормированы. Это необходимо, поскольку уровни сигналов могут отличаться по мощности вплоть до порядков. Таким образом, разработанный алгоритм вычисления оценки подобия двух сигналов равной длины по критерию содержания имеет следующий вид:

1. Нормирование сигналов по ограничиваемой их кривыми площади;
2. Нахождение градиентов нормированных кривых;
3. Вычисление интеграла модуля разности градиентов.

Для снятия ограничения на протяженность исследуемых объектов предлагается использовать метод локального усреднения показателя, т.н. метод скользящего окна. Критерий подобия рассчитывается в пределах окна, полученное значение присваивается средней точке. Затем в заданном направлении окно перемещается на одну точку, и операция повторяется. Размер окна зависит от характера распределения. Результат подбора участков по разработанному алгоритму представлен на рисунке (Рис. 1).

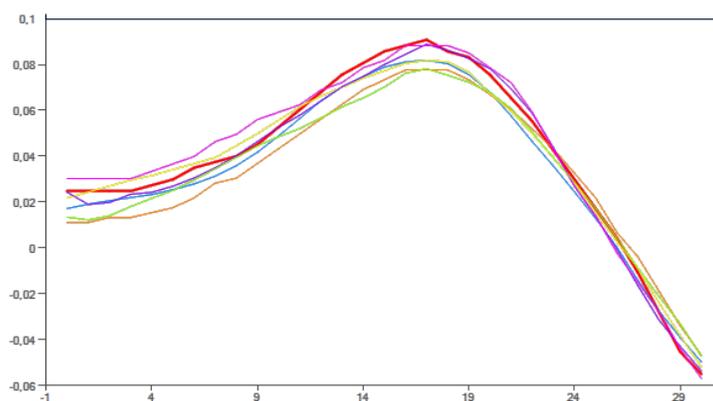


Рис. 1 – Результат подбора похожих участков (10,13 см x 5,69 см)

Следующим этапом предлагаемого метода является исследование тестируемой кривой на предмет выявления особенностей не присущих эталонам. Для нахождения таких особенностей предлагается применение метода итерационного моделирования неполных данных с помощью многообразий малой размерности [8]. Все версии метода трактуется как построение нейросетевого конвейера, решающего задачи:

- заполнение пробелов в данных;

- корректировка значений исходных данных так, чтобы наилучшим образом работали построенные модели;

Алгоритм выявления локальных особенностей кривых на основе методов заполнения пробелов был построен нами следующим образом:

1. Нормирование подобранных кривых по мощности;
2. Удаление участка тестируемой кривой, качество которого подвергается сомнению;
3. Формирование из кривых матрицы (поверхности) с пробелами;
4. Восстановление участка по имеющимся избыточным данным;
5. Вычисление интеграла модуля разности исходной и восстановленной кривой.

Оценка отклонения предстанет числом прямо пропорциональным величине неуверенности системы в качестве данного участка (Рис. 2).

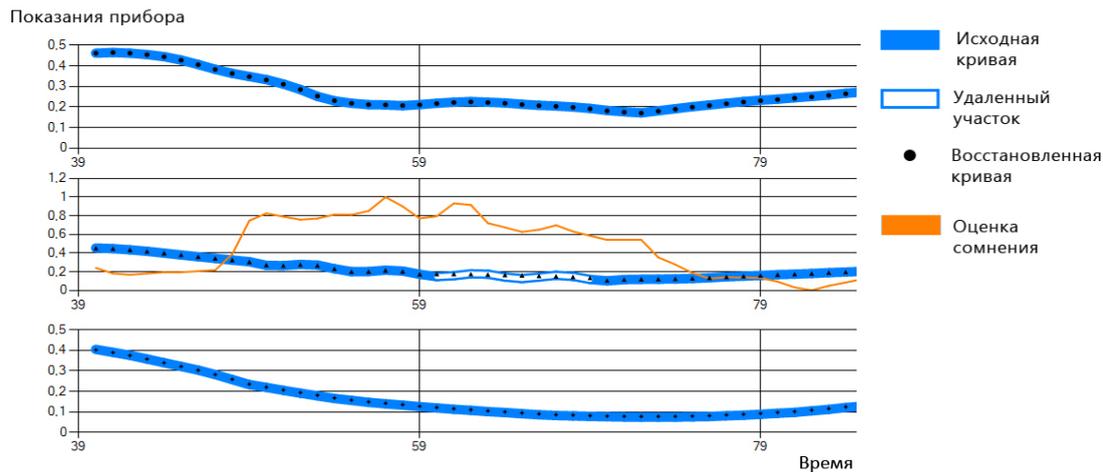


Рис. 2 – Оценка сомнения в качестве участка, искаженного гармоническими колебаниями малой амплитуды (14,76 см x 6,24 см)

С целью улучшения работы используемых методов восстановления данных формирующие матрицу кривые выстраиваются по критерию образования максимально «гладкой» поверхности. Для этого среди всех уникальных комбинаций кривых необходимо выбрать поверхность, обладающую минимальной суммой градиентов.

Экспериментальные результаты

В настоящее время бурение любой скважины обязательно сопровождается комплексом геофизических исследований скважин (ГИС) [9]. Контроль качества первичных материалов экономически эффективно проводить непосредственно при полевых работах. Однако в большинстве случаев эта процедура переносится на этап интерпретации, увеличивая затраты времени и средств на выдачу заключений. Для анализа каротажных данных автором был разработан программно-вычислительный комплекс «Комплекс инструментов для автоматизированного контроля качества данных ГИС» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611497), использующий представленный эвристический алгоритм. При наличии слабых гармонических помех в наблюдениях он, по-видимому, является наиболее предпочтительным. Участки с помехами явно выделялись аномально высоким уровнем несоответствия имеющимся в базе образцам (Рис. 3).

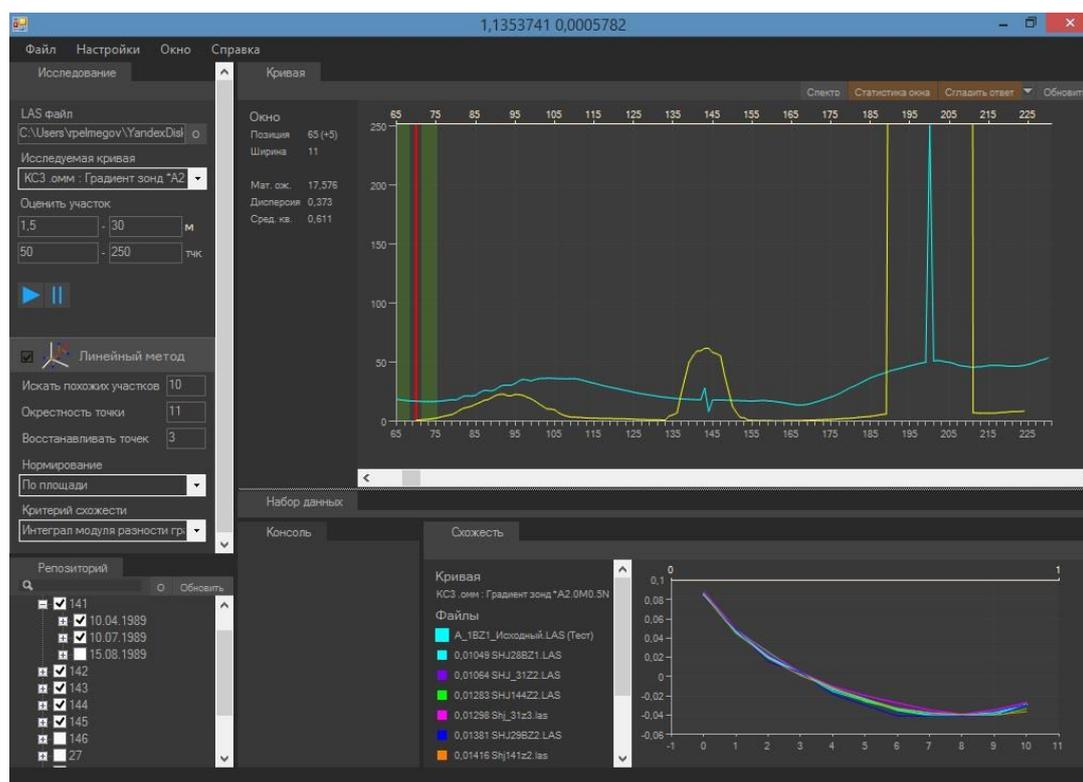


Рис. 3 – Визуализация входных данных и результатов анализа их достоверности (14,31 см x 10,32см)

Список литературы

1. Marcey L. Abate, Kathleen V. Diegert, Heather W. Allen A Hierarchical Approach to Improving Data Quality // *Data Quality Journal*. 1998. V. 4. No. 1.
2. Ботвиновская О.А., Ганичев Д.И., Хамитов И.Г., Хасанова Р.Г. Многоскважинные технологии интерпретации данных ГИС в ОАО «НК «Роснефть». URL:<http://prime.geotec.ru/ROSNEFT.doc> (дата обращения: 4.04.2014).
3. Губерман Ш.А., Овчинникова М.И. Некоторые возможности использования статистических характеристик геологических разрезов // *Изв. АН СССР. Сер. Геофиз.* 1964. № 7. С. 87-94.
4. Веников В.А. Теория подобия и моделирование. М.: Высшая школа, 1968.
5. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд., доп. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 432 с.
6. Герасимато Ф.Г., Теория подобия // *Академия Тринитаризма*. 2013. № 77-6567.
7. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002.
8. Россиев А.А. Итерационное моделирование неполных данных с помощью многообразий малой размерности. Красноярск. 2000.
9. ГОСТ Р 54362-2011 Геофизические исследования скважин. Термины и определения. URL: http://www.sanse.ru/text/GOST_2008.pdf (дата обращения: 4.04.2014).

05.05.04

В.Н. Пермяков, О.А. Новоселов, А.Н. Макарова

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
Институт Транспорта, кафедра сервиса автомобилей и технологических машин,
Тюмень, satm_tsogu@mail.ru

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ Б170М1Б.01В4 ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье рассматривается проблема обеспечения надежности бульдозеров, работающих на отсыпке оснований нефтегазовых объектов. Выявлены типичные отказы. Экспериментально установлены закономерности распределения наработок на отказ элементов ходовой части и двигателя. Показана адекватность гармонической модели, определены численные значения ее параметров.

Ключевые слова: *бульдозеры, надежность, наработка на отказ, нефтегазовые объекты.*

Нефтегазодобывающая промышленность – ведущая отрасль экономики Российской Федерации, обеспечивающая большую долю валового внутреннего продукта. Соответственно от эффективности работы нефтегазодобывающих предприятий зависит решение приоритетных вопросов укрепления обороноспособности страны, перевода экономики на инновационный путь, развития социальной сферы [2].

Существенную роль в обеспечении работы таких предприятий играет транспортно-технологическая система (ТТС). От надежности и эффективности ее функционирования зависят своевременность доставки грузов и персонала, время строительства объектов нефтегазового комплекса, простои бригад ремонта скважин из-за отсутствия или отказа транспортно-технологических машин, а также себестоимость конечного продукта. В то же время существует ряд проблем, в частности – обеспечение технической готовности транспортных и технологических машин.

Важнейший этап строительства нефтегазовых объектов (буровых площадок, цехов добычи нефти и газа, насосных станции, товарных парков и т.д.) – отсыпка оснований. При отсыпке используется комплекс машин, среди которых наиболее массовыми являются бульдозеры.

При поддержании работоспособности бульдозеров необходимо помимо профилактических воздействий устранять отказы, возникающие между техническими обслуживаниями [1]. Для этого необходима производственно-техническая база, персонал, запасные части и материалы [3, 8, 9, 10]. Учитывая, что при отсыпке оснований бульдозеры работают в специфических условиях, для планирования ремонтов необходимо знать фактические значения показателей надежности элементов машин [4]. В качестве таких показателей выбраны наработки на отказ, а также законы их распределения, позволяющие получать вероятностную оценку технической готовности машин и расхода запасных частей [6].

Для установления фактических наработок на отказ проведены экспериментальные исследования надежности бульдозеров, работающих на отсыпке оснований в условиях Ханты-Мансийского автономного округа. Выявлены типичные отказы. Установлено, что наибольшая их доля приходится на ходовую часть: более 8 % - опорные катки; более 7 % – поддерживающие катки. Кроме того, около 5 % отказов приходится на двигатель.

Полученные выборки наработок на отказ обработаны с помощью программы «REGRESS» [7]. Результаты представлены в графическом виде на рис. 1 ... 3.

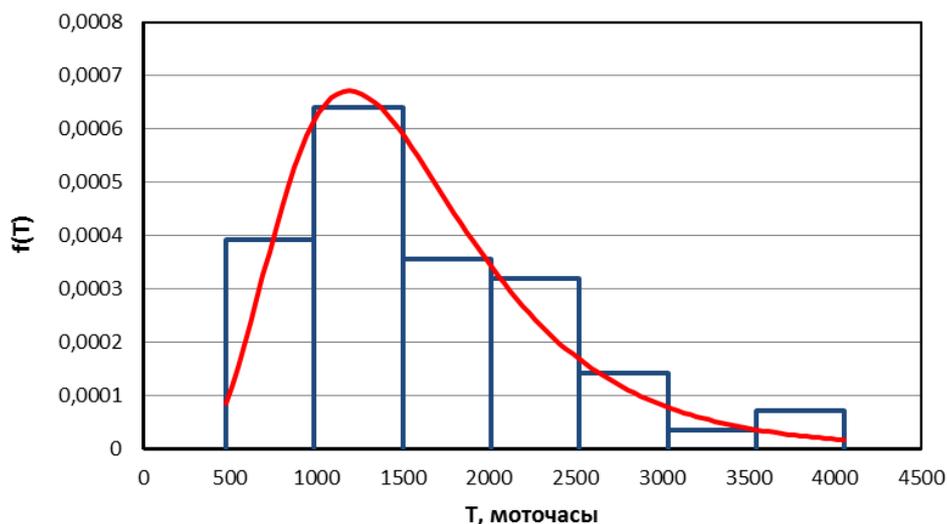


Рис. 1. Распределение наработок на отказ двигателей бульдозеров Б170М1Б.01В4

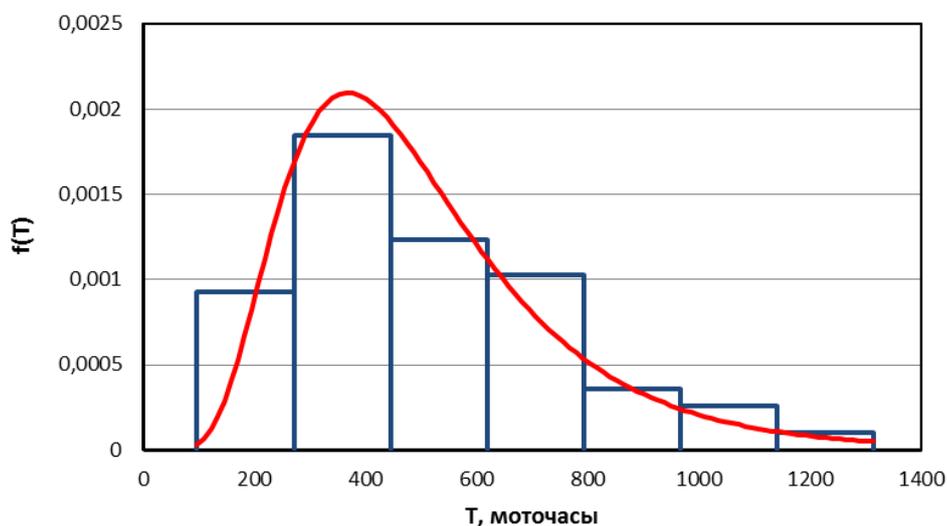


Рис. 2. Распределение наработок на отказ опорных катков бульдозеров Б170М1Б.01В4

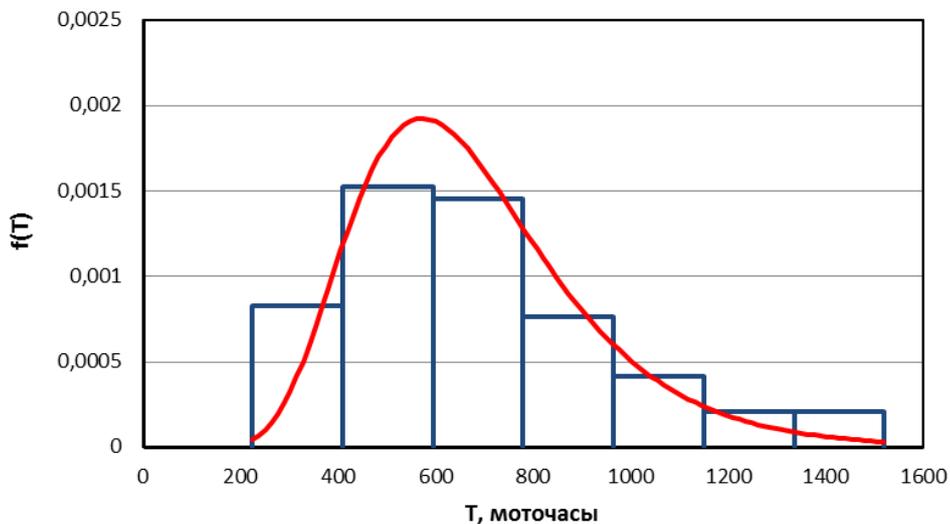


Рис. 3. Распределение наработок на отказ поддерживающих катков бульдозеров Б170М1Б.01В4

Анализ полученных результатов показал следующее.

1. Нарботки на отказ варьируют в широких пределах: значения коэффициента вариации для разных выборок составили от 0,32 до 0,57. Меньшие значения относятся к отказам, реализующимся в результате непрерывных процессов изменения технического состояния [4], а большие – дискретных процессов.

2. Эмпирические распределения нарботок на отказ с вероятностью более 0,95 адекватно аппроксимируются логарифмически нормальным законом (в 34 % случаев) и законом Вейбулла (в 66 % случаев).

3. Полученные распределения позволяют оценить целесообразность профилактических замен элементов машин с целью повышения надежности [5], но для этого необходимо провести дополнительные исследования.

4. На основе полученных результатов можно моделировать поток отказов элементов бульдозеров, что позволит планировать объемы ремонтных работ, потребность в трудовых и материальных ресурсах, запасных частях.

5. Дальнейшие исследования следует направить на установление факторов, определяющих вариацию нарботок на отказ. Знание этих факторов и закономерностей их влияния на надёжность позволит управлять работоспособностью машин и разрабатывать мероприятия по повышению эффективности их использования.

Список литературы

1. Бабаев, С.Г. Надежность нефтепромыслового оборудования [Текст] / С.Г. Бабаев. - М.: Недра, 1987. – 264 с.
2. Захаров, Н.С. Оценка факторов, влияющих на эффективность транспортно-технологического обслуживания процессов нефтегазодобычи [Текст] / Н.С. Захаров, О.А. Новоселов, М.М. Иванкив, А.А. Лушников // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2013. – № 1. – С. 70-75.
3. Захаров, Н.С. Модель восстановления транспортной подсистемы производственных систем нефтегазового комплекса [Текст] / Н.С. Захаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 6. – С. 157.
4. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2000. – 525 с.
5. Захаров, Н.С. Оценка надежности автомобилей с учетом вариации фактической периодичности технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова // Известия Тульского государственного университета. – 2012. – № 12. Ч 2. – С. 186–191.
6. Захаров, Н.С. Использование TP-распределения при моделировании процессов изменения качества автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров // Известия вузов. Нефть и газ. - 1999. - №3. - С. 105-111.
7. Захаров, Н.С. Программа «REGRESS». Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. -52 с.
8. Захаров, Н.С. Влияние сезонной вариации факторов на интенсивность расходования ресурсов при эксплуатации транспортно-технологических машин [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.В. Вознесенский, Л.В. Бачинин, А.Н. Ракитин / Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 1. – С. 75-79.
9. Захаров, Н.С. Влияние неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей на время простоя исполнителей технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, В.Н. Карнаухов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 12-2. – С. 167-173.
10. Зиганшин, Р. Моделирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов [Текст] / Р. Зиганшин, А. Зиганшина, Н. Захаров, В. Савчугов // Логистика. – 2013. – № 4 (77). – С. 50-52.

05.11.01

Р.М. Печерская д.т.н., А.В. Чижов

ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет, факультет электроэнергетики, нанотехнологий и радиоэлектроники, кафедра нано- и микроэлектроники, Пенза, lifting2@mail.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЕРМАЛЛОЕВ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Развита методика измерения максимальной магнитной проницаемости в постоянных магнитных полях. Методика позволяет измерять проницаемость Fe-Ni сплавов с методической погрешностью менее 1% при снижении времени измерения.

Ключевые слова: *магнитомягкие материалы, пермаллой, максимальная магнитная проницаемость, измерение.*

Магнитомягкие материалы, применяемые в технике подразделяются на низкочастотные и высокочастотные [1]. Среди низкокоэрцитивных сплавов выделим железоникелевые (пермаллои), которые по химическому составу в свою очередь бывают низконикелевые (40–50%Ni) и высоконикелевые (72–80%Ni). Основными достоинствами этих сплавов являются необходимые значения начальной и максимальной магнитных проницаемостей в зависимости от применения: экранирование магнитного поля, магнитопроводы трансформаторов и т.д. К тому же легирование молибденом или хромом приводит к повышению их удельного электрического сопротивления, начальной магнитной проницаемости и позволяет заменить «пермаллоиную» термообработку отжигом, что дает существенный экономический эффект. Среди параметров этих материалов наиболее чувствительным к режимам термообработки является максимальная магнитная проницаемость [2].

В настоящее время в России документом, регламентирующим методику измерения параметров магнитомягких материалов в постоянных магнитных полях, в том числе максимальной магнитной проницаемости μ_{\max} , является [3]. В соответствии с ней измерения проводятся на тороидальном образце, предварительно подвергнутом термической обработке – отжигу в вакууме или в водороде по режимам, указанным в сертификате на материал [4]. В [3] предполагается, что максимальная магнитная проницаемость μ_{\max} сплавов с наивысшей магнитной проницаемостью в слабых полях находится в интервале напряженностей поля $(0.5 \div 2) \cdot H_c$, где H_c – коэрцитивная сила по индукции исследуемого материала. Исходя из справочных данных [5], коэрцитивная сила сплавов 79НМ и 80НХС находится в интервале значений $(0.8 - 8)$ А/м. В связи с чем значения максимальной магнитной проницаемости μ_{\max} должны наблюдаться в полях $(0.4 - 16)$ А/м. Так же необходимо учесть, что пермаллои относятся к группе магнитомягких материалов с высокой магнитной проницаемостью в слабых магнитных полях $H \leq 8$ А/м.

Определение μ_{\max} в приведенном диапазоне напряженности поля сводится к итерационному измерению не менее десяти значений магнитной индукции при соответствующих полях. Такой подход снижает вероятность ошибочного измерения μ_{\max} , что приводит к повышению методической погрешности. При этом [3] не нормирует относительную погрешность измерения μ_{\max} .

С целью корректировки диапазона напряженности поля, в котором находится действительное значение μ_{\max} , в работе исследованы параметры 50 образцов сплавов 79НМ и 80НХС, μ_{\max} которых укладывалась в диапазон $(1.2 - 3.0) \cdot 10^5$. Диапазон значений $\mu_{\max} \leq 1.2 \cdot 10^5$ исследованию не подвергался, поскольку участок перегиба магнитной проницаемости принимает более пологий и вытянутый вид, что существенно снижает

вероятность методической ошибки измерения. С учетом этого в данной работе рассматривается диапазон магнитного поля H (0.7 – 1.6) А/м.

Статистика результатов измерений подтверждает нахождение значения μ_{max} в диапазоне (0.7 – 1.6) А/м (рис. 1). При этом приведенную зависимость можно считать линейной.

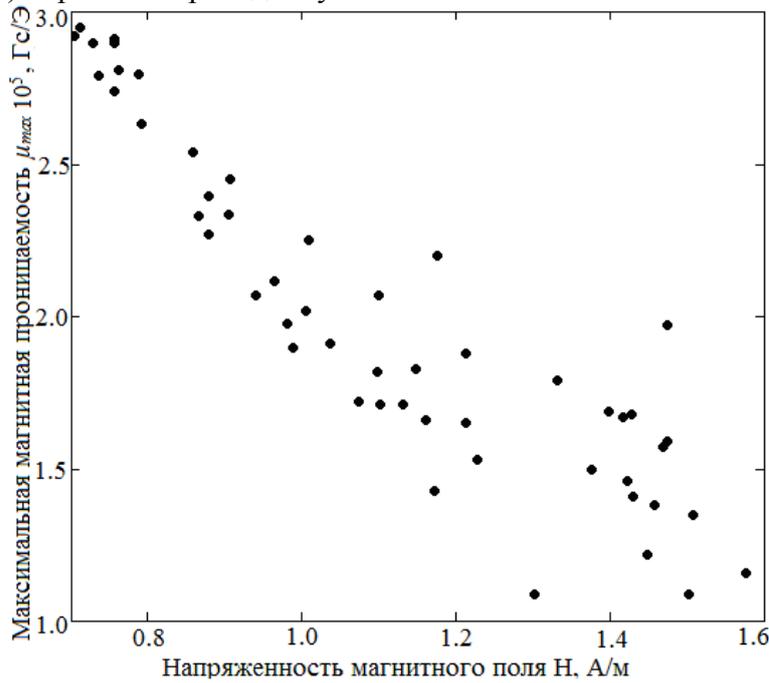


Рис. 1 – Распределение μ_{max} исследованных образцов

Анализ результатов показывает, что для снижения методической погрешности μ_{max} до уровня менее 1% необходимо в интервале (0.7 – 1.6) А/м задавать шаг изменения поля намагничивания в интервале (0.01 ÷ 0.05) А/м. С целью гарантированного нахождения значения μ_{max} , расширим диапазон напряженности магнитного поля до (0.65 – 1.65) А/м. На рисунке 2а показан участок перегиба кривой проницаемости, измерение которого проводилось с шагом изменения поля намагничивания, равным 0.01 А/м. Стоит учесть, что уменьшение шага изменения поля приводит к увеличению числа измеряемых точек и как следствие к росту времени на измерение, зависимость которого отображает кривая 1 (рис. 2,б), но при этом происходит снижение методической погрешности измерения – кривая 2 (рис. 2,б).

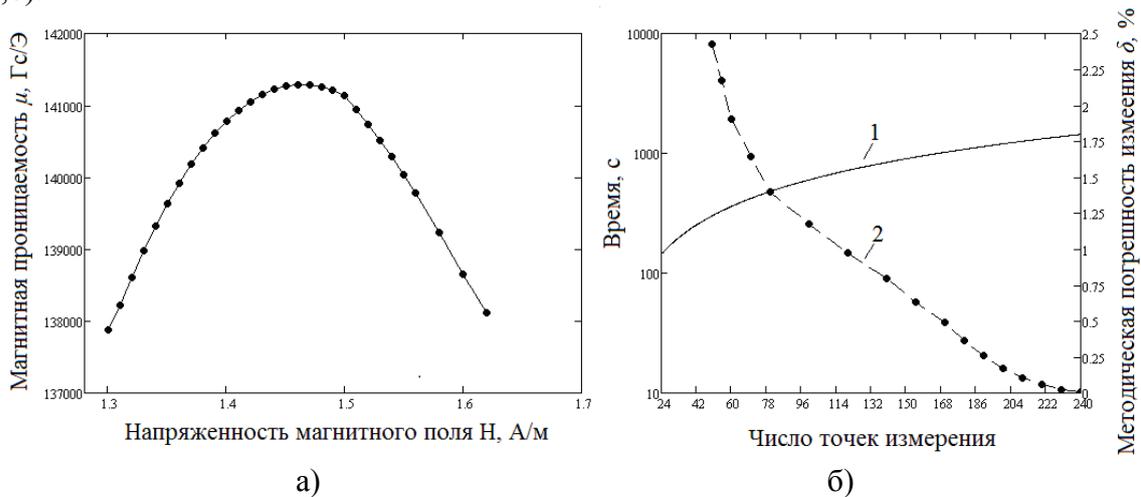


Рис. 2 – Результаты измерения магнитной проницаемости пермаллоя: а – участок перегиба кривой проницаемости; б – зависимость времени измерения (1) и методической погрешности (2) от числа точек

Значения напряженности поля ($0.01 \div 0.05$) А/м являются относительно малыми и поэтому накладывают свои ограничения на задаваемый ток намагничивания, поскольку напряженность магнитного поля H , А/м и ток намагничивания I , А связаны зависимостью:

$$I = \frac{\pi \cdot H \cdot (D_n + D_{вн})}{2 \cdot W_1}, \quad (1)$$

где W_1 – число витков обмотки намагничивания;

D_n и $D_{вн}$ – наружный и внутренний диаметры, м, соответственно.

Как видно из формулы, на ток намагничивания оказывают влияние также геометрические размеры образца и число витков намагничивающей обмотки. Для определения их оптимальных значений рассмотрим зависимость тока намагничивания от числа витков и среднего диаметра образца, при этом стоит оговориться, что наиболее предпочтительными являются наибольшие значения тока намагничивания, так как снижаются требования к используемой измерительной аппаратуре.

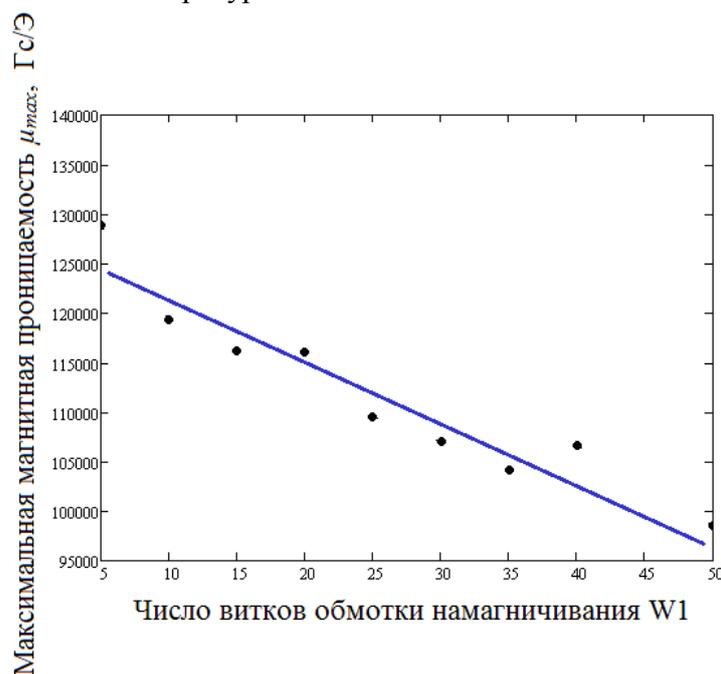


Рис. 3 – Зависимость μ_{max} от числа витков обмотки намагничивания W_1

Анализ результатов эксперимента показывает (рис. 3), что увеличение числа витков обмотки намагничивания приводит к падению измеренной ЭДС вторичной обмотки образца и, как следствие, уменьшению магнитного потока и проницаемости. Согласно (1) с уменьшением W_1 ток намагничивания будет возрастать.

Варьирование величиной среднего диаметра так же позволяет на порядок увеличить ток намагничивания. На рисунке 4 представлены зависимости среднего диаметра образца и изменения тока намагничивания в зависимости от шага напряженности поля. Ограничение в рассмотренном диапазоне среднего диаметра обусловлено тем, что с увеличением радиальной ширины образца снижается однородность магнитного поля и магнитной индукции по сечению образца [6].

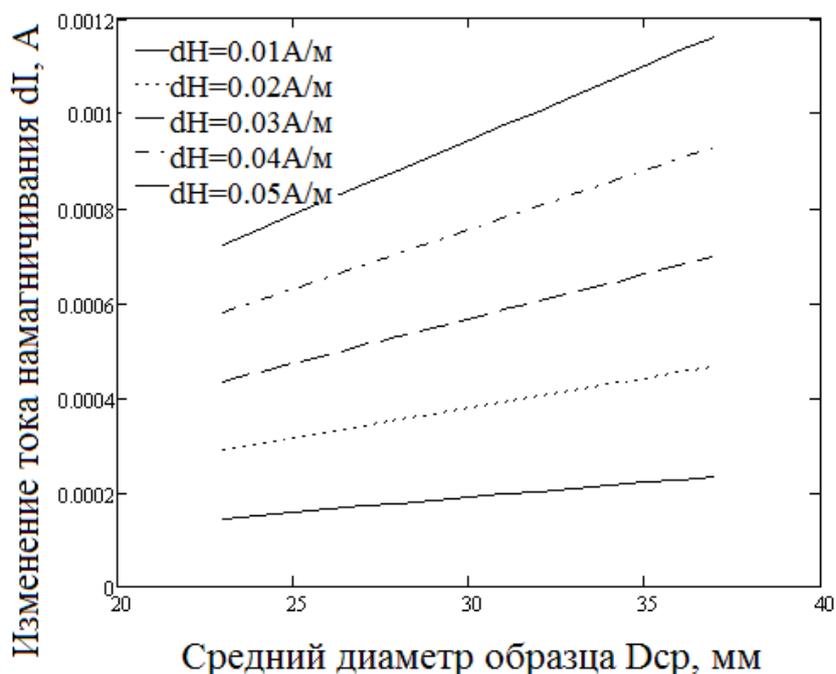


Рис. 4 – Зависимость изменения шага тока dI , А от среднего диаметра образца D_{cp} , мм

Из приведенных экспериментальных данных следует, что наиболее оптимальными являются диаметры образца $D_{вн}=35$ мм и $D_{н}=39$ мм и число витков намагничивающей обмотки $W_1=5$, а так же шаг изменения поля $dH=0.025$ А/м, что соответствует шагу изменения тока $dI=0.00058$ А.

Поскольку область нахождения значения μ_{max} заранее неизвестна, то с учетом оговоренного условия диапазон поля (0.65 – 1.65) А/м разбиваем на 41 интервал, что существенно увеличивает время измерения. Поэтому необходимо провести предварительное измерение, по результатам которого определяется диапазон нахождения истинного значения μ_{max} . С этой целью произведем разбиение по геометрической прогрессии со знаменателем $q=1000$. Такой способ дает максимальную плотность точек на начальном участке кривой, в котором находится искомое значение μ_{max} . Используя значение напряженности поля H_0 , соответствующее предварительно измеренному значению μ_{max} , получаем диапазон поля $(0.9 - 1.1) \cdot H_0$, в котором в дальнейшем будет проведено окончательное измерение для уточнения μ_{max} .

Выводы:

1. Данная методика измерения магнитной проницаемости позволяет измерять значение максимальной магнитной проницаемости μ_{max} высоконикелевых пермаллоев 79НМ и 80НХМ с методической погрешностью менее 1%, а так же дает возможность применять ее для измерения μ_{max} других сплавов, максимальная магнитная проницаемость которых находится в диапазоне полей (0.65 – 1.65) А/м.

2. Методика позволяет повысить достоверность результатов измерения параметров магнитомягких материалов на измерительно-вычислительном комплексе «Измеритель параметров магнитомягких материалов ММ50А»[7].

Список литературы

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учеб. для студ. вузов по спец. электронной техники, 3-е издание – СПб.: «Лань», – 2001. – 368с.
2. Мишин Д.Д. Магнитные материалы: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», –1991. – 384с.
3. ГОСТ 8.377–80. Материалы магнитомягкие. Методика выполнения измерений при определении статических магнитных характеристик. – М.: Издательство стандартов, –1986. – 21с.
4. Матюк В.Ф., Осипов А.А. Измерение магнитных характеристик магнитомягких материалов при квазистатическом перемагничивании // Неразрушающий контроль и диагностика. –2011. – № 4. – С.3–34
5. ГОСТ 10160–75. Сплавы прецизионные магнитомягкие. Технические условия – М.: Издательство стандартов. –2004. – 47с.
6. Сандомирский С.Г. Анализ погрешности измерения магнитной проницаемости ферромагнитного материала в открытой магнитной цепи // Измерительная техника. –2010. – № 9. – С.57–61.
7. Вареник Ю.А., Метальников А.М., Рябов Д.В., Чижов А.В. Автоматизированная установка для исследования магнитомягких материалов // Университетское образование: сб. статей XVI Международной науч.-метод. конференции. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, –2012.– С.176–177.

05.22.10

А.В. Писцов, Ю.А. Эртман, Л.Г. Резник

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
институт транспорта, кафедра эксплуатации автотранспорта,
Тюмень, simplewhite@bk.ru

ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ К УДОВЛЕТВОРЕНИЮ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА В ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ

В статье обоснована актуальность исследований на тему повышения эффективности работы регулируемых пересечений в переменных условиях городского движения, а также установлена возможность применения понятия «приспособленность» применительно к удовлетворению транспортного спроса.

Ключевые слова: дорожное движение, приспособленность, транспортный спрос, регулируемое пересечение.

Транспортные системы городов и междугородняя дорожная сеть – неотъемлемая часть инфраструктуры страны. Совершенствование транспортной сети повышает качество жизни людей в целом, снижает затраты на перевозку, улучшает экологическую обстановку.

В настоящее время нагрузка на улично-дорожную сеть часто не соответствует ее пропускной способности, заложенной при проектировании. В таком случае наблюдается ярко выраженный связанный режим движения и возникновение заторов. Реконструкция, строительство дорог и транспортных развязок, применение методов вертикальной сегрегации транспортных и пешеходных потоков являются трудоемкими и затратными решениями проблемы. Таким образом, ежегодно наряду с ростом автомобилизации в городах наблюдается увеличение времени доставки грузов и пассажиров, падение скоростей сообщения, увеличение неравномерности транспортного движения, непроизводительных задержек, рост экологического воздействия транспорта и аварийности [2].

Основная сложность процесса управления дорожным движением заключается в присутствии фактора неравномерности интенсивности транспортных и пешеходных потоков. Ввиду наличия этого фактора на регулируемых пересечениях, например, жесткий цикл светофорной сигнализации не всегда оправдан.

Неравномерность дорожного движения обусловлена влиянием совокупность повторяющихся факторов, поддающихся анализу и прогнозированию, и случайных факторов, анализ и прогнозирование которых затруднен или невозможен.

Таким образом, примерами факторов, оказывающих влияние на неравномерность дорожного движения, являются:

- суточные и сезонные колебания интенсивности, скорости и плотности движения;
- изменение месторасположения объектов поглощения и образования транспортных и пешеходных потоков;
- суровые погодные-климатические и организационные условия;
- изменение схем движения маршрутного транспорта;
- другие изменения организации дорожного движения.

Разные регулируемые пересечения проявляют различный уровень пропускной способности под воздействием одних и тех же внешних факторов, т.е. степень влияния этих равных факторов не равна по силе их воздействия на каждом перекрестке. Значит, к регулируемому пересечению, как к сложной системе, применимо понятие приспособленности.

В настоящее время существуют два основных подхода к определению приспособленности (адаптации) сложной системы.

В первом подходе, распространенном в социологии, биологии, математике и кибернетике, адаптация (приспособленность) рассматривается как *процесс управления* объектом для его оптимизации в условиях неопределенности изменений внешней среды [4].

Во втором подходе, лежащем в основе научной школы профессора Л.Г. Резника [5], приспособленность (адаптация) определяется как *объективное свойство* сложной технической системы сохранять значения показателей эффективности и качества на требуемом номинальном уровне при отклонении значений влияющих факторов условий функционирования от стандартных [6].

В данном подходе интересующий нас объект – сложная система – рассматривается в пространстве состояний, в каждое из которых объект приходит самостоятельно, реагируя на воздействие внешней среды, независимо от воли «субъекта», выступающего в роли стороннего наблюдателя. Объект может обладать свойством приспособленности в большей или меньшей степени. Способен ли «наблюдатель» изменить приспособленность объекта, могут ли такие цели быть заданы – такой смысловой нагрузки определение не несет.

Несмотря на явное различие в подходах, они не являются взаимоисключающими. Однако требуется определить, в каком случае речь идет об адаптации с точки зрения *процесса*, а в каком – с позиции *свойства*. Применительно к процессу взаимодействия транспортных и пешеходных потоков приспособленность можно определить как **свойство системы ОДД сохранять значения характеристичных показателей на номинальном уровне при изменении интенсивностей транспортных и пешеходных потоков** [7].

Однако применение понятия интенсивности очень ограничено, так как интенсивность не может характеризовать реальную потребность в перевозках на определенном участке УДС, которую удовлетворяет (или не может удовлетворить) его пропускная способность. Для характеристики общей потребности в проезде (пересечении) участка УДС транспортными потоками целесообразно использование понятия «транспортный спрос».

В экономике термин «спрос» обозначает удовлетворение потребностей. Применительно к транспорту спрос определяется как удовлетворение потребностей людей в перемещении в пределах области, города, района. Таким образом, транспортный спрос вызван разделением человеческих потребностей, для удовлетворения которых используется какой-либо транспорт [1].

Выбор модели расчета транспортного спроса зависит от целей исследования. Так, например:

- «стандартные» модели для стратегических прогнозов.
- модели, основанные на результатах замеров/исследований транспортных/пассажирских потоков.
- относительно «жестко» предопределенные события [3].

В моделировании дорожного движения вся транспортная инфраструктура с ее особенностями называется **транспортным предложением**. Это предложение включает в себя непосредственно улично-дорожную сеть, системы регулирования и другие технические средства организации дорожного движения, работу общественного транспорта.

Транспортное предложение призвано удовлетворять транспортный спрос на определенном участке, а количественной оценкой удовлетворения транспортного спроса может служить время в пути или время ожидания, зависящее от входящей интенсивности движения и пропускной способности отрезка или группы отрезков.

Переменный характер транспортного спроса на отдельно взятом участке приводит к необходимости оценки того, насколько хорошо данный участок реагирует на изменение спроса во времени. Для такой оценки можно использовать понятие приспособленности.

В моделировании транспортного спроса и предложения **объектом** исследования выступает дорожное движение, а **предметом** – процесс дорожного движения на конкретном регулируемом пересечении.

Даже кратковременное изменение транспортного спроса приводит к увеличению непроизводительных задержек. Это происходит ввиду относительного постоянства транспортного предложения, которым обладает объект. С другой стороны, при изменении транспортного предложения – спрос тоже будет подвержен изменениям: на стадии разделения будет наблюдаться влияние на выбор транспорта, на стадии перераспределения – выбор пути.

Для повышения точности прогнозных оценок на всех этапах развития, планирования и реконструкции улично-дорожной сети необходимо применение моделирования дорожного движения. Моделирование позволяет оценить эффективность мер по реконструкции улично-дорожной сети, организации дорожного движения и, таким образом, рассчитывать приоритеты по применению предлагаемых мероприятий в условиях ограниченного бюджетирования.

Определение приспособленности участка сети на этом этапе позволит оценивать уровень эффективности и целесообразности введения мер по совершенствованию дорожного движения. Участки УДС с низкой степенью приспособленности при использовании любых организационных мероприятий не смогут удовлетворить высокое значение транспортного спроса, аналогичным образом, высокий уровень приспособленности позволит обоснованно использовать ресурсы для повышения эффективности участка.

Обобщая все вышеописанное, можно сформулировать гипотезу исследования: **степень изменения уровня удовлетворения транспортного спроса под воздействием одних и тех же внешних факторов на различных пересечениях будет отличаться, что будет свидетельствовать об их различном уровне приспособленности.**

Таким образом, целью исследования является **разработка методики оценки приспособленности участков УДС к переменным факторам дорожного движения.**

Список литературы

1. Лозе, Д. Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для личного и служебного автотранспорта - обзор теорий моделирования [Текст] // Дрезденский Технический Университет: 2007.– С. 2.
2. Немирович, Я.Э., Анисимов, И.А. Обоснование применения технических средств организации дорожного движения на пешеходных переходах [Текст] // Научно-технический вестник Поволжья, №6, 2013. – С. 384-387.
3. Прохоров, А.В. Взгляд на современное транспортное моделирование в России с точки зрения реальных проектов – примеры, задачи, перспективы [Презентация] // Математическое моделирование транспортных потоков, 2013.– С. 5.
4. Растрюгин, Л.А. Адаптация сложных систем [Текст] // Рига: Знание, 1981.– С. 375.
5. Резник, Л.Г., Ромалис, Г.М., Чарков, С.Т. Приспособленность автомобилей к низким температурам воздуха [Текст] // Тюмень: ТГУ, 1985. – С. 104.
6. Эртман, С.А. Приспособленность автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей // Автореферат дисс... канд.техн. наук / Тюмень: ТюмГНГУ, 2004 – 16 с.
7. Эртман, Ю.А., Эртман, С.А. К вопросу о лексической содержательной области применения понятий «приспособленность» и «адаптация» сложных систем [Текст] // Проблемы эксплуатации систем транспорта, ТюмГНГУ, 2009.– С. 124.

05.02.23

А.К. Погодаев, К.В. Дождиков

Липецкий государственный технический университет, факультет автоматизации и информатики, кафедра прикладной математики, Липецк, kirillvladdo@yandex.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТА

В статье рассматривается методика анализа бизнес-процесса, которая на основе декомпозиции продукта и бизнес-процесса его производства позволяет оценить эффективность процессов с точки зрения качественных показателей продукта и его компонент, влияющих на ценностные характеристики продукта и его конкурентоспособность. Бизнес-процесс производства продукта представлен в виде древовидного графа, вершины которого соответствуют моментам окончания процессов формирования компонент продукта и их качественных характеристик.

Ключевые слова: бизнес-процессы, конкурентоспособность продукции, качественные характеристики, компоненты продукта, древовидный граф.

В настоящее время существует множество методов оценки и повышения эффективности предприятия на основе моделей делового совершенства, например, Э. Деминга, М. Болдриджа и Европейского фонда управления качеством (ЕФУК). Процедура повышения эффективности предприятий достаточно подробно описана в работах [1,2]. Согласно этим подходам одним из главных показателей эффективности предприятий является высокая конкурентоспособность выпускаемой продукции. Одним из используемых методов учета потребительских требований в процессе производства продукции является Quality Function Deployment (Развертывание функций качества) [3]. Логика взаимосвязей между различными параметрами продукта, используемая в этом методе, была положена в основу предлагаемого подхода к анализу эффективности производства предприятия.

Ценностные характеристики продукта, отражающих пожелания потребителя к его качеству, от которых зависит спрос на этот продукт, определяют восприятие продукта потребителем на рынке и могут быть представлены в виде множества:

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n\}, \quad (1)$$

где n – число значимых для рынка ценностных характеристик рассматриваемого продукта.

В результате проведения процедуры ранжирования каждому элементу множества P присваивается ранг, и таким образом формируется множество R , каждый элемент которого количественно характеризует соответствующий элемент множества P :

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n\}. \quad (2)$$

Затем необходимо определить состав множества K технических характеристик рассматриваемого продукта, которые в рамках предлагаемого подхода для анализа эффективности процессов предприятия можно рассматривать как показатели его качества:

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_m\}, \quad (3)$$

где m – количество технических характеристик продукта.

Очевидно, что элементы множеств P и R связаны с элементами множества K и определяются их количественными характеристиками. Множество K является, в свою очередь, подмножеством всех технических характеристик продукта K_0 . В него входят элементы, принадлежащие различным подмножествам K_i множества K_0 , выделенным по классификационным признакам: показатели надежности, назначения, технологичности, экологические, эстетические и т.д. Выбор номенклатуры показателей качества, представляющих элементы множества K , осуществляется в несколько этапов. Прежде всего, устанавливают группу продукции в соответствии с общей классификацией промышленной продукции по назначению и условиям применения. Затем выбирают те технические

характеристики, которые наиболее сильно связаны с потребительскими требованиями и поэтому являются наиболее значимыми для рассматриваемого продукта. Для осуществления этой процедуры можно использовать подходы, приведенные в работе [4]

С другой стороны, на основе анализа функций продукта с использованием методов функционально-стоимостного анализа [5], с точки зрения ценности для потребителя можно выделить множество значимых технических характеристик, определяющих основные функции продукта, их принадлежность к полезным и вредным функциям различных уровней и ветвей рассматриваемой классификации.

Следующим этапом анализа является процедура установления взаимосвязей между элементами множества ценностных характеристик продукта и элементами множества его качественных параметров. Для определения показателя значимости каждого элемента множества K технических характеристик продукта сначала необходимо определить характерное множество L_i ценностных характеристик продукта, являющееся подмножеством множества P .

$$L_i = \{l_{i1}, l_{i2}, \dots, l_{ij}, \dots, l_{it}\}, \quad (4)$$

где t – количество технических характеристик продукта, определяющих конкретную ценностную характеристику продукта L_i .

Для каждого элемента множества L_i , в свою очередь, необходимо определить значение параметров связанности e_{ij} с качественными характеристиками продукта, которые в совокупности образуют множество E_i . Элементы выделенных таким образом множеств E_i принимают значения уровней связанности из множества EN нормативных значений. Это позволяет описать взаимосвязь между элементами множеств K и P в виде двумерной матрицы $M[n, m]$, значения элементов которой принадлежат к множествам E_i . Для определения значений элементов целевого множества значимости технических характеристик V необходимо множество R , представленное в виде вектор-строки, умножить на матрицу $M[n, m]$:

$$V = R * M[n, m], \quad (5)$$

где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$.

Затем необходимо провести процедуру нормирования элементов множества V для получения коэффициентов относительной значимости α_i каждого показателя качества продукта для их ранжирования.

На следующем этапе в результате декомпозиции продукта необходимо выделить множество W основных компонентов продукта:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}. \quad (6)$$

Для каждого компонента характерны множества Kw_i его качественных характеристик, которые обеспечивают необходимый уровень показателей K всего продукта. Чтобы идентифицировать связь качественных характеристик компонентов продукта и качественных характеристик всего продукта, необходимо задать матрицы корреляции $Mw_i[m, n_i]$, описывающие связи между компонентами множества K и Kw_i , и которые по своей структуре аналогичны введенной в рассмотрение ранее матрице $M[n, m]$.

Далее необходимо определить по аналогии с вектором V векторы Vw_i значимости элементов множеств Kw_i следующим образом:

$$Vw_i = V * Mw_i[m, n_i], \quad (7)$$

Дальнейшая декомпозиция продукта и определение значимости качественных характеристик его компонент соответствующего уровня декомпозиции проводится аналогично по описанной выше методике. Результатом этих процедур является определение количественных оценок значимости отдельных качественных характеристик компонентов изделия на различных уровнях декомпозиции в формировании общего уровня соответствия изделия требованиям потребителя. Для этого основной бизнес-процесс необходимо разбить на подпроцессы формирования компонент продукта с соответствующими качественными характеристиками, значимыми для продукта в целом. Это предполагает представление бизнес-процесса таким образом, чтобы конец каждого подпроцесса соответствовал моменту

времени, ранее которого измерение той или иной качественной характеристики невозможно или нецелесообразно. Следовательно, каждому компоненту продукта в однозначное соответствие ставится процесс его формирования. Результатам этого процесса соответствуют определенные по описанной выше процедуре значимые качественные характеристики этого компонента с точки зрения потребительской ценности всего продукта. Сам процесс можно представить древовидным графом. Корневой вершине этого графа соответствует момент времени, когда продукт полностью изготовлен и сформированы качественные характеристики, которые обеспечивают потребительскую ценность. Вершины графа описывают моменты окончания последовательно выполняемых подпроцессов, входящих в состав рассматриваемого бизнес-процесса. Поэтому каждой вершине этого корневого дерева можно поставить в однозначное соответствие связанные с ценностными характеристиками продукта качественные характеристики его компоненты. Этой же вершине в однозначное соответствие можно поставить значение затрат процесса на формирование компоненты и связанной с ней функции.

Таким образом, использование предлагаемой методики анализа дерева бизнес-процесса, построенного описанным выше образом, позволяет оценить каждый подпроцесс и весь бизнес-процесс производства продукта в целом с точки зрения уровней качественных показателей компонент и функций продукта, влияющих на ценностные характеристики продукта. Кроме того, эта методика позволяет также путем совместного рассмотрения затрат в каждом процессе и качественных характеристик компонент продукта в виде интегрального качественно-стоимостного показателя для каждого процесса оценить конкурентоспособность продукта.

Список литературы

1. *Погодаев А.К., Глухов А.И.* Определение стратегии развития компании на основе принципов всеобщего управления качеством // Известия ТулГУ. Серия: Машиностроение, системы приводов и детали машин. Спец. вып. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. С. 210-216.
2. *Погодаев А.К., Глухов А.И.* Автоматизированная система оценивания деятельности организаций на основе модели делового совершенства // Системы управления и информационные технологии. 2006. N2(24). С.70-74.
3. *Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И. и др.* Всеобщее управление качеством.- М.: Радио и связь, 1999.-600 с.
4. *Погодаев А.К., Глухов А.И.* Применение методов экспертного оценивания деятельности предприятий // Информационные технологии моделирования и управления. – 2006. - №7(32). – С. 800-806.
5. *Ефимов В.В.* Улучшение качества продукции, процессов, ресурсов. – М.: КНОРУС, 2010-240 с.

05.23.01

М. Прокич

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,
кафедра Металлических конструкций, Москва, prokic@mail.ru

АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ НА КРУЧЕНИЕ

В статье выполнен расчет тонкостенных стержней открытого профиля на кручение в современных вычислительных комплексах. Проведен анализ сходимости численных результатов с теоретическими решениями в зависимости от сетки разбиения модели на конечные элементы. Даны рекомендации к выбору сетки разбиения расчетной модели.

Ключевые слова: *сетка разбиения на конечные элементы, тонкостенные стержни открытого профиля, кручение, угол поворота, секториальные напряжения.*

При проектировании строительных металлических конструкций, выполняя подбор сечений несущих элементах, выбор часто останавливают на тонкостенных стальных стержнях открытого профиля. Такие стержни в ряде случаев могут испытывать крутящие воздействия, которое часто не удается исключить из работы. При кручении тонкостенных стержней открытого профиля из-за стеснения деформации сечения возникают дополнительные напряжения, которые вносят существенный вклад в суммарные напряжения. Несущая способность стержней при стесненном кручении изучена только для ряда отдельных случаев и в основном в упругой стадии работы материала. Расчет тонкостенных стержней открытого профиля с учетом пластических деформаций позволит более корректно определить их несущую способность и требует дальнейшего исследования, так как за счет пластических деформаций имеются определенные резервы несущей способности, выявление которых представляет значительный практический интерес. Разработка методики расчёта тонкостенных стержней с учётом развития пластических деформаций позволит повысить надежность проектирования металлических конструкций.

Для решения поставленной задачи предполагается проведение экспериментальных и численных исследований работы тонкостенных стержней открытого профиля с учетом стесненного кручения. Численные исследования будут выполняться с использованием современных вычислительных комплексов, основанных на методе конечных элементов. При расчете в таких комплексах точность результатов обусловлена плотностью сетки разбиения на конечные элементы. Для оценки точности полученных численных решений, исследована сходимость результатов в зависимости от сетки разбиения на конечные элементы. Рассматривалась возможность использования для указанной задачи расчетных комплексов ANSYS и NASTRAN. При использовании программного комплекса ANSYS стержень моделировался объемными конечными элементами, а в программном комплексе NASTRAN моделировался конечными элементами оболочки. Результаты полученные в программных комплексах также сравнивались с решениями полученными по теории Власова В.З.[1].

Рассматривалась тестовая задача - кручение балки двутаврового профиля 30Ш1 (ANSYS) и 50Б3 (NASTRAN), длиной 3 м. На опоре балка жестко закреплена, на другом конце к ней приложен крутящий момент 1,45 кН·м, 4 кН·м соответственно.

На рис.1.а показана расчетная схема, а на рис.1.б модель балки в программном комплексе ANSYS.



Рис. 1.а

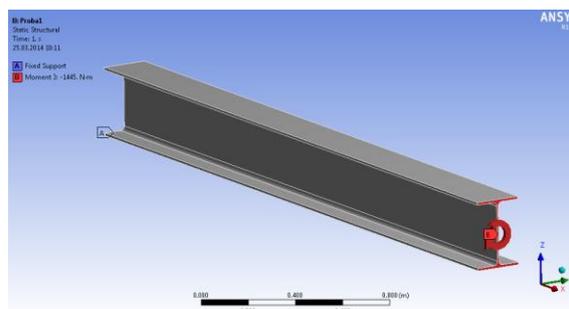


Рис. 1.б

Для частного случая консольной балки загруженной на конце крутящим моментом получены следующие зависимости[2].

Уравнение упругой линии углов закручивания:

$$\theta(x) = \frac{M}{k^3 \cdot EI_{\omega} \cdot ch kl} [kx \cdot ch kl - sh kl + sh k(l-x)] \quad (1)$$

$$B_{\omega}(x) = -Ml \frac{sh k(l-x)}{kl \cdot ch kl} - \text{изгибно-крутящие бимоменты;} \quad (2)$$

При выполнении численных расчётов значения бимомента в заделке определялись по значениям напряжений полученных в программных комплексах. Для этого пользовались зависимостями:

$$\sigma_{\omega} = \frac{B_{\omega} \cdot \omega}{J_{\omega}} \rightarrow B_{\omega} = \frac{\sigma_{\omega} \cdot J_{\omega}}{\omega}$$

Нормальные напряжения σ_{ω} в тонкостенном стержне по толщине сечения распределяются равномерно. Что касается закона распределений по срединной поверхности сечения, они соответствуют закону секториальных координат ω с полюсом в центре изгиба[3-5].

Так как $\sigma_{\omega} = \frac{B_{\omega} \cdot \omega}{J_{\omega}}$, а $\frac{B_{\omega}}{J_{\omega}} = const$ то эпюра главных секториальных координат показана на рис. 2, будет в некотором масштабе являться и эпюрой распределения секториальных нормальных напряжений.

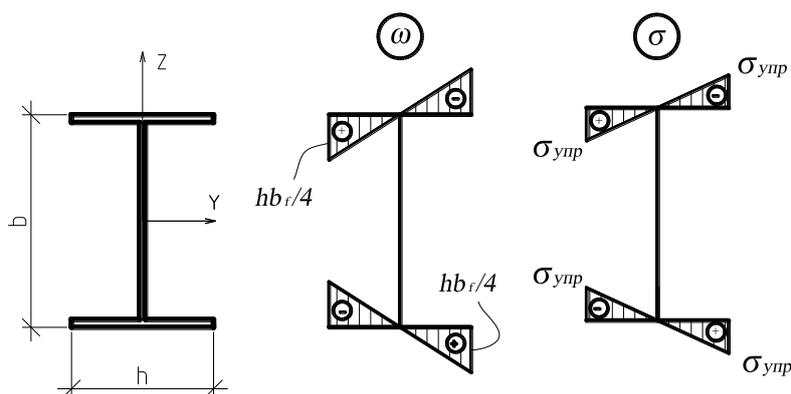


Рис. 2 Эпюра секториальных координат и нормальных напряжений

Геометрические характеристики сечений определяются по известной методике для тонкостенных стержней открытого профиля [1,2].

Момент инерции при чистом кручении принимается равным

$$I_t = \frac{1}{3} \sum (b_i t_i^3) \quad [6].$$

Секториальный момент инерции для двутаврового сечения будет равен

$$I_{\omega} = \frac{t_f b_f^3 (h_w + t_f)^2}{24}$$

Таблица 1 - Геометрические характеристики сечения

Тип сечения	h, см	h _w , см	t _w , см	b _f , см	t _f , см	l, м	w, см ²	I _t , см ⁴	I _w , см ⁶	GI _t , кН·м ²	EI _w , кН·м ⁴	k, м ⁻¹	kl
30Ш1	30	27.80	0.80	20.00	1.10	3.0	144.5	22.49	306244	17.768	63.086	0.531	1.592
50 БЗ	50	46.80	1.00	20.00	1.60	3.0	1249365	70.21	1249365	55.469	257.369	0.464	1.393

Угол закручивания, нормальные напряжения в крайних точках полок и изгибно-крутящий бимомент в сечении стержня в заделке определены по формулам (1), (2) и результаты для данных стержней представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты теоретических вычислений

Тип сечения	Угол закручивания конца консоли, рад	Момент, кН·м	Угол закручивания конца консоли, град	Бимомент, кН·м ²	Напряжения на конце консоли σ, кН/см ²
30Ш1	0.1029	1.445	5.9000	2.5063	11.8257
50 БЗ	0.0791	4.0	4.5320	7.61472	14.7496

На рисунках 3.а и 3.б показана деформированная модель (M10:1) и нормальные напряжения по направлению продольной оси X балок в программном комплексе NASTRAN и ANSYS соответственно.

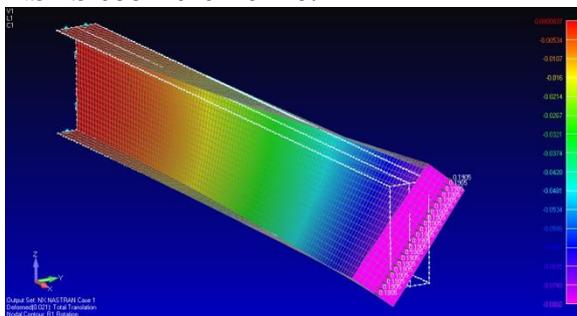


Рис. 3.а

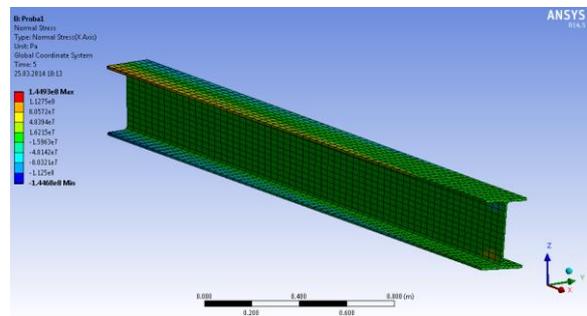


Рис. 3.б

В таблицах 3,4 представлены результаты расчета при различном разбиении сетки конечных элементов в двух вычислительных комплексах ANSYS и NASTRAN соответственно. Для сравнительного анализа определены углы закручивания свободного конца стержня θ и изгибно-крутящие бимоменты в заделке B_{ω} .

Таблица 3 - Результаты расчёта балки на кручение в п.к. ANSYS

Кол-во узлов	Кол-во элементов в	Угол закручивания θ , рад	Теоретическое значение угла закручивания $\theta[t]$, рад	$\theta/\theta[t]$, %	Бимомент B_{ω} , кНм ²	Теоретическое значение Бимоменты $B_{\omega}[t]$, кНм ²	$B_{\omega}/B_{\omega}[t]$, %
413	57	0.087	0.1029	84.5	1.91	2.5063	76.2
759	108	0.096		93.3	2.26		90.2
5160	750	0.096		93.3	2.41		96.2
13539	1920	0.097		94.3	2.5		99.8
18056	2622	0.097		94.3	2.59		103.3
158478	24300	0.097		94.3	2.71		108.1

Таблица 4 - Результаты расчёта балки на кручение в п.к. NASTRAN

Способ приложения нагрузки	Крутящий момент распределен по узлам стенки				Крутящий момент в виде пары сил в полках				Крутящий момент распределен по длине стенки				Сосредоточенный узловой крутящий момент в ц.т.			
	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240
Сетка разбиения*	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240	2x6x30	4x10x60	8x20x120	16x40x240
Кол-во узлов	351	1195	4629	18221	351	1195	4629	18221	351	1195	4629	18221	351	1195	4629	18221
Кол-во элементов	312	1120	4480	17920	312	1120	4480	17920	312	1120	4480	17920	312	1120	4480	17920
Угол закручивания конца консоли θ , рад	0.0811	0.0826	0.0812	0.0802	0.0803	0.0806	0.0802	0.0789	0.0814	0.0833	0.0831	0.0819	0.0877	0.0908	0.0813	0.0784
Теоретическое значение угла закручивания $\theta[t]$, рад	0.0791															
$\theta/\theta[t]$, %	102.6	104.5	102.7	101.4	101.6	101.9	101.4	99.8	103.0	105.4	105.1	103.6	111.0	114.8	102.8	99.2
Напряжения на конце консоли σ , кН/м ²	144457	150028	159673	173293	144718	150233	159871	173501	144548	150073	159702	173295	144809	149933	159958	173287
Бимомент $W\omega$, кНм ²	7.4578	7.7455	8.2434	8.9466	7.4713	7.7560	8.2536	8.9573	7.4625	7.7478	8.2449	8.9466	7.4760	7.7405	8.2581	8.9462
Теоретическое значение Бимомента $W\omega[t]$, кНм ²	7.61472															
$W\omega/W\omega[t]$, %	97.9	101.7	108.3	117.5	98.1	101.9	108.4	117.6	98.0	101.7	108.3	117.5	98.2	101.7	108.4	117.5

*в графе сетка разбиения указано количество конечных элементов по ширине полки, высоте стенки и длине балки соответственно.

Анализ полученных результатов показал, что достаточно приемлемые результаты получены в обоих комплексах. Разница в углах закручивания находится диапазоне от -15.5% до +5.4%. Причем анализ показал, что более быструю сходимость дает расчет с применением оболочечных элементов в комплексе NASTRAN и уже при сетке разбиения (2 элемента по ширине полки, 3 по высоте стенки и 10 по длине балки) получены результаты близкие теоретическим.

При этом следует отметить, что с уменьшением размеров элементов, т.е. увеличением их количества, происходит возрастание нормальных напряжений в крайних точках полок, в которых нормальные напряжения достигают свои максимальные значения. На рисунке 4. показано векторное распределение напряжений в сечении двутавровой балки, при четырех, восьми и шестнадцати элементах по ширине полки соответственно.

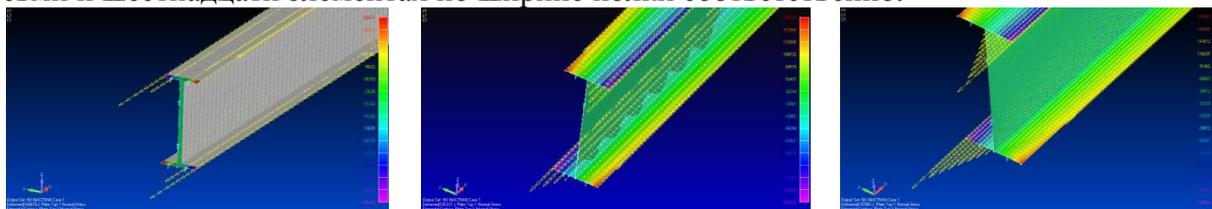


Рис.4 Нормальные напряжения в балке при 4,8,16 эл. по ширине полки

Анализ результатов показал, что возрастание нормальных напряжений имеет локальный характер, поскольку проявляется только в крайних элементах полки, и эти «пики» напряжений не следует учитывать при проектировании. При большой густоте сетки разбиения, уже второй элемент от конца полки испытывает напряжения близкие к теоретическим.

Список литературы

1. *Власов В.З.* Тонкостенные упругие стержни. - М.: Физматгиз, 1959.- 568 с.
2. *Бычков Д.В.* Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций. - М.: Госстройиздат, 1962.- 475 с.
3. *Тимошенко С.П., Гудьер Дж.* Теория упругости. М.: Наука, 1975. - 576 с.
4. *Джанелидзе Г.Ю., Пановко Я.Г.* Статика упругих тонкостенных стержней. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948. 208 с.
5. *Туснин А.Р.* Численный расчёт конструкций из тонкостенных стержней открытого профиля.- М.: Издательство АСВ, 2009.- 143 с.
6. Свод правил СП 16.13330.2011 Стальные конструкции.- М.: ОАО «ЦПП», 2011.

05.23.01

В.И. Римшин д.т.н., А.И. Галубка, А.В. СинютинМосковский государственный строительный университет,
Москва, igkk@mgsu.ru**ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ
ПОКРЫТИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ**

В статье рассматриваются варианты усиления строительных конструкций на примере железобетонных плит покрытия многопролетного одноэтажного здания «Дворца детского спорта». Представлены преимущества усиления строительных конструкций композитной арматурой (высокопрочной углеволокнистой тканью). Предлагается инженерный расчет усиления.

Ключевые слова: Строительные конструкции. Плиты покрытий. Альтернативный вариант предложения по усилению плит покрытия высокопрочной углеволокнистой тканью.

В проектных предложениях по усилению строительных несущих конструкций – колонн, ригелей, балок, плит покрытия и перекрытия альтернативно металлической арматуре в практике предлагаются варианты использования новых видов неметаллической арматуры. Выпускаемые промышленностью базальтопластиковые, стеклопластиковые и другие композитные виды арматуры, холсты, ламели, имеют значительные преимущества в части коррозионной стойкости и некоторых других технических характеристик по сравнению с существующими видами металлической арматуры [1,2,3,7,8].

Специалистами ООО ВОИР «26 ЦНИИ МО РФ» по заказу ГУ «ДСРЭСЗС» Москомспорта было проведено обследование технического состояния плит покрытия кровли здания легкоатлетического манежа. «Дворец детского спорта», расположенного в г.Москве. Одноэтажное здание площадью 3447,7 кв. м относится к категории большепролётных помещений (длина пролёта не менее 18 м). Целью обследования являлось определение эксплуатационной пригодности кровли здания. Здание построено в 1980 году и до момента проведения обследования капитальному ремонту и реконструкции не подвергалось.

Покрытие манежа выполнено из сборных железобетонных ребристых плит марки ПНПВ-3 размером 3х6 м по стальным фермам. Опирание плит покрытия на фермы устроено по 4-м точкам. В местах опирания выполнена точечная сварка закладных элементов плит покрытия к верхнему поясу ферм. Продольные ребра плит армированы арматурой $\varnothing 20$ АШ.

Бетон плиты перекрытия, согласно данным обследования, соответствует классу прочности на сжатие В20 – В22,5. На плитах перекрытия уложена теплоизоляция фибролитовыми плитами толщиной 80 мм, по которым выполнена цементно-песчаная стяжка толщиной 4 – 6 см. В качестве верхнего кровельного покрытия использован рубероид в 8 – 11 слоёв.

При обследовании были выявлены трещины в рёбрах плит в точках опирания на верхний пояс ферм. Такие трещины могли стать следствием неудовлетворительного качества монтажа плит, когда плоскость фермы располагается не на одном уровне и плита монтируется с перекосом.

В первоначальных проектных предложениях рассматривался вариант усиления ребристых плит покрытия с помощью накладных стальных пластин, закрепленных анкерами и стяжными болтами в качестве материала конструкции планировалось использовать швеллер №16 из стали марки СтЗпс.

Углеволокнистое покрытие устанавливается «сухим способом» с применением эпоксидных составов.

В качестве основы углеволоконного покрытия была выбрана ткань Mape Wrap C UNI-AX 300/10. Толщина ткани составляет 0,167 мм, прочность на разрыв - более 4800 МПа, модуль упругости - 230 000 МПа, а относительная деформация при разрыве - 2,1%.

Ниже приведён расчёт по определению площади поперечного сечения внешней арматуры с учётом фактической средней прочности бетона, выполненный согласно СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» [4], СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» [5], а также методическому материалу «Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами» [6], разработанному ООО «Интерква».

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta l}{5950} = \frac{0.016 \times 5950}{5950} = 16 \times 10^{-3}$$

$$R_{ft} = \frac{C_E \times R_F}{\gamma_f} = \frac{0.9 \times 4800}{1.1} = 3927 \text{ МПа}$$

$$\varepsilon_{ft} = \frac{C_e \times \varepsilon_f}{\gamma_f} = \frac{0.9 \times 0.016}{1.1} = 0.0131$$

$$E_{ft} = E'_f = \frac{R_F}{\varepsilon_f} = \frac{4800}{0.016} = 300\,000 \text{ МПа} = 300 \text{ ГПа}$$

$$R_m = \frac{1}{60 \times \varepsilon_{ft}} \times \left(1 - \frac{n \times E_{ft} \times t_f}{360000}\right) = \frac{1}{60 \times 0.0131} \times \left(1 - \frac{3 \times 300000 \times 0.167}{360000}\right) =$$

$$= \frac{1}{60 \times 0.0131} \times (1 - 0.4) = 0.76 < 0.9$$

$$\varepsilon_{fu} = K_m \times \varepsilon_{ft} = 0.76 \times 0.0131 = 8.384 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{fu} = E'_f \times \varepsilon_{fu} = 300000 \times 8.384 \times 10^{-3} = 2515.2 = 2515.2 \text{ МПа} = R_{fu}$$

Высота сжатой зоны элемента с усилением:

$$x = \frac{R_{fu} \times A_f + R_s^f \times A_s^f}{R_b^f \times h'_f}$$

$$M_{ubt} = A_f \times R_{fu} \times (h - 0.5x) + A_s^f \times R_s^f \times (h_0 - 0.5x) =$$

$$= A_f \times R_{fu} \times h + A_s^f \times R_s^f \times h_0 - 0.5x \times (A_f \times R_{fu} + A_s^f \times R_s^f)$$

$$x = \frac{A_f \times R_{fu} \times h + A_s^f \times R_s^f \times h_0 - M_{ubt}}{0.5 \times (A_f \times R_{fu} + A_s^f \times R_s^f)}$$

$$\frac{25152 \times A_f + 4546 \times 5.34}{107 \times 295} = \frac{A_f \times 25152 \times 30 + 4546 \times 5.34 \times 27 - 85300}{0.5 \times (25152 \times A_f + 4546 \times 5.34)}$$

$$0.80A_f + 0.77 = \frac{62.17A_f - 16.28}{1.04A_f + 1}$$

$$(0.80A_f + 0.77) \times (1.04A_f + 1) = 62.17A_f - 16.28$$

$$0.832 \times A_f^2 + 0.80A_f + 0.80A_f + 0.77 = 62.17A_f - 16.28$$

$$0.832 \times A_f^2 - 60.57A_f + 17.05 = 0$$

$$A_f = \frac{60.57 - \sqrt{60.57^2 + 4 \times 0.832 \times 17.05}}{2 \times 0.832} = 0.28 \text{ см}^2$$
$$\delta = \frac{A_f}{l} = \frac{0.28}{7.5} = 0.04 \text{ см} = 0,4 \text{ мм}$$

В результате расчёта было установлено, что для восстановления несущей способности плит покрытия необходимо обеспечить внешнее углеволоконное покрытие дефектных участков ребер плит не менее, чем тремя слоями выбранной ткани.

Работа по усилению конструкций в натуре была успешно выполнена.

В настоящее время легкоатлетический манеж «Дворец детского спорта», расположенный в г. Москве успешно функционирует. В соответствии с действующими городскими нормами его состояние находится под постоянным контролем Мосжилинспекции и нареканий по дефектам в плитах покрытия кровли в настоящее время не имеет.

Список литературы

1. *Бондаренко В.М., Римшин В.И.* «Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций». Учебное пособие, М., ГИД «Студент» 2014, с.470.
2. *Бондаренко В.М., Римшин В.И.* «Усиление железобетонных конструкций, Учебное пособие, М., МГАКХиС, 2009, с.84;
3. *Римшин В.И. Кустикова Ю.О.* «Теоретические исследования по определению величины сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном», Сборник статей по материалам 7-й международной научной конференции «Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов» РААСН Воронеж, октябрь 2013, с. 18-27
4. СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции», М., ГОССТРОЙ СССР, 1989
5. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» М., ГОССТРОЙ СССР, 1989
6. «Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами» разработано ООО «Интераква» с.121;
7. *Ленев С.В.* Точки бифуркации вращающейся и колеблющейся механической системы, зависящей от одного параметра, М., Вестник МГСУ, 2013 г., №12, с.27-33
8. *Синельников А.С., Орлова А.В.* Прочность просечнорастяжного профиля: испытания и математическое моделирование, М., Вестник МГСУ, 2013, №12, с. 41-54

05.17.08

Ю.А. Садырева, И.Ф. Киссельман, В.Ф. Беккер

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Березниковский филиал, Березники, bekker@bf.pstu.ac.ru

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ АБГАЗОВ В АППАРАТАХ С ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ

Проведено экспериментальное исследование гидродинамики колонны с подвижной насадкой. Получены зависимости гидравлического сопротивления колонны от скорости газового потока и плотности орошения. Приведены результаты исследования улавливания пыли в колонне с подвижной насадкой.

Ключевые слова: колонна с подвижной насадкой, трехфазный псевдооживленный слой гидравлическое сопротивление, улавливание пыли.

Промышленный потенциал экономики Верхнекамья большей частью представлен химической, перерабатывающей и металлургической промышленностью. Значительная часть технологических процессов связана с получением и/или переработкой измельченных материалов и сопровождается интенсивным выделением пыли. Поэтому процессы совершенствуются в соответствии с постоянно повышающимися экологическими требованиями к товарным продуктам и к технологиям их производства, а с другой стороны – в направлении повышения эффективности этого производства за счет более полного извлечения и утилизации ценных компонентов из газовых выбросов. При этом исключительно велико многообразие процессов, сопровождающихся образованием и выделением пылевых отходов различного химического состава, тонкой дисперсности и возможно токсичности. Часто отсутствуют полноценные сведения о физико-химических свойствах пыли. Таким образом, разработка и внедрение на действующем производстве эффективных пылеуловителей является весьма актуальной.

Эффективное улавливание, утилизация или последующий возврат в технологический процесс тонкодисперсных компонентов связан с использованием оборудования, которое обычно характеризуется высоким гидравлическим сопротивлением и, следовательно, значительным энергопотреблением. Альтернативой широко распространенными в промышленности аппаратами мокрой очистки газов (циклонами, скрубберами) является использование колонных аппаратов с подвижной насадкой [10].

Слой подвижной насадки представляет собой разновидность псевдооживленного орошаемого слоя. При этом жидкость проходит через расширившийся слой насадки, взаимодействуя с поступающим на очистку газом. Работу таких устройств характеризует высокоразвитое межфазное взаимодействие и, как следствие, высокая интенсивность тепло- и массообменных процессов, в том числе и процессов смачивания и улавливания газообразных и механических примесей, содержащихся в технологических газах.

При проектировании таких аппаратов возникает вопрос о рациональном выборе формы и размеров насадочных тел, взаимодействие между которыми внутри трехфазного слоя позволяет создавать газовой-жидкостную структуру с развитой поверхностью контакта фаз. Предварительный анализ в этой области показал, что особенно эффективным является использование насадки, имеющей смещенный центр тяжести, вращательное движение которой способствует самоорганизации и турбулизации среды в аппарате. Цель исследования: выявление основных закономерностей пылеулавливания, его эффективности, изучение гидродинамики сложной системы «газ-жидкость-твердое», содержащей вращающуюся подвижную насадку в виде кубооктаэдра с внедренным внутрь свинцовым шариком [3].

Существуют различные подходы к расчету эффективности улавливания пыли η в аппаратах с подвижной насадкой [6, 7, 8]. По аналогии с процессами переноса молекул вещества и частиц аэрозоля можно оценить интенсивность с помощью коэффициента скорости пылеулавливания:

$$\eta = 1 - \exp(-K_n \cdot H_{ст} / 3600 \cdot V_r) \quad (1)$$

K_n – коэффициент скорости пылеулавливания, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{г}/\text{м}^3)$;

$H_{ст}$ – статическая высота слоя насадки, м;

V_r – скорость газа в слое насадки, м/с.

В модели турбулентно-инерционного осаждения частиц на поверхности капель и пленок в слое подвижной насадки предложено уравнение:

$$\eta = 1 - B_1 \cdot \exp(-1,7Sc^{-1,25}) \quad (2)$$

где B_1 – коэффициент;

Sc – число Шмидта.

Приведенные зависимости обладают рядом недостатков:

– осаждение рассматривается только при обтекании газовым потоком элементов насадки без учета внутренней структуры трехфазного;

– при расчете коэффициента пылеулавливания на основе механизма турбулентной диффузии не учитывается сам коэффициент диффузии.

Требуется в результате исследований выбрать такой метод расчета, который будет учитывать и взаимодействие газовой, жидкой и твердой фаз (по аналогии с процессом абсорбции) и в то же время будет принята во внимание диффузионная теория протекания процесса.

Исследования включали изучение гидродинамики в аппарате с псевдооживленной насадкой, которые позволили определить границы устойчивой работы колонны при различных нагрузках по газу и различных плотностях орошения. При постоянном орошении диапазон скоростей газа, соответствующий развитому псевдооживлению лежит в диапазоне 2,2 ... 4,15 м/с (см. рис. 1).

Изучение эффективности пылеулавливания проводилось на пыли, имеющей насыпную плотность $714 \text{ кг}/\text{м}^3$. Для анализа дисперсного состава образцов пыли использовался лазерный анализатор *Lasentec (D600L)*, компании *Mettler Toledo* для непрерывного мониторинга размера и поведения частиц в режиме реального времени.

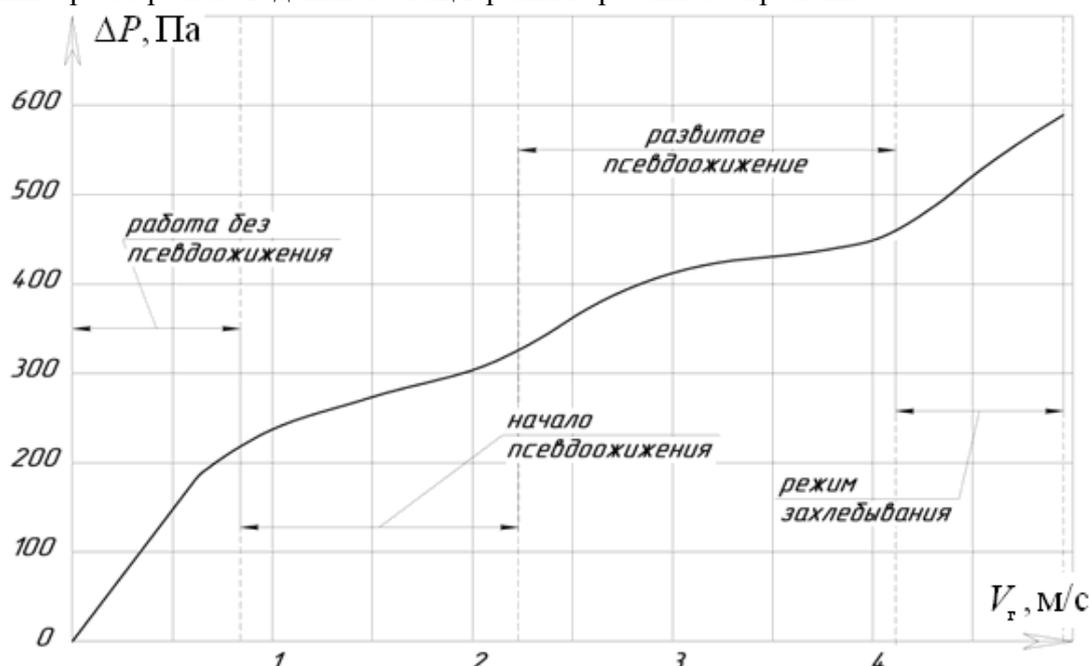


Рис. 1. Зависимость гидравлического сопротивления аппарата от скорости газового потока

Установлено, что прогнозируемая эффективность улавливания частиц возрастает с ростом скорости газового потока, при этом одновременно увеличивается гидравлическое сопротивление аппарата. В результате эксперимента получено, что пик эффективности в 96,8% соответствует скорости 4,11 м/с. Изучение литературы показывает, что дальнейшее увеличение скорости может приводить к снижению эффективности из-за увеличения каплеуноса. Для экспериментальной колонны дальнейшее увеличение скорости газа невозможно в связи с наступлением «захлебывания» аппарата.

В результате серии проведенных экспериментов был сделан сравнительный анализ дисперсного состава исходной пыли, которая впоследствии была использована для улавливания в насадочной колонне, и дисперсного состава уловленной пыли. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при скорости газа 4,11 м/с и плотности орошения 0,9 л/мин, улавливание частиц пыли всех фракций в интервале размеров от 1,5 до 100 мкм соответствует 95-процентной эффективности (см. рис. 2).

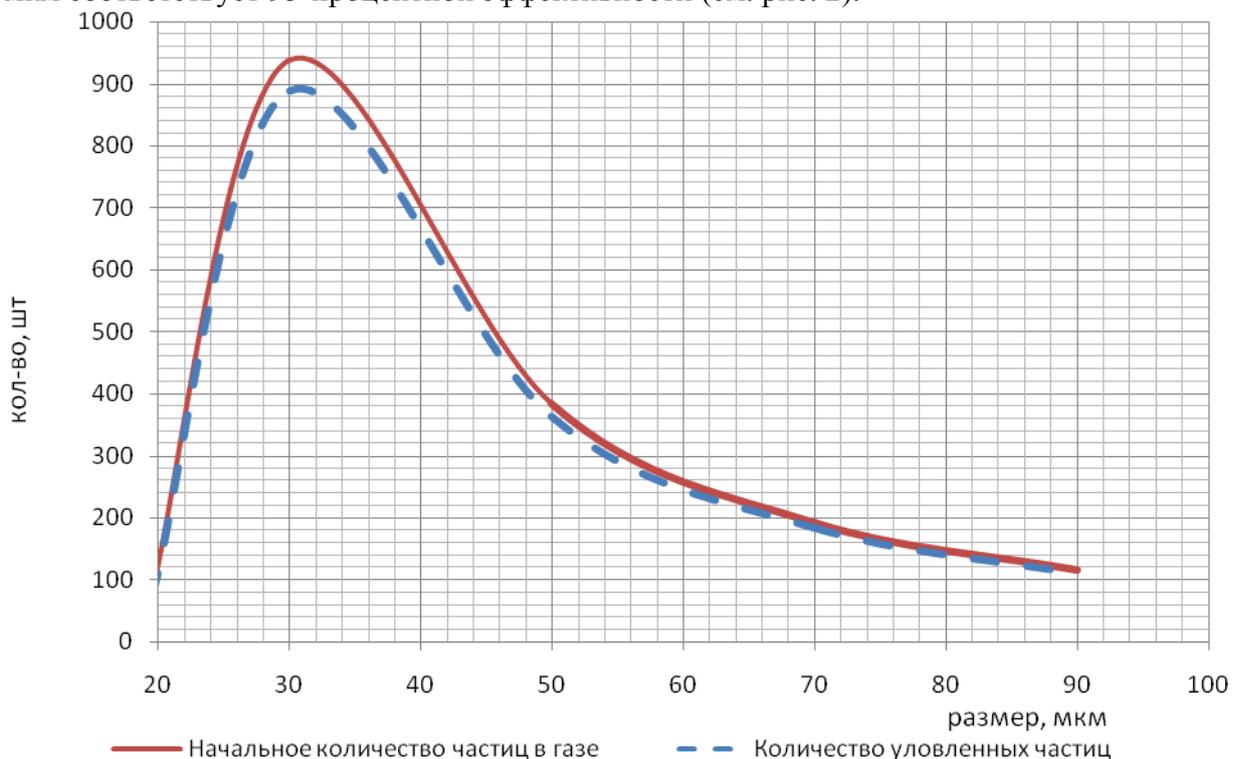


Рис. 2. Гранулометрический состав пыли в исходном и очищенном потоках газа

Полученные результаты подтверждают эффективность аппарата с подвижной насадкой. Рассчитывая аппарат на конкретном процессе, необходимо совместно рассматривать математическое описание структуры трехфазного потока [4, 9, 10] и модель технологического процесса [1, 7, 8].

Список литературы

1. Ковалев О.С., Мухленов И.П., Туболкин А.Ф., Балабеков О.С. Абсорбция и пылеулавливание в производстве минеральных удобрений. – М.: Химия, 1987. – 206 с.
2. Беккер В.Ф. Введение двухуровневого масштаба геометрического подобия в описание гидродинамики трехфазного псевдооживления. Науч.-техн. вестн. Поволжья, 2014, №1. – С. 61-64.
3. Беккер В.Ф. Насадка для тепломассообменных аппаратов. Патент 2124941 РФ, МПК В01J 19/00, – Оpubл. 20.01.1999.
4. Беккер В.Ф. Организация двухуровневой неоднородности в турбулентной гидродинамике трехфазного псевдооживления. Науч.-техн. вестн. Поволжья. – 2013, №6. – С. 137-140.
5. Беккер В.Ф. Стратегия многоуровневого физического моделирования промышленной абсорбционной колонны с подвижной насадкой. Науч.-техн. вестн. Поволжья. – 2012, №1. – С. 85-90.
6. Беспалов В.И., Мещеряков С.В., Гурова О.С. Оценка процессов и расчет аппаратов защиты окружающей среды. Ростов-на-Дону: ООО «Мини Тайп», 2007. – 191с.
7. Бобкова Е.Ю. Принцип изменения в формировании ресурсных факторов производства предприятия // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2013. № 7-8. С. 67-69.
8. Дильман В.В., Полянин А.Д. Методы модельных уравнений и аналогий в химической технологии – М.: Химия, 1988. – 304 с.
9. Лисицын Н.В., Викторов В.К., Кузичкин Н.В. Химико-технологические системы: Оптимизация и ресурсосбережение. – СПб.: Менделеев, 2007. – 312 с.
10. Рамм А. А., Заминян В.М. Абсорберы с псевдооживленной насадкой. М.: Химия, 1980. – 184 с.

05.23.22

С.А. Семенова

Национальный исследовательский университет
Московский государственный строительный университет (МГСУ),
институт Жилищно-коммунального комплекса,
кафедра Городского строительства и коммунального хозяйства,
Москва, sveta_semenova@bk.ru

ПОТРЕБНОСТЬ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТЕЙ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ И ИНВАЛИДОВ

В статье приводятся результаты исследования по вопросам формирования «безбарьерной» городской среды, адаптированной к потребностям маломобильных групп населения и инвалидов.

Автором разработана методика комплексной оценки городской среды на предмет её соответствия потребностям маломобильных групп населения и инвалидов, предложены и обоснованы критерии для комплексной оценки и сформирована система показателей оценки, соответствующая критериям.

Ключевые слова: город, «безбарьерная» городская среда, комплексная оценка городской среды с учетом потребностей маломобильных групп населения и инвалидов.

В настоящее время в Российской Федерации, по различным статистическим данным, проживает от 12 до 18 миллионов людей, официально являющихся инвалидами. В сентябре 2009 года Россия присоединилась к международной Конвенции по правам инвалидов, которая предусматривает создание полноценной, как принято говорить «безбарьерной», среды для инвалидов, обеспечивает их права на работу, медицинское обслуживание, образование, на полноценное участие в общественной жизни. Поскольку Конвенция разрабатывалась в Организации Объединённых Наций при непосредственном участии отечественных экспертов, значительная часть её базовых положений уже отражена в российском законодательстве.

В России активно осуществляется преодоление негативных последствий проводившейся до недавних пор политики в отношении к инвалидам, которая предполагала практически полную сегрегацию таких людей от остального общества. В ряде субъектов Российской Федерации уже приняты законы, направленные на создание равных возможностей реализации конституционных прав не только для инвалидов, но и для других людей с ограниченными способностями или возможностями самостоятельно передвигаться, общаться, ориентироваться.

Согласно требованиям статьи 7 Конституции Российской Федерации, политика социального государства должна быть направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека. Статья 7 Градостроительного кодекса Российской Федерации определяет, что каждый гражданин, а не только инвалид, имеет право на благоприятную среду жизнедеятельности.[1] Поэтому повсеместное создание «безбарьерной» среды – одно из важнейших из условий обеспечения возможности для этих категорий населения принимать полноценное участие в жизни общества и гуманизации среды жизнедеятельности.

Лица с ограниченными возможностями, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении и ориентировании в пространстве, вынужденные в силу устойчивого или временного физического недостатка использовать для своего передвижения вспомогательные средства приспособления) - маломобильная группа населения (МГН).

И если доля инвалидов в современном обществе составляет порядка 10%, то совместно с МГН этот показатель по разным статистическим данным составляет 25-30% (в зависимости от демографической структуры населения).

Во многих развитых государствах инвалиды и МГН беспрепятственно передвигаются по улицам, ездят на городском транспорте (который оснащен подъемниками), на метро (на каждой станции есть лифты), посещают музеи, кафе и магазины. Дорожки для въезда инвалидов и МГН существуют в любом супермаркете. А если магазин многоэтажный, то для посетителей с ограниченными возможностями устанавливаются специальные подъемники или лифты.

Принципиально иная ситуация в России, где городская среда не в полной мере приспособлена для инвалидов и МГН. Например, российский инвалид-колясочник без посторонней помощи не может даже выйти из собственного дома, преодолеть не оборудованный подъемником лестничный пролет, перейти через дорогу или посетить парикмахерскую, банк, почту или магазин. Повсеместно на его пути будут встречаться непреодолимые барьеры.

Одной из основных причин медленного решения проблем маломобильных групп населения и инвалидов в нашей стране является отсутствие научно обоснованных рекомендаций по формированию городской среды с учётом потребностей людей с ограниченными возможностями.

Автором разработана методика комплексной оценки городской среды на предмет её соответствия потребностям маломобильных групп населения и инвалидов. В процессе работы:

- проведена классификация МГН и инвалидов, определены основные требования, предъявляемые каждой из групп к городской среде и её элементам;

- проанализирована нормативная база, регламентирующая требования к созданию «безбарьерной» городской среды;

- рассмотрены технические и технологические решения, применяемые в отечественной и в зарубежной практике для различных элементов городской среды при её формировании;

- предложены и обоснованы критерии для комплексной оценки городской среды с учётом потребностей МГН и инвалидов, сформирована система показателей оценки, соответствующая критериям.

Изучение отечественного и зарубежного опыта формирования «безбарьерной» среды, анализ нормативных документов и литературных источников позволили выявить три критерия, наиболее полно отражающие приспособленность городской застройки потребностям МГН и инвалидов:

- критерий доступности городской среды для МГН, инвалидов - колясочников и инвалидов с нарушениями ОПД (**К₁**);

- критерий доступности городской среды для инвалидов по зрению и инвалидов с нарушениями слуха (**К₂**);

- критерий безопасности и комфортабельности городской среды для МГН и инвалидов (**К₃**);

В ходе исследования выполнена декомпозиция системы критериев. В результате получена система критериев и соответствующих им декомпозиционных множеств оценочных показателей, являющаяся основой для комплексной оценки городской среды в части соответствия потребностям МГН и инвалидов.

После выявления множества оценочных показателей, характеризующих критерии оценки соответствия городской среды потребностям МГН и инвалидов, необходимо были решены следующие задачи:

- * выполнена нормализация разноразмерных оценочных показателей;

- * проведен учет приоритетности (предпочтительности) оценочных показателей;

- * количественно определены значения критериев оценки соответствия городской среды потребностям МГН и инвалидов.

Для практической реализации названные задачи были решены с использованием метода экспертных оценок. Детальный анализ результатов экспертирования позволил предложить качественные оценки городской среды и соответствующие им интервалы значений критериев комплексной оценки.

Приведенные критерии позволяют проводить комплексную оценку соответствия объектов городской среды потребностям МГН и инвалидов, как в процессе проектирования, так и в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Конституция Российской Федерации" (принята 12.12.1993, с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ).
2. *Гиясов Б.И.* Влияние развития инфраструктуры городов на жилую среду// Вестник МГСУ. 2012. №4. С. 17-21.
3. *Касьянов В.Ф., Табаков Н.А.* Опыт зарубежных стран в области реконструкции городской застройки // Вестник МГСУ. 2011. №8. С.21-27.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (принят ГД ФС РФ 22.12.2004.)
5. Федеральный закон от 5 мая 2014 г. № 131-ФЗ "О внесении изменений в градостроительный кодекс Российской Федерации"
6. СП 35-101-2001 «Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения»
7. СП 35-102-2001 «Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам»
8. СП 35-103-2001 «Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным посетителям»
9. СП 35-104-2001 «Здания и помещения с местами труда для инвалидов»
10. РДС 35-201-99 «Порядок реализации требований доступности для инвалидов к объектам социальной инфраструктуры»
11. МДС 30-2.2008 «Рекомендации по модернизации транспортной системы городов»

05.22.10

В.П. Славненко, Н.Н. Якунин, М.В. Дашко

Кумертауский филиал Оренбургского государственного университета,
кафедра автомобилей и автомобильного хозяйства, Кумертау

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АВТОБУСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ МАРШРУТОВ В Г. КУМЕРТАУ

Автотранспортные предприятия, осуществляющие перевозку пассажиров предоставляют не только подвижной состав, но и планируют движение автобусов на маршруте, составляют график движения.

Основными задачами организации пассажирских перевозок являются:

- полное удовлетворение потребностей населения в пассажирских перевозках;*
- эффективное использование подвижного состава;*
- максимальное снижение транспортных расходов;*
- построение правильной структуры автобусных маршрутов.*

В предлагаемой статье рассмотрены возможные варианты снижения числа недостатков в организации автобусных перевозок с целью повышения безопасности и транспортной подвижности населения.

Ключевые слова: пассажиропоток, закономерности распределения пассажиропотоков, транспортная сеть, организация перевозок, эффективность.

Перевозка пассажиров на автобусах является наиболее массовым видом перевозок, который играет наиболее существенную роль в единой транспортной системе. На долю автобусного транспорта в г. Кумертау приходится более 80% объёма пассажирских перевозок.

Автобус является транспортным средством общего пользования, который получил широкое распространение не только в городах, но и в сельской местности.

Автобус является самым популярным средством передвижения в городе. Существуют различные виды маршрутов, каждая из них движется по определённой пути следования, строго по расписанию.

Транспортная сеть города представляет собой совокупность маршрутов различных видов транспорта нанесённый на план города. Автобусная сеть складывается из автобусных маршрутов.

Автобусные маршруты в г. Кумертау подразделяются на городские и пригородные.

Существующие городские маршруты: №1 «Авиатор – КИМ», №3 «КумАПП – Дубки», №6 «Старая Уралка – Автовокзал», №40 «Канчура – Дубки», №33 «Автовокзал – КумАПП», №43 «Локомотив – Заречная», №11 «Радужная – Восточный», №14 «Скорая помощь – Восточный», №31 «Канчура – з-д Искра», относятся к тангенциальному типу маршрутов, так как они соединяют два периферийных района города и частично проходят через центр. Данные маршруты являются постоянными, осуществляют перевозку пассажиров семь дней в неделю.

С понижением температуры значительно уменьшается число автобусов. Иногда останавливаются не на своих остановках, что приводит к нарушению движения автобусов разных маршрутов. В связи с этим происходит нарушения графика.

В утренние часы пик на участках маршрутов от остановки «Скорая помощь» до «КумАПП» по улицам Логовая и 60 лет БАССР и обратно в вечерние часы автобусы переполнены, параллельно легковые автомобили–такси перевозят сопоставимый с автобусами пассажиропоток (222 и 158 чел. в час соответственно). Плотность транспортного потока увеличивается, что приводит к росту аварийности на данном направлении.

Необходимо увеличивать пассажироместимость автобусов либо увеличивать количество автобусов на линии.

Автобусы различных маршрутов при движении на соприкасающихся участках едут с превышением скорости, обгоняя друг друга в процессе движения, с целью максимальной загрузки салона автобуса.

Также неоднократно было замечено, что водитель за рулём курит и разговаривает по телефону, пренебрегая правилами безопасности.

При движении автобуса на линии, в холодное время года, некоторые водители не включают отопление салона автобуса.

Также существуют случаи, когда водитель движется не по нормам скорости.

Пассажиропоток – это количество пассажиров, которое фактически проезжает в данный момент времени в данном направлении. Пассажиропотоки характеризуют нагрузку транспортной сети города по направлениям следования в каждый период времени (час, сутки).

Пассажиропотоки характеризуются мощностью, т.е. количеством пассажиров, проезжающих через заданное сечение маршрута (автобусной сети и всей транспортной сети города в одном направлении). Пассажиропотоки изменяются по часам суток, дням недели и сезонам года, а также по длине маршрута и направлениям движения.

Характер изменения пассажиропотоков на каждом автобусном маршруте имеет определённую закономерность (периодичность).

Пассажиропоток характеризуется:

- мощностью или напряжённостью, т.е. количества пассажиров, которое проезжает в определённое время на заданном участке маршрута в одном направлении

- объёмом перевозок пассажиров, т.е. количеством пассажиров перевозимых автобусами за определённый промежуток времени (час, сутки, месяц, год)

- пассажирооборотом, т.е. транспортной работой, выполняемой при перевозке пассажиров.

Характер особенностей пассажиропотоков является их неравномерность. Они изменяются по времени (часам суток, дням недели, периодам года и т.д.), по участкам маршрута (перегонам) и направлениям маршрута

Существуют различные методы обследования пассажиропотока:

Отчетно-статистический – определяет число перевезенных пассажиров по данным о проданных билетах;

Табличный метод – основан на опросе пассажиров и дает сведения о пересадочности при перевозках;

Счетно-табличный – подсчитывает число входящих и выходящих пассажиров по каждому остановочному пункту;

Анкетный метод – основан на заполнении пассажирами или учетниками специальных анкет о совершенствованных поездках;

Глазомерный – основан на учете непосредственное водителем автобуса по степени наполняемости салона автобуса пассажирами и оценки ее по 5-ти бальной шкале.

В исследовании пассажиропотоков в г. Кумертау использован счетно-табличный метод.

Исследование проводилось на шести остановках города: Скорая помощь, Некрасова, Горсовет, Школа №14, КПМ, Железнодорожный вокзал с 7-00 до 9-00 утром и с 17-00 до 19-00 вечером с получасовым интервалом.

Таблица 1 – Среднее распределение пассажиропотоков по остановкам с 7-00 до 9-00 в час

Остановочные пункты	Прямое			Обратное		
	Зашло	Вышло	Такси	Зашло	Вышло	Такси
1	2	3	4	5	6	7
Скорая помощь (на КумАПП)*	222	-	158	51	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Некрасова (на КумАПП)*	124	15	164	144	28	-
Горсовет	47	17	-	42	17	-
Школа №14	5	-	15 80 (транспорт родителей)	-	-	-
КПМ	80	6	-	-	-	-
Железнодорожный вокзал (в центр)	56 (25 школьники)	8	-	2	6	-

* - прямое направление

На регулярных городских маршрутах занято (42 – данные обследования) единицы подвижного состава.

Таблица 2 – Характеристика парка пассажирского подвижного состава г. Кумертау

Марка подвижного состава	Количество автобусов на 1.12.2013 г.	Номинальная вместимость, мест
ГАЗ-3221	19	13
ГАЗ-32213	23	15

Для планирования, учета и анализа работы подвижного состава применяется система показателей, позволяющая оценивать степень эффективности использования подвижного состава и результаты его работы.

Для оптимизации структуры парка подвижного состава необходимо проанализировать степень использования вместимости автобусов, которая характеризуется коэффициентом статического использования вместимости. Этот показатель характеризует загрузку автобуса в конкретный момент времени.

Зная номинальную вместимость автобуса, количество автобусов в данный момент времени, среднюю дальность поездки пассажира время оборота и пассажиропотоки был произведен расчет суммарной часовой производительности автобусов и статического коэффициента наполнения.

Результаты расчетов статического коэффициента наполнения по периодам суток сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Статический коэффициент наполнения по периодам суток и суммарная часовая производительность автобусов

№ маршрута	Коэффициент статического наполнения автобусов			
	$7-7^{30}$	$7^{30}-8$	$8-8^{30}$	$8^{30}-9$
1	2	3	4	5
1	0,61	0,99	0,33	0,27
3	0,29	1,12	0,53	0,59
6	0,21	0,26	0,35	0,27
40	0,52	1,12	0,55	0,27
33	0,65	1,69	0,78	0,52
43	0,26	0,49	0,09	0,07
11	0,11	1,63	0,27	0,20
14	0,17	1,48	0,48	0,39
31	0,25	1,76	1,10	0,99

Как показал анализ технологии перевозок пассажиров автобусами в городе Кумертау, наполняемость автобусов очень высокая с 7-30 до 8-00 (таблица 3) на участках маршрутов от остановки «Скорая помощь» до КумАПП. Параллельно с автобусами работают около 40 единиц легковых такси и частных перевозчиков. Следовательно, для оптимизации пассажирских перевозок в часы пик на данном направлении необходимо увеличить количество автобусов, либо их пассажирместимость.

Выводы: Изменения пассажиропотоков по длине маршрутов характеризуют нагрузку автобусов на маршрутах. Большинство автобусных маршрутов имеют наибольшую величину пассажиропотока в средней части маршрута; по мере удаления к конечным остановочным пунктам пассажиропоток уменьшается.

На многих автобусных маршрутах пассажиропоток изменяется по направлениям следования. В одни часы суток наибольшее количество пассажиров перевозится в одном направлении, в другие часы суток - в обратном направлении. Существует необходимость в часы пик ввести дополнительно кольцевые или маятниковые маршруты на направлении «Скорая помощь» - «КумАПП».

Участок маршрута №14 по улице Калинина неэффективен с т. з. перевозки школьников. Школьный маятниковый маршрут в утренние часы и в период окончания занятий может быть актуален по направлению «Авиатор – Шахтерский – Железнодорожный вокзал – Некрасова – Гафури – Площадь – Автовокзал».

Эти закономерности распределения пассажиропотоков по длине и направлениям маршрута необходимо учитывать при составлении расписаний движения автобусов.

Характер изменения пассажиропотоков на каждом автобусном маршруте и по городу в целом характеризуется коэффициентами статического наполнения. Результаты обследований пассажиропотоков необходимо использовать для улучшения организации перевозок пассажиров, подобрать и рассчитать необходимое число транспортных средств по направлениям их движения и их вместимость.

Список литературы

1. *Жидкова, М.А.* Основные направления регулирования рынка таксомоторных перевозок [Текст]: научно-производственный журнал «Автотранспортное предприятие» / учредитель ЗАО «НПП Транснавигация» - 2013, октябрь . - М. С 16-19
2. *Лазаренко, Т.В.* Исследование некоторых характеристик системы обслуживания населения легковым таксомоторным транспортом: Автореферат диссертации, М.: 1999 23 с .
3. *Шефтер, Я.И.* Рекомендации по показателям временных минимальных стандартов транспортной подвижности населения в городах и качества услуг / Я.И. Шефтер, К.В. Трякин. – М.: НИИАТ, 2002. – 56 с.
4. *Якунина, Н.В.* Теоретический подход к определению структуры подвижного состава городского пассажирского автомобильного транспорта / Н.В. Якунина, Н.Н. Якунин, Д.А. Дрючин // Инновации в транспортном комплексе. Безопасность движения. Охрана окружающей среды. Т. 2: материалы межд. науч._практ. конф. / Пермский ГТУ. – Пермь, 2010. – С. 60 – 63.

05.22.10

А.С. Терехов, А.Н. Макарова, А.В. Мальшаков

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
Институт Транспорта, кафедра сервиса автомобилей и технологических машин,
Тюмень, satm_tsogu@mail.ru

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ АВТОБУСОВ БОЛЬШОГО КЛАССА

В статье рассматривается проблема надежности подвески автобусов большого класса. На основе эксперимента установлены наработки на отказ баллонов пневматической подвески. Определены параметры законов распределения. Рассмотрены варианты использования полученных результатов.

Ключевые слова: *надежность, автобусы, пневматическая подвеска, наработка на отказ, закон распределения.*

Нефтегазовая отрасль играет важнейшую роль в экономике Российской Федерации. От ее устойчивости существенно зависит уровень жизни населения, интенсивность инновационных процессов. Важнейшую роль в добыче нефти и газа играет технологический транспорт. От эффективности транспортно-технологического обслуживания процессов нефтегазодобычи существенно зависят надежность функционирования нефтегазодобывающих предприятий и стоимость конечной продукции [1].

Важнейшей подсистемой технологического транспорта является подвижной состав. Помимо специальных автомобилей, непосредственно участвующих в производственных процессах, важную роль играют и пассажирские транспортные средства, используемые для перевозки персонала к местам работы.

Важнейшими элементами автомобиля являются механизмы подвески. Особенно надежность подвески актуальна для автобусов большого класса, так как от ее состояния существенно зависят комфорт и безопасность пассажиров.

В состав парка автобусов Управления технологического транспорта №3 ОАО «Сургутнефтегаз» входят ряд марок и моделей, в конструкции подвески которых используются пневмобаллоны. Опыт показывает, что на них приходится существенная доля отказов, причем чаще всего – в зимнее время.

Поэтому целью исследований являлось повышение технической готовности автобусов путем установления закономерностей формирования надежности пневматической подвески и разработки рекомендаций по профилактическим воздействиям и организации снабжения запасными.

Для достижения поставленной цели решались ряд задач, сформулированных с учетом системного подхода. В рамках созданной ранее концепции [2, 3] разработаны требования к модели формирования надежности подвески автобусов, установлена структура изучаемой системы.

Важным элементом в структуре указанной модели являются закономерности распределения наработок на отказ элементов подвески [4].

Для их установления проведен эксперимент, включающий сбор данных о фактах отказов элементов подвески автобусов, идентификацию номера отказа, определение наработки до отказа или между отказами.

Обработка результатов проводилась по известным методикам [5]. Полученные данные сгруппированы по маркам и моделям автобусов, а также по видам отказов. Установлено, что преобладающим является отказ пневматического баллона. Причины отказов – разрушение оболочки.

Для расчета статистических характеристик выборок использовалась программа «REGRESS» [6].

Результаты эксперимента по установлению наработок на отказ приведены на рис. 1 ... 3.

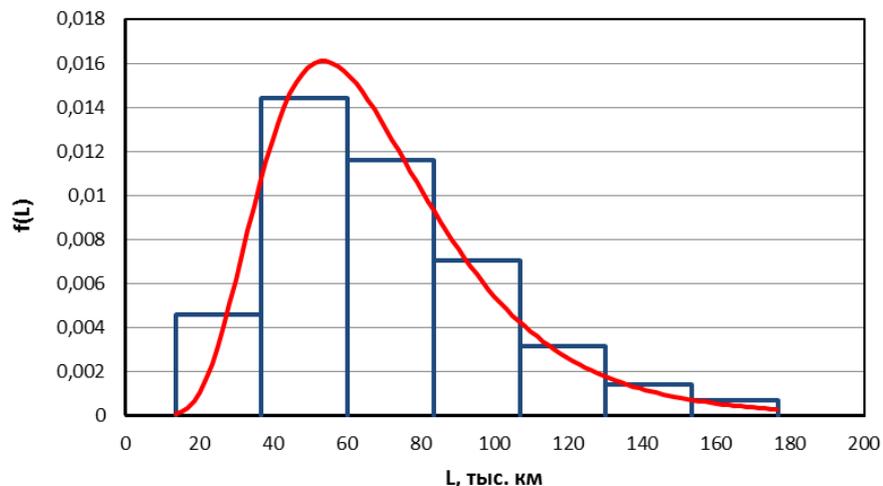


Рис. 1. Распределение наработок на отказ пневмоподвески автобусов IVECO FRANCE SFR160 CROSSWAY

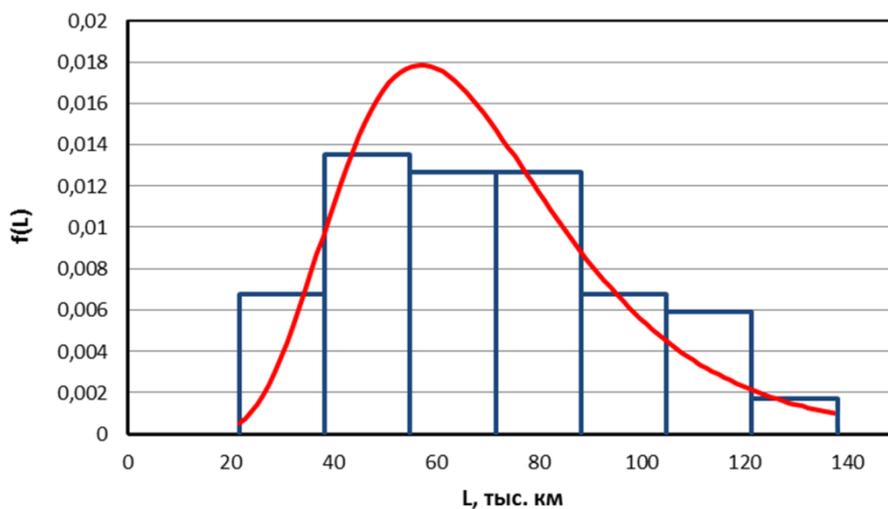


Рис. 2. Распределение наработок на отказ пневмоподвески автобусов ЛиАЗ-5256-35

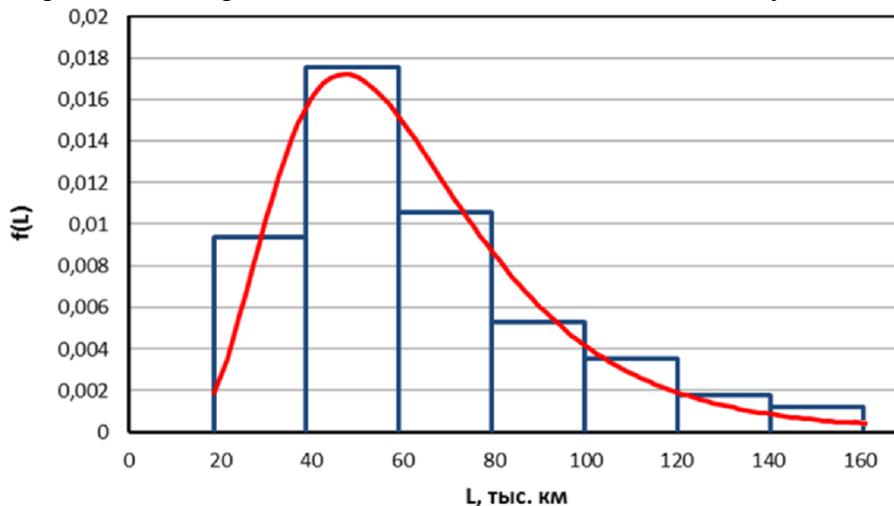


Рис. 3. Распределение наработок на отказ пневмоподвески автобусов KAROSA-C954.1360

При обработке результатов эксперимента установлено следующее.

Наработки на отказ пневмоподвески автобусов варьируют в интервале от 20 до 180 тыс. км.

Средние наработки на отказ составляют от 58,2 до 76,4 тыс. км для автобусов разных марок и моделей.

Коэффициент вариации наработок на отказ составляет от 0,38 до 0,57. Наилучшая аппроксимация эмпирических распределений обеспечивается логарифмически нормальным законом или законом Вейбулла.

На основе проведенных исследований сформулированы следующие выводы.

1. Наработки на отказ пневмоподвески автобусов большого класса варьируют в широких пределах. Это вызывает неравномерность загрузки постов обслуживания и ремонта [8], потребности в запасных частях [9].

2. Подавляющее большинство отказов можно идентифицировать как внезапные, происходящие в результате дискретных процессов изменения технического состояния [3], что исключает возможность индивидуального прогнозирования их наработки на отказ.

3. Выдвинуто предположение, что на вероятность отказа влияет фактор или группа факторов, не связанных с наработкой и меняющихся во времени, что обуславливает широкий интервал варьирования наработок на отказ.

4. Учитывая широкий интервал варьирования, невозможно априорно определить целесообразность профилактической замены пневмобаллонов. Для этого необходимы специальные исследования [4].

5. Полученные данные о средних наработках на отказ позволяют моделировать поток требований на замену пневмобаллонов [7, 9]. Использование результатов моделирования на практике позволяет снизить простой автобусов в ожидании ремонта, уменьшить стоимость оборотных фондов и затраты на эксплуатацию автобусов.

Список литературы

1. Захаров, Н.С. Оценка факторов, влияющих на эффективность транспортно-технологического обслуживания процессов нефтегазодобычи [Текст] / Захаров Н.С., Новоселов О.А., Иванкив М.М., Лушников А.А. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2013. – № 1. – С. 70-75.
2. Захаров, Н.С. Модель восстановления транспортной подсистемы производственных систем нефтегазового комплекса [Текст] / Н.С. Захаров // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 6. – С. 157.
3. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей [Текст] : Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2000. – 42 с.
4. Захаров, Н.С. Оценка надежности автомобилей с учетом вариации фактической периодичности технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова // Известия Тульского государственного университета. – 2012. – № 12. Ч 2. – С. 186–191.
5. Захаров, Н.С. Использование ТР-распределения при моделировании процессов изменения качества автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров // Известия вузов. Нефть и газ. - 1999. - №3. - С. 105-111.
6. Захаров, Н.С. Программа «REGRESS». Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. -52 с.
7. Захаров, Н.С. Влияние сезонной вариации факторов на интенсивность расходования ресурсов при эксплуатации транспортно-технологических машин [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.В. Вознесенский, Л.В. Бачинин, А.Н. Ракитин / Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 1. – С. 75-79.
8. Захаров, Н.С. Влияние неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей на время простоя исполнителей технического обслуживания [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, В.Н. Карнаухов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – № 12-2. – С. 167-173.
9. Зиганшин, Р. Моделирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов / Р. Зиганшин, А. Зиганшина, Н. Захаров, В. Савчугов // Логистика. – 2013. – № 4 (77). – С. 50-52.

05.17.01

В.А. Тихонов, А.А. Лебедев, Ю.П. Кирин

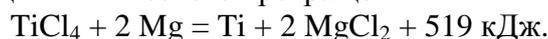
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, tihonov1986@yandex.ru

ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИТАНА

В статье рассмотрены особенности ведения процесса восстановления тетрахлорида титана магнием при нерасслоении магния и хлорида магния в аппарате восстановления. Показано, что нерасслоение магния и хлорида магния ухудшает технико-экономические показатели производства губчатого титана. Проведён обзор известных подходов к решению проблемы нерасслоения магния и хлорида магния. Установлены основные причины нерасслоения. Рассмотрены эвристические методы управления процессом расслоения магния и хлорида магния в промышленных аппаратах восстановления. Предложен метод повышения эффективности расслоения магния и хлорида магния, основанный на управлении обогревом подины печи восстановления.

Ключевые слова: *восстановление тетрахлорида титана магнием, нерасслоение магния и хлорида магния, эвристические методы, обогреваемая подина печи восстановления.*

Восстановление тетрахлорида титана магнием - высокотемпературный экзотермический процесс, основанный на реакции химического превращения



Процесс проводят в герметичном аппарате в атмосфере инертного газа. Магний загружают в аппарат перед началом процесса одной порцией, а тетрахлорид титана подают непрерывно в течение всего процесса. В ходе процесса аппарат восстановления нагревают в печи сопротивления шахтного открытого типа.

При магниетермическом восстановлении титана наряду с восстановителем - жидким магнием, в аппарате содержится титановая губка, образующая пористый блок, и побочный продукт реакции - хлорид магния (соль). Соль имеет более высокую плотность, чем магний. Она опускается в донную часть аппарата восстановления, откуда периодически удаляется через сливное отверстие. Это позволяет лучше использовать объём аппарата и получить большее количество титановой губки. Часто наблюдаются затруднения со сливом соли, состоящие в следующем. После начала слива в струе соли появляется магний, хотя слита только небольшая порция накопленной соли. Такое явление возникает при повторяющихся несколько раз подряд очередных сливах соли, вызывая переполнение аппарата восстановления. При этом говорят, что процесс "не делит" магний и хлорид магния. При "неделении" процесс восстановления прекращают на неопределённое время, пока не произойдёт "разделение" - расслоение магния и хлорида магния, и удаётся слить избыточную соль, не сливая магний. "Неделение" магния и хлорида магния снижает технико-экономические показатели производства губчатого титана: увеличиваются потери металла, повышаются энергозатраты, снижается производительность процесса восстановления, ухудшается качество губчатого титана [1].

Имеются несколько точек зрения на проблему "неделения" магния и хлорида магния.

В работах [2,3] сделан вывод о том, что наиболее вероятной причиной "неделения" в реальных условиях может быть скопление лёгкой жидкости (магния) под ложным днищем аппарата. На модели процесса восстановления показано, что лёгкая жидкость не замещается на более тяжёлую (хлорид магния).

В исследованиях [4,5] высказано предположение, что основными причинами плохого разделения магния и хлористого магния являются:

- перемещение зоны экзотермической реакции по высоте аппарата восстановления;
- значительный температурный градиент, возникающий в процессе восстановления по радиусу аппарата.

Процесс расслоения магния и хлористого магния рассмотрен в работе [6]. Показано, что нерасслоение магния и хлорида магния наблюдается при температуре хлорида магния выше 1000°C.

В работе [7] выявлено несколько причин "неделения" магния и хлорида магния в промышленном аппарате восстановления:

- завышение температуры хлорида магния в зоне реакции;
- снижение температуры расплава на дне аппарата восстановления;
- использование деформируемых сплошных ложных днищ.

Результаты исследований, полученные в работах [2-7], свидетельствует о том, что механизм явления "неделения" магния и хлорида магния изучен недостаточно.

Для решения этой проблемы в производстве губчатого титана используются эвристические методы, т.е. методы, основанные на интуиции, накопленном опыте и знаниях технологического персонала. Эвристические методы предусматривают разработку конструктивных элементов аппарата восстановления и технологических приёмов ведения процесса, повышающих эффективность разделения магния и хлорида магния.

Одним из таких подходов является предложенная в работе [8] конструкция аппарата восстановления для получения губчатого титана, в котором за счёт увеличения объёма накопления хлорида магния в ложном днище улучшается процесс разделения магния и хлорида магния (рис. 1). Для этого подобранное опытным путём отношение высоты h нижней части реторты от перфорированного листа ложного днища до нижней части донного патрубка к высоте H реторты от донного патрубка до фланца реторты равно $h : H = (0,11-0,13) : 1$

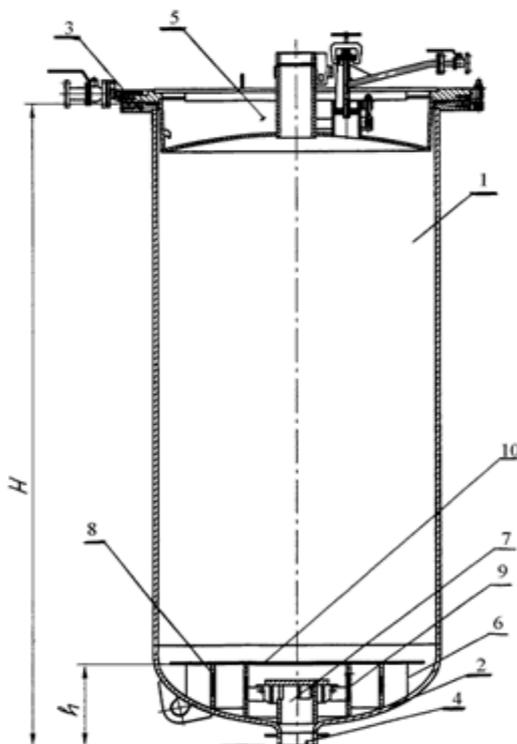


Рис. 1 - Конструкция аппарата восстановления для улучшения условий разделения магния и хлорида магния:

- 1 - реторта-реактор; 2 - сферическое дно; 3 - фланец реторты; 4 - донный патрубок; 5 - патрубок крышки; 6 - ложное днище; 7 - центральная опора; 8 - концентрические рёбра; 9 - переточные окна; 10 - перфорированный лист.

Усовершенствование конструкции аппарата позволило улучшить технологические показатели процесса восстановления. Однако в масштабе промышленного производства губчатого титана число "неделений" процессов восстановления всё ещё остаётся значительным.

Использование эвристических методов ведения процесса восстановления предполагает контроль признаков "неделения" и проведение соответствующих корректирующих действий по его устранению[9].

Признаки "неделения" магния и хлорида магния:

- рост температуры в верхней зоне аппарата;
- прогрев крышки аппарата до ярко-красного цвета;
- образование "колец" (визуальное очертание "кольца", явно выраженное ярко-красного цвета) на крышке после пропуска в аппарат основного количества тетрахлорида титана;
- неполное покраснение сливной трубы и неполное количество слитого хлорида магния;
- при сливе хлорида магния в струе расплава наблюдаются "следы" магния;
- рост давления в аппарате, сопровождаемый частым стравливанием давления

Корректирующие действия по устранению "неделения":

- повышение температуры в нижней зоне нагрева аппарата до 850-880°C;
- проведение слива хлорида магния в половину хода сливного устройства;
- проведение внеочередных сливов хлорида магния;

Если указанные меры не дают положительного результата, то производятся следующие действия:

- остановка процесса восстановления с отключением подачи в аппарат тетрахлорида титана;
- выдержка реакционной массы в течение заданного времени (1-2 часа) с включением всех нагревателей зон аппарата восстановления;
- проведение после выдержки контрольного слива для определения момента разделения магния и хлорида магния.

Последовательность действий технологического персонала удобно представить в виде алгоритма, изображённого на рис. 2.

Ведение процесса восстановления в соответствии с рассмотренным алгоритмом позволяет устранить "неделение" магния и хлорида магния. Однако при таких технологических режимах увеличиваются энергозатраты, и снижается производительность процесса восстановления.



Рис. 2. Алгоритм управления расслоением магния и хлорида магния в аппарате восстановления

Следует заметить, что наиболее вероятную причину плохого разделения магния и хлорида магния исследователи [2-7] связывают со значительными градиентами температур, возникающих в ходе технологического процесса по радиусу и высоте аппарата восстановления. При этом плотности магния и хлорида магния оказываются достаточно

близкими, что затрудняет их расслоение. Так, по данным работы [7], в зоне реакции хлорид магния нагрет до температуры 955 - 1075°C, а магний в нижней части аппарата имеет температуру 800 - 850°C. При этих температурах плотности их близки: у хлорида магния она составляет 1,600 - 1,584 г/см³, а у магния 1,550 - 1,537 г/см³. Завышение температуры в зоне реакции аппарата восстановления и уменьшение температуры на его дне (подине печи восстановления) вызывает нерасслоение ("неделение") магния и хлорида магния.

Известно, что плотности магния и хлорида магния существенно различаются с повышением температуры рис. 3 [10]. В зоне реакции температура хлорида магния близка к предельно допустимой, а в нижней части аппарата температура магния может быть повышена до 900°C, что позволит уменьшить плотность магния и, следовательно, улучшить условия расслоения магния и хлорида магния.

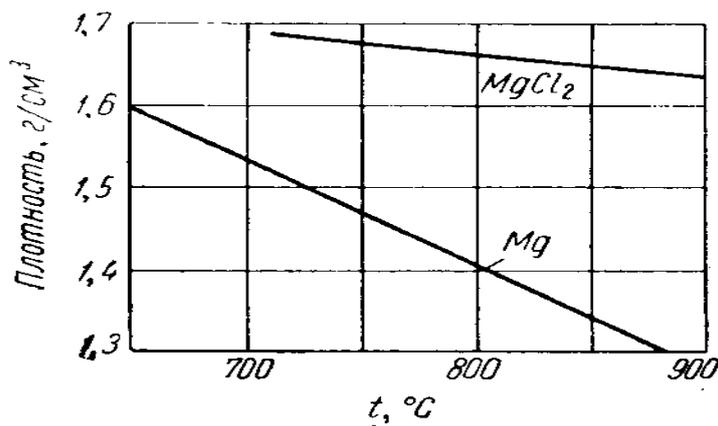


Рис. 3. Плотности магния и хлорида магния в зависимости от температуры [10]

Таким образом, подина печи восстановления должна быть обогреваемой [7]. Это даёт возможность при первых признаках "неделения" прогревать подину печи восстановления до температуры 850 - 900°C и тем самым обеспечивать эффективное разделение магния и хлорида магния.

В данном случае алгоритм управления процессом расслоения может быть представлен на рис. 4.

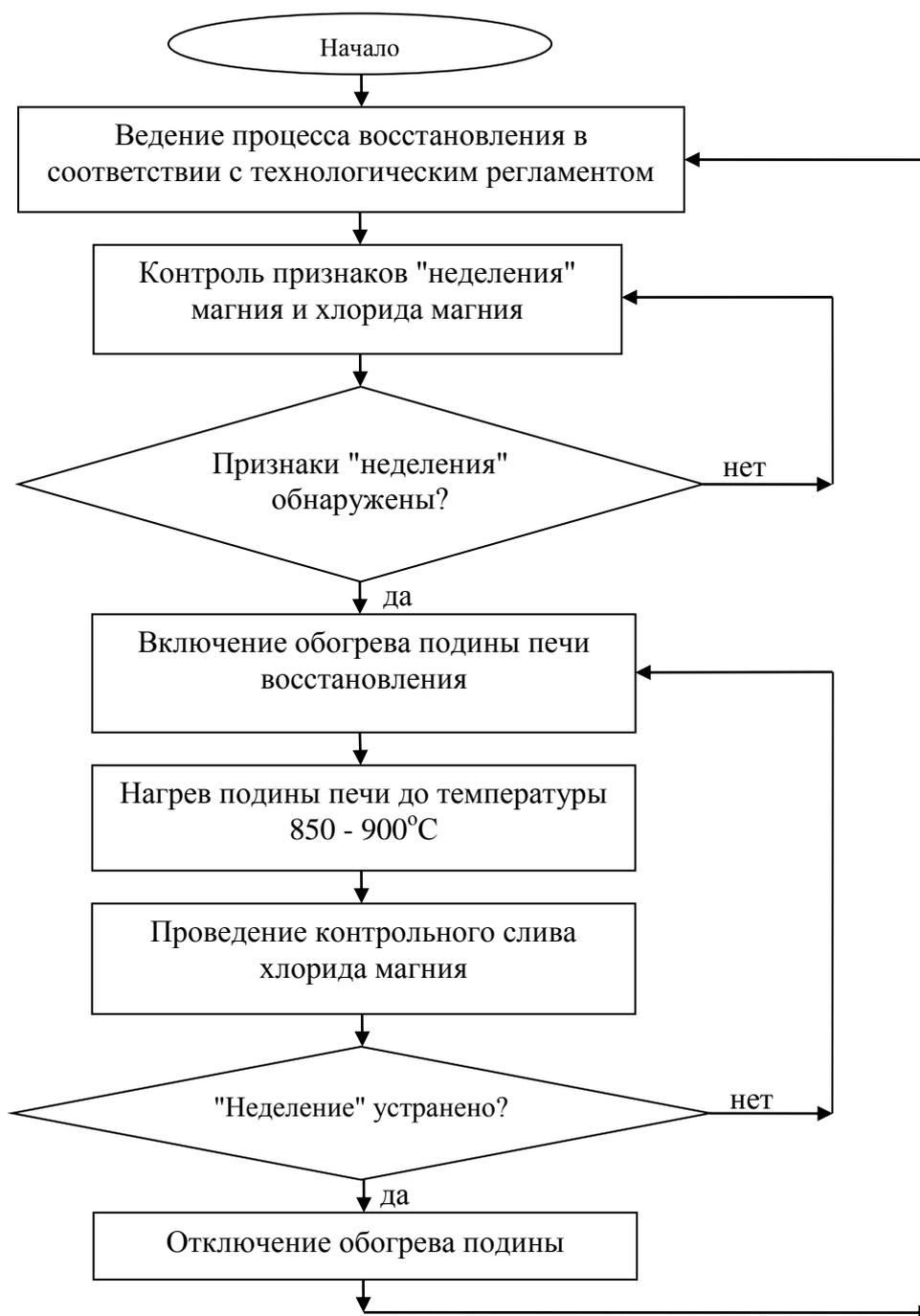


Рис. 4. Алгоритм управления расслоением магния и хлорида магния в аппарате с обогреваемой подиной печи восстановления

Сравнение представленных на рис. 2 и 4 алгоритмов показывает, что в алгоритме рис. 4 расслоение магния и хлорида магния осуществляется без остановки процесса и без дополнительного прогрева реакционной массы. В результате улучшаются технологические показатели процесса восстановления.

Предложенный алгоритм управления процессом расслоения магния и хлорида магния может быть использован в промышленных аппаратах восстановления. Обогрев подины печи обеспечивается установкой дополнительного подового нагревателя, либо реконструкцией существующей системы нагрева аппарата восстановления.

Список литературы

1. *Кирич Ю.П., Краев С.Л., Яковлев В.В.* Управление процессом восстановления титана с применением системы переменной структуры // Промышленные АСУ и контроллеры. - 2013. - № 3 - С. 3-6
2. *Иодко В.Э.* Моделирование гидродинамических явлений в аппарате магнетермического получения титана // Семинар по прикладной магнитной гидродинамике (тезисы докладов). Пермь: АН СССР, Уральский научный центр, отдел физики полимеров. - Ч.1.-1978. - С. 106-110.
3. *Иодко В.Э., Иодко Э.А.* Объём " остаточного конуса" при сливе соли из аппарата восстановления // Семинар по прикладной магнитной гидродинамике (тезисы докладов). Пермь: АН СССР, Уральский научный центр, отдел физики полимеров. - Ч.1.-1978. - С. 110-113.
4. *Титаренко А.И., Черепанова Е.А., Мальшин В.М., Гулякин А.И.* Изучение температурных полей аппаратов для получения титана // Цветные металлы. - 1976. - № 4. - С. 50-51.
5. *Черепанова Е.А., Мальшин В.М., Яценко А.П., Грошева О.А.* Температурные поля аппаратов восстановления // Цветные металлы. - 1982. - № 3. - С. 51-52.
6. *Руссо В.Л.* Теплофизика металлургических гарнисажных аппаратов. - М.: Металлургия, 1978. - 248 с.
7. *Путин А.А., Путина О.А.* О нерасслоении магния и хлорида магния в аппаратах для получения титана // Титан. - 1993. - № 3. - С. 5-7.
8. Патент 78487 РФ на полезную модель. Аппарат восстановления для получения губчатого титана / Танкеев А. Б., Чутков Г. П., Перминов В. М. - Оpubл. в БИ, 2008, № 33.
9. *Байбеков М.К., Попов В.Д., Чепрасов И.М.* Магнетермическое производство губчатого титана. - М: Металлургия, 1984. - 96 с.
10. *Сергеев В.В., Галицкий Н.В., Киселёв В.П., Козлов В.М.* Металлургия титана. - М.: Металлургия, 1971. - 320 с.

05.23.01

А.Р. Туснин д.т.н.

ФГБОУ ВПО «МГСУ», valeksol@mail.ru

МЕМБРАННЫЕ СИСТЕМЫ С НЕПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ ОПОРНЫМИ КОНТУРАМИ

В покрытиях зданий и сооружений могут применяться мембранные конструкции, имеющие непрямолинейный в вертикальной плоскости опорный контур. При проектировании таких конструкций необходимо выявить параметры, определяющие их работу. В статье с использованием простой мембранной модели установлены обобщённые характеристики, при сохранении которых корректирующие коэффициенты для определения усилий и перемещений не зависят от размеров, толщины мембраны, нагрузки, жёсткости и уклона контура. Для проверки выявленных обобщённых соотношений выполнены многовариантные численные исследования, которые подтвердили возможность их использования при оценке напряжённо-деформированного состояния мембранной конструкции с ломаным контуром.

Ключевые слова: мембрана, опорный контур, геометрическая нелинейность.

В покрытиях зданий и сооружений могут применяться мембранные конструкции, имеющие непрямолинейный в вертикальной плоскости опорный контур. Выявление параметров, влияющих на работу таких покрытий, выполнено с использованием простой мембранной модели. На рис.1 показана модель, рассмотренная при этом анализе. Конструкция включает мембрану и ломанный в вертикальной плоскости контур. Мембрана имеет размеры $2a \times a$ и толщину t . Мембрана крепится по центру тяжести контурной балки. Пролёт контура $2a$, контур жёстко закреплён по концам. По боковым сторонам мембранной оболочки (координаты $x = \pm a$) наложены связи на по оси X . Свободная кромка оболочки (координата $y=a$) в плоскости листа загружена вдоль оси Y линейной равномерной распределенной нагрузкой p .

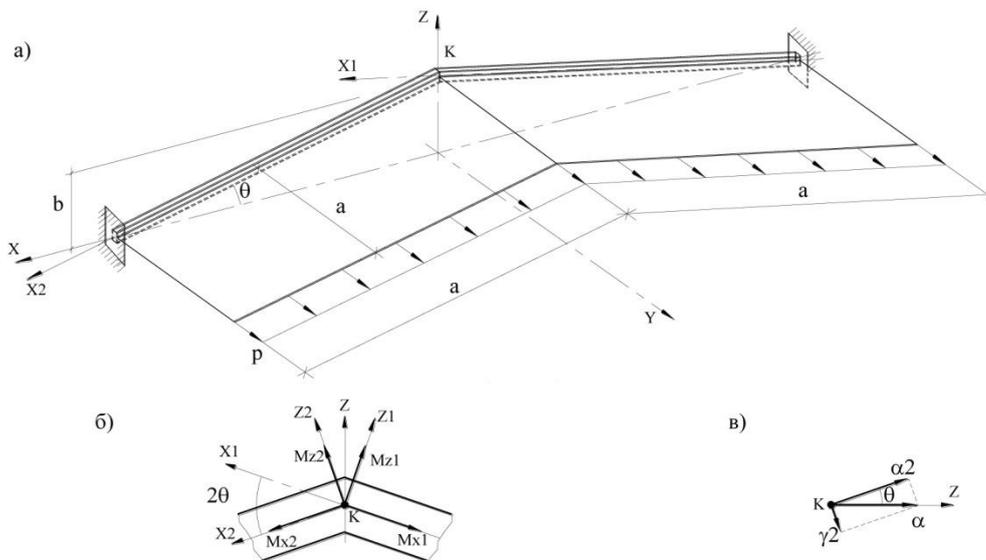


Рис.1. Мембранная модель: а) общая схема; б) распределение моментов в коньке; в) вектора углов поворота в коньке.

Для определения изогнутой оси каждого из прямолинейного участка контурной балки можно использовать дифференциальное уравнение:

$$(EI)_k \frac{\partial^4 v}{\partial x_1^4} - \frac{Et}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \nu \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right) = 0, \quad (1)$$

где $(EI)_k$ - изгибная жесткость опорного контура в плоскости мембраны; E и t - модуль упругости и толщина мембраны; ν - коэффициент Пуассона; u_1, v - перемещения мембраны по линии соединения с контуром по осям x_1 и y .

Для преобразования дифференциального уравнения используются безразмерные параметры [1]:

$$\xi_1 = \frac{x_1}{a}; \quad \eta = \frac{y}{a}; \quad \bar{u}_1 = \frac{a u_1}{t^2}; \quad \bar{v} = \frac{a v}{t^2}$$

С учётом этого уравнение (1) можно представить в виде:

$$\bar{n} \frac{\partial^4 \bar{v}}{\partial \xi_1^4} + \frac{1}{1-\nu^2} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial \eta} + \nu \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \xi_1} \right) = 0, \quad (2)$$

где $\bar{n} = \frac{(EI)_k}{(Eta^3)}$ - относительная изгибная жесткость контурной балки.

Граничные условия на концах прямолинейных участков опорного контура в плоскости мембраной оболочки можно записать так.

На опорах контура:

$$v = 0; \quad \frac{\partial v}{\partial x_1} = 0. \quad (3)$$

В коньке контура:

$$v \neq 0; \quad \frac{\partial v}{\partial x_1} = 0. \quad (4)$$

Соотношений (4) можно преобразовать с использованием векторного представления моментов в коньке контура (рис.1, б). Для обеспечения равновесия в коньке относительно оси Z_1 необходимо выполнение условия:

$$M_{z_1} + M_{z_2} \cos 2\theta - M_{x_2} \sin 2\theta = 0, \quad (5)$$

где M_{z_1} - изгибающий момент относительно оси z_1 , M_{z_2} - относительно оси z_2 , M_{x_2} - общий крутящий момент, состоящий из момента чистого кручения и момента, связанного со стеснённым кручением. С учётом дифференциального уравнения изогнутой оси балки и уравнения для углов закручивания при стеснённом кручении соотношение (5) имеет вид:

$$(EI)_k \frac{\partial^2 v}{\partial x_1^2} + (EI)_k \frac{\partial^2 v}{\partial x_2^2} \cos 2\theta - \left((GI_t)_k \frac{\partial \alpha_2}{\partial x_2} - (EI_\omega)_k \frac{\partial^3 \alpha_2}{\partial x_2^3} \right) \sin 2\theta = 0, \quad (6)$$

где $(GI_t)_k$ - жесткость чистого кручения контура, $(EI_\omega)_k$ - секториальная жесткость контура, θ - угол уклона прямолинейных участков контурной балки, α_2 - угол кручения сечений контура относительно продольной оси X_2 .

Используя векторное представление углов для сечения в (рис.1, в) получим:

$$\alpha = \alpha_2 \cos \theta + \gamma_2 \sin \theta, \quad (7)$$

где α и γ_2 - углы поворота вокруг оси X и Z_2 соответственно.

$$\text{С учётом (7) } \alpha_2 = \frac{\alpha - \gamma_2 \sin \theta}{\cos \theta}. \quad (8)$$

$$\text{Т.к. } \alpha = \frac{\partial v}{\partial z}, \quad \gamma_2 = \frac{\partial v}{\partial x_2}, \quad \text{то: } \alpha_2 = \frac{\frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial v}{\partial x_2} \sin \theta}{\cos \theta}. \quad (9)$$

Выполним дифференцирование по x_2 имеем:

$$\frac{\partial \alpha_2}{\partial x_2} = \frac{\frac{\partial^2 v}{\partial z \partial x_2} - \frac{\partial^2 v}{\partial x_2^2} \sin \theta}{\cos \theta}; \tag{10}$$

$$\frac{\partial^3 \alpha_2}{\partial x_2^3} = \frac{\frac{\partial^4 v}{\partial z \partial x_2^3} - \frac{\partial^4 v}{\partial x_2^4} \sin \theta}{\cos \theta}. \tag{11}$$

Введём (10) и (11) в (6), учтём симметрию системы и, выполнив простейшие преобразования получим:

$$(EI)_k \frac{\partial^2 v}{\partial x_1^2} \cos^2 \theta - 2 \sin \theta \left((GI_t)_k \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z \partial x_1} - \frac{\partial^2 v}{\partial x_1^2} \sin \theta \right) - (EI_\omega)_k \left(\frac{\partial^4 v}{\partial z \partial x_1^3} - \frac{\partial^4 v}{\partial x_1^4} \sin \theta \right) \right) = 0 \tag{12}$$

Введём в (12) безразмерные параметры \bar{v} , ξ_1 , $\zeta = \frac{az}{t^2}$ и разделим на Et^3 :

$$\bar{n} \cos^2 \theta \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \xi_1^2} - \bar{r} \sin \theta \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \zeta \partial \xi_1} - \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \xi_1^2} \sin \theta \right) - \bar{r}_\omega \sin \theta \left(\frac{\partial^4 \bar{v}}{\partial \zeta \partial \xi_1^3} - \frac{\partial^4 \bar{v}}{\partial \xi_1^4} \sin \theta \right) = 0, \tag{13}$$

где $\bar{r} = \frac{(GI_t)_k}{(Eta^3)}$; $\bar{r}_\omega = \frac{(EI_\omega)_k}{(Eta^5)}$, $\bar{n} = \frac{(EI)_k}{(Eta^3)}$;

а \bar{n} - относительная жесткость контура на изгиб.

Полученные соотношения (2), (13) и (14) позволяют сделать вывод о том, что работа мембранной конструкции, имеющей ломаный контур, зависит от модуля упругости и толщины мембранной оболочки, жесткости контурной балки при изгибе и кручении, а также угла наклона или уклона $i = b/a$ прямолинейных участков контура. Кроме \bar{n} - относительной изгибной жесткости опорного контура, дополнительно вводятся новые характеристики: \bar{r} - относительная жесткость чистого кручения ломаного контура и \bar{r}_ω - его относительная секториальная жесткость.

Возможность использования параметров \bar{r} и \bar{r}_ω для оценки напряжённо-деформированного состояния мембранных конструкций с ломаным контуром была проверена рядом численных расчётов. При расчёте конструкции использован метод стержневой аппроксимации. Мембрану моделировала шарнирно-стержневая система с сеткой разбиения 8x16. Контур представлен в виде системы из трех стержней, расположенных в плоскости перпендикулярной мембране. Центральный стержень, расположенный по оси контура имеет продольную жёсткость, жёсткость при чистом кручении и изгибную жёсткость в вертикальной плоскости, которые равны соответствующим жесткостям контурной балки. Для определения жесткостей стержней, моделирующих контур, в плоскости оболочки используются следующие соотношения:

$$(EI)_f = \frac{2(EI_\omega)_k}{h^2}; \quad (EI)_\omega = (EI)_k - 2(EI)_f, \tag{15}$$

где $(EI)_f$ - жесткость на изгиб крайних стержней; $(EI)_\omega$ - то же центрального стержня; h - расстояние между крайними стержнями. Стержни, моделирующие контур, соединены друг с другом поперечными стержнями, имеющими большую продольную и изгибную жёсткость и нулевую жёсткость на кручение. При проведении расчета учтена геометрическая нелинейность системы.

Для определения усилий и перемещений используются формулы:

$$\begin{aligned} M_{np} &= \frac{\beta_1 p a^2}{6}; & M_{on} &= \frac{\beta_2 p a^2}{3}; & B_{np} &= \beta_3 p a^2 h; & B_{on} &= \beta_4 p a^2 h; \\ M_t &= \beta_5 p a^2; & N_{y_{np}} &= \alpha_1 p; & N_{y_{on}} &= \alpha_2 p; & N_{x_{on}} &= \alpha_3 p; \end{aligned} \tag{16}$$

$$v = \frac{\gamma_1 p a^4}{24(EI)_k}; \quad \theta = \frac{\gamma_2 p a^3}{(EI)_k};$$

в которых корректирующие коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \gamma_1, \gamma_2$ определяются уклоном и обобщенными параметрами. Формулы (16) позволяют определить: M_{np} - изгибающий момент в пролёте контура в плоскости мембраны, M_{on} - тоже на опоре; B_{np} - изгибно-крутящий бимомент в пролёте контура B_{on} - тоже на опоре; M_t - максимальный крутящий момент в нем; v - горизонтальное перемещение в коньке контура, θ - угол закручивания в коньке. В таблице даны результаты, полученные численными расчетами, при этом варьировалась нагрузка, толщина и пролет мембраны при постоянных значениях уклона контура и обобщенных параметров.

Анализ содержимого таблицы, показал, что варьирование жесткости контура на кручение, его пролета и толщины мембраны, при постоянных значениях обобщенных параметров i, \bar{n}, \bar{k} и \bar{r} не меняет значения поправочных коэффициентов в выражениях (16). Таким образом, обобщенные параметры и уклон контура можно использовать при оценке напряженно-деформированного состояния мембранной конструкции с ломаным контуром.

Таблица - Результаты численного расчёта мембранной модели

Параметры		1 вариант	2 вариант
\bar{n}			10^{-4}
\bar{k}			0,7
\bar{r}			10^{-6}
r_ω			10^{-7}
i			0,2
a , м		6	12
t , м		2	3
p , кН/м		250	375
GI_t , кН·м ²		90,72	1088,64
EI_ω , кН·м ²		326,59	15676,6
Изгибающие моменты в контуре	M_{np} , кН·м	0,647	3,884
	β_1	$4,313 \cdot 10^{-4}$	$4,316 \cdot 10^{-4}$
	M_{on} , кН·м	270,01	1620,1
	β_2	0,09	0,09
Изгибно-крутящие бимоменты в контуре	B_{np} , кН·м	0,21	2,55
	β_3	$5,844 \cdot 10^{-5}$	$5,907 \cdot 10^{-5}$
	B_{on} , кН·м	0,217	2,61
	β_4	$6,033 \cdot 10^{-5}$	$6,049 \cdot 10^{-5}$
Цепные усилия в мембране	$N_{y_{np}}$, кН·м	0,76	1,14
	α_1	$3,04 \cdot 10^{-3}$	$3,04 \cdot 10^{-3}$
	$N_{y_{on}}$, кН·м	2743	4115
	α_2	10,97	10,97
	$N_{xy_{on}}$, кН·м	350,2	525,3
Перемещения контура	α_3	1,401	1,401
	v , мм	14,3	28,6
	γ_1	$9,589 \cdot 10^{-3}$	$9,593 \cdot 10^{-3}$
	θ , град	0,205	0,205
	γ_2	0,207	0,207

Список литературы

1. Еремеев П.Г. Влияние податливости опорного контура мембраны на перераспределение в нем усилий // Строит. механика и расчет сооружений.- 1984.- № 6.- С. 71-75.

05.11.13

В.Н. Хмелев д.т.н., Р.В. Барсуков к.т.н., Е.В. Ильченко

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
г. Бийск, roman@bti.secna.ru

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Статья посвящена исследованию возможностей косвенного контроля характеристик акустической нагрузки (обрабатываемой среды) при ультразвуковой кавитационной обработке сред с жидкой фазой для формирования структуры и создания универсального ультразвукового технологического аппарата.

Ключевые слова: *ультразвук, косвенный контроль, акустическая нагрузка, параметры.*

Введение

Все более широкое применение в различных сферах деятельности человека находят ультразвуковые (УЗ) технологические аппараты, предназначенные для воздействия на твердые, жидкие и газообразные среды с целью интенсификации процессов, протекающих в них, улучшения качества создаваемого продукта, реализации новых технологий, получения материалов с уникальными свойствами и т.п.

Современный УЗ технологический аппарат конструктивно состоит из двух основных составляющих: УЗ колебательной системы (УЗКС) и УЗ электронного генератора (УЗГ).

Электронный генератор обеспечивает питание УЗКС электрическими колебаниями УЗ частоты, вырабатываемыми за счет преобразования из электрических колебаний промышленной или бытовой сети.

Поскольку в большинстве случаев УЗ колебательная система является резонансной, для эффективного преобразования электрических колебаний в механические, частота вынуждающих колебаний генератора должна соответствовать собственной (резонансной) частоте УЗКС. Поэтому на генератор возлагается задача поддержания частоты вынуждающих колебаний равной резонансной частоте УЗКС при всех возможных изменениях режимов ее работы. Эта задача решается при помощи системы автоматической подстройки частоты (АПЧ).

Второй задачей, возлагаемой на ультразвуковой генератор, является обеспечение амплитуды механических колебаний, необходимой для реализации того или иного технологического процесса. Для решения этой задачи применяются системы управления и стабилизации амплитуды механических колебаний УЗКС.

Уникальные результаты промышленного применения имеющихся УЗ аппаратов, возможность реализации процессов, не реализуемых без воздействия на процесс УЗ колебаний высокой интенсивности, позволили использовать разнообразнейшее, достаточно простое и «примитивное» по конструкции и схемотехнике УЗ оборудование, поскольку оно удовлетворяло существовавшие ранее потребности. В связи с этим незначительное внимание уделялось развитию схемотехники и структуры современных ультразвуковых технологических аппаратов (УЗТА).

Вместе с тем, современные исследования [1 – 5] в направлении совершенствования УЗТА, комплексного изучения системы «среда-излучатель-генератор», позволили выявить пути развития, совершенствования и оптимизации работы существующего ультразвукового оборудования.

В настоящее время установлено, что в системе «среда-излучатель-генератор» существует сильная взаимосвязь между свойствами и параметрами составляющих ее элементов, учет этого влияния и его оптимизация могут обеспечить работу УЗ аппаратов с максимальной эффективностью.

Проведенные исследования позволили оптимизировать структуру современного генератора за счет реализации непрерывного контроля параметров генератора, ультразвуковой колебательной системы и обрабатываемой среды с учетом влияния на них:

- процессов, реализуемых в технологических средах под воздействием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности;
- свойств обрабатываемых технологических сред (акустической нагрузки);
- условий согласования электронного генератора с ультразвуковой колебательной системой при изменении свойств обрабатываемых сред;
- типа присоединяемого к ультразвуковой колебательной системе сменного рабочего инструмента.

Интеграция системы непрерывного контроля и учета влияния на реализацию процессов перечисленных выше и других факторов позволили предложить и разработать новую структуру ультразвукового генератора.

Возможности контроля эквивалентных параметров УЗКС

Поскольку любые изменения акустической нагрузки ультразвукового генератора приводят к изменению электрической нагрузки генератора, то целесообразно отслеживать изменение электрических параметров электрической нагрузки генератора, т.е. электрических параметров УЗКС.

Существующая система электромеханических аналогий [6,7], позволяет представить УЗКС в виде эквивалентной электрической схемы [8, 9].

Контроль частотных характеристик тока, протекающего через колебательную систему и напряжения на пьезокерамических элементах УЗКС, позволил получить параметры ее эквивалентной электрической схемы замещения, представленной на рис. 1.

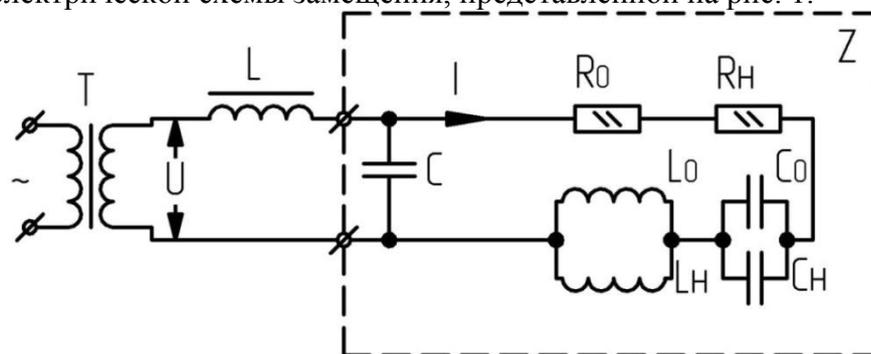


Рис. 1 – Эквивалентная электрическая схема замещения УЗКС с пьезоэлектрическим преобразователем

В рассматриваемой эквивалентной электрической схеме: индуктивность L_0 – эквивалентна колеблющейся массе, обусловленной собственными свойствами (инерционными) ультразвуковой колебательной системы, электрическая емкость C_0 – эквивалентна упругости материала, из которого изготовлена УЗКС, активное сопротивление R_0 – сопротивлению механических потерь, R_H – сопротивлению излучения колебательной системы, L_H – эквивалентна колеблющейся массе обрабатываемой жидкой фазы, присоединенной к излучающей поверхности, емкость C_H – обусловлена наличием у обрабатываемой среды упругих свойств, C – электрическая (статическая) емкость пьезопреобразователя.

Для проведения дальнейшего анализа введем следующие параметры: $R_{ЭКВ}$ – активное сопротивление механической ветви, $L_{ЭКВ}$ – индуктивная составляющая импеданса механической ветви, $C_{ЭКВ}$ – емкостная составляющая импеданса механической ветви.

Проведенные исследования [1–5,10], показали, что наиболее перспективным направлением развития УЗТА является применение системы непрерывного контроля параметров УЗКС, поскольку она позволяет на основе косвенных измерений (без применения дополнительных датчиков) контролировать параметры УЗТА, свойств обрабатываемых сред, параметров технологических процессов.

На рис. 2, для пояснения процессов показаны зависимости индуктивной и емкостной частей импеданса механической ветви от тока механической ветви при использовании полуволновой колебательной системы с грибовым рабочим инструментом диаметром 25 мм при воздействии на различные технологические среды. Измерения проводились при использовании ультразвукового технологического аппарата Волна УЗТА 0,4/22 [11]. Следует отметить, что при изменении тока механической ветви I_m в пределах от 0,5 А до 0,8 А значения для каждой из использованных сред существенно различны, что и позволяет идентифицировать эти среды.

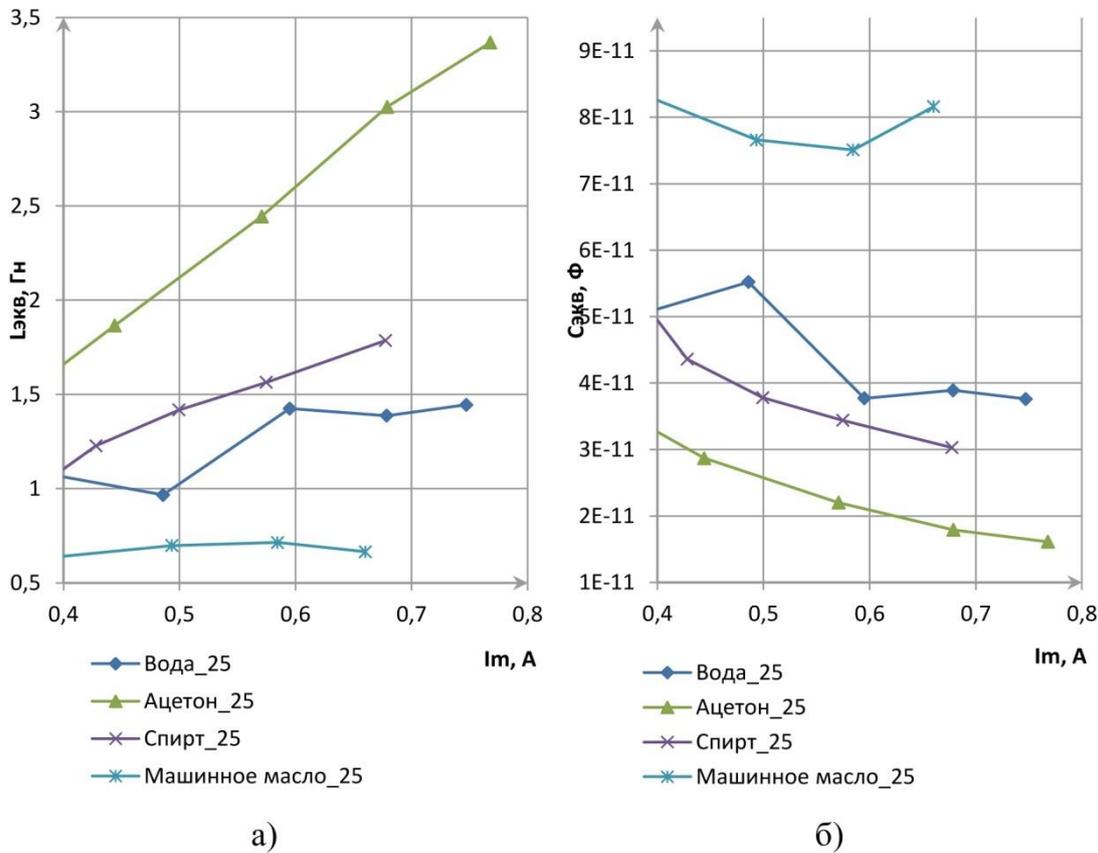


Рис. 2 – Зависимость индуктивной (а) и емкостной (б) составляющей импеданса механической ветви от тока механической ветви для инструмента диаметром 25 мм

Измерение активной части импеданса механической ветви может дать информацию об изменении параметров обрабатываемой среды, а именно о развитии кавитации в среде в случае жидких технологических сред.

Наиболее наглядно это может быть проиллюстрировано зависимостями $R_{ЭКВ}$ от тока механической ветви (рис. 3), полученными для рабочего инструмента диаметром 20 мм.

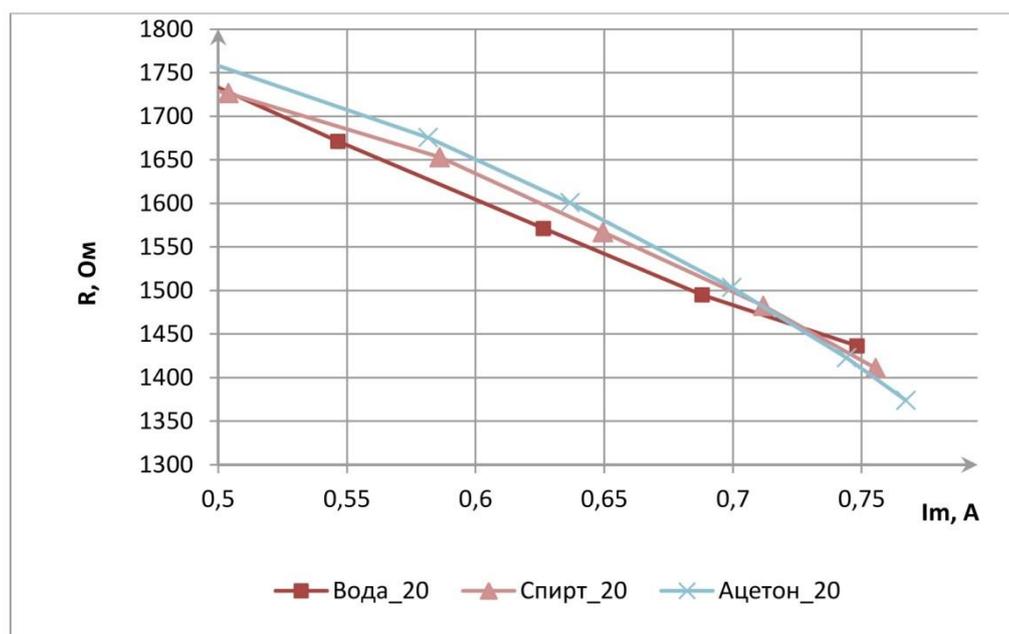


Рис. 3 – Зависимость активной составляющей импеданса механической ветви от тока механической ветви для инструмента диаметром 20 мм

Убывающий характер, представленных зависимостей, связан с развитием в жидкой среде явления кавитации по мере увеличения амплитуды механических колебаний.

При малых значениях тока механической ветви (амплитуды механических колебаний) кавитация в среде не развивается и активное сопротивление $R_{ЭКВ}$ весьма велико. Однако, с развитием кавитации происходит его уменьшение, что обуславливается изменением волнового сопротивления кавитирующей среды. Представленные на рис. 3 зависимости иллюстрируют возможность контроля процессов и явлений, протекающих в УЗ полях на примере развития процесса кавитации.

На рис. 4 представлены зависимости $R_{ЭКВ}$ от тока механической ветви, полученные для сменных рабочих инструментов диаметром 15 мм, 20 мм и 25 мм при воздействии на различные жидкие среды. В диапазоне токов 0,5 – 0,7 А представленные зависимости образуют три группы, каждая из которых соответствует определенному диаметру рабочего инструмента. В пределах группы кривых, соответствующей диаметру 15 мм, наблюдается несущественное отличие кривых друг от друга, что обуславливается наименьшей площадью излучения и соответственно слабой связью параметров УЗКС с параметрами обрабатываемых сред. В группе кривых, соответствующих диаметру 20 мм, начинает проявляться различия в зависимостях. Существенные различия зависимостей $R_{ЭКВ}$ от тока механической ветви начинают наблюдаться для инструмента диаметром 25 мм.

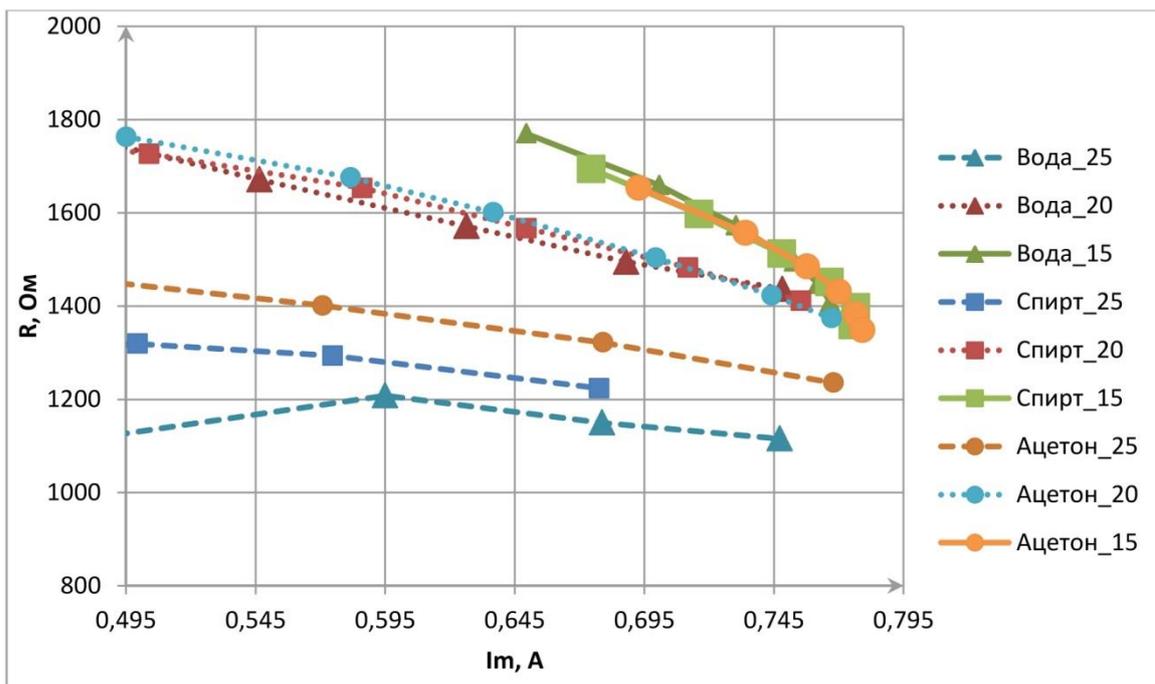


Рис. 4 – Зависимость активной составляющей импеданса механической ветви от тока механической ветви для пассивных рабочих инструментов разного диаметра

Представленные на рис. 4 результаты иллюстрируют возможность косвенного контроля типа (диаметра) присоединяемого рабочего инструмента, что делает возможным автоматизировать этот процесс.

Новая структура УЗТА

Возможность реализации непрерывного контроля [4, 10] и установленный характер зависимостей позволили предложить, разработать и интегрировать в структуру современного УЗ технологического аппарата измерительную систему, позволяющую контролировать параметры колебательной системы, электронного генератора и обрабатываемых сред, а также изменять характеристики электронного генератора для оптимизации УЗ воздействия при реализации любых технологических процессов, в различных условиях с учетом возможных влияющих факторов (температур, давлений, агрессивных химических воздействий и т.п.).

На рис. 5 представлена разработанная структурная схема ультразвукового технологического аппарата, удовлетворяющего современным потребностям.

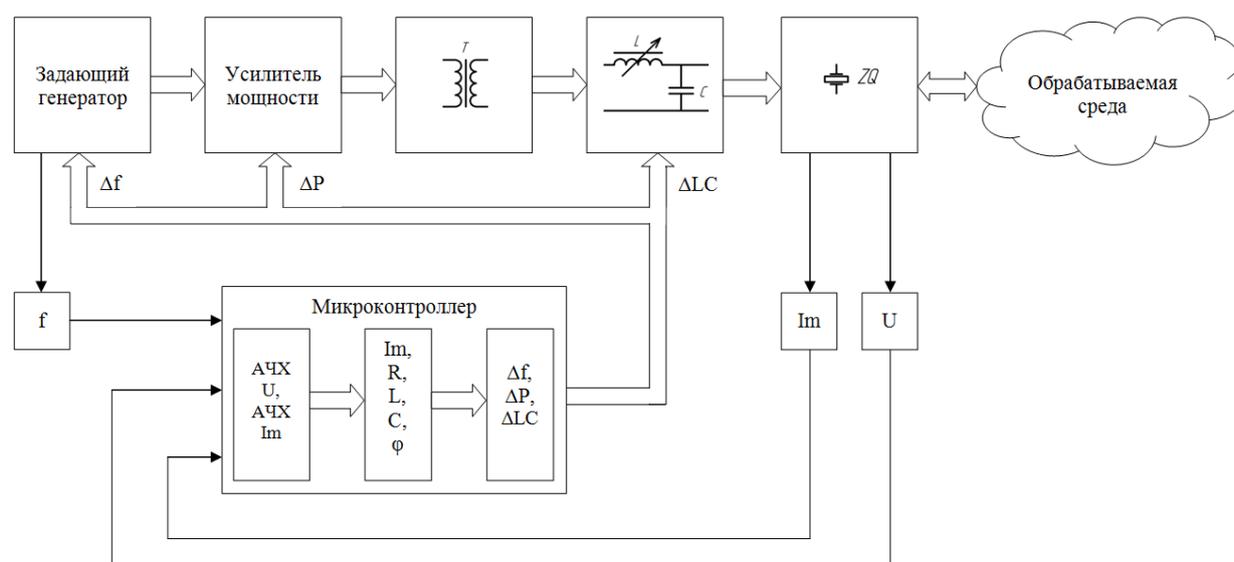


Рис. 5 – Структура разработанного УЗТА

Управляющий микроконтроллер непрерывно получает первичную измерительную информацию об электрических параметрах УЗКС в процессе нормальной работы УЗТА в виде амплитудно-частотных характеристик тока механической ветви I_m [12] и напряжения питания УЗКС U , измеряя их с помощью соответствующих блоков, и контролируя частоту с помощью блока f . Далее производится расчет параметров RLC элементов эквивалентной электрической схемы замещения УЗКС, а также фазового сдвига φ . Анализ полученных данных позволяет выполнить расчет управляющих воздействий Δf , ΔP , ΔLC , для корректировки параметров задающего генератора, усилителя мощности и изменения параметров согласующего LC контура.

Предложенная структура УЗТА позволила создавать ультразвуковое оборудование, способное адаптировать в процессе работы свои параметры, как для оптимизации процесса преобразования электрической энергии в ультразвуковую, так и оптимизации процесса ультразвукового воздействия на процессы, протекающих в УЗ поле.

Заключение

Опыт создания УЗ технологических аппаратов для применения в различных отраслях деятельности человека показал необходимость создания «интеллектуального» оборудования, способного, с одной стороны, учитывать влияние различных дестабилизирующих процесс факторов, снижающих эффективность работы оборудования, а, с другой стороны, способного непрерывно контролировать и оптимизировать процессы, протекающие в различных технологических средах.

Предложенная концепция построения ультразвуковых технологических аппаратов позволила создать универсальное ультразвуковое оборудование и повысить эффективность ультразвукового воздействия при реализации технологических процессов и в различных условиях.

Список литературы

1. Хмелев, В.Н. Контроль параметров кавитирующих жидких сред, подвергаемых ультразвуковому воздействию [Текст] / В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Д.В. Генне, Д.С. Абраменко, Е.В. Ильченко // Ползуновский вестник. – 2012. №2/1. – с.154–159.
2. *Khmelev, V.N.* Method of Control Acoustic Load [Текст] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, D.S. Abramenko, E.V. Ilchenko // International Conference and Seminar of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2011: Conference Proceedings. – Novosibirsk, NSTU, 2011. – P.236–240.
3. *Khmelev, V.N.* Practical Investigations of the Method of Indirect Parameter Checkout of the Acoustic Load Parameters [Текст] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, D.S. Abramenko, A.V. Shalunov, E.V. Ilchenko // International Conference and Seminar of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2011: Conference Proceedings. – Novosibirsk, NSTU, 2011. – P.241–244.
4. Хмелев, В.Н. Система контроля свойств технологических сред, подвергаемых воздействию ультразвуковых полей высокой интенсивности [Текст] / В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Е.В. Ильченко // Датчики и системы. – 2013. – № 6. – С. 52 – 56.
5. *Khmelev, V.N.*, Parameter Monitoring of Ultrasonic Apparatuses at the Application of Different Working Tool [Текст] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, E.V. Ilchenko, Y.M. Kuzovnikov // International Conference of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2013: Conference Proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2013. – P.109–111.
6. Мэзон, У. Физическая Акустика [Текст] т.2. Методы и приборы ультразвуковых исследований / Под ред. У. Мэзона – М.:Мир, 1966. – 592с.
7. Джагунов Р. Г Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники систем контроля и управления [Текст] / Р.Г. Джагунов, А.А. Ерофеев – СПб.: Политехника, 1994. – 608с.
8. Донской, А.В. Ультразвуковые электротехнологические установки [Текст] / А.В. Донской, О.К. Келлер, Г.С. Кратыш. – 2-е изд., перераб. и доп.– Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 208с, ил.
9. Колесников, А.Е. Ультразвуковые измерения [Текст] / А.Е. Колесников – 2-е изд. пер. и доп.– М.: Изд-во стандартов, 1982. – 248с, ил.
10. Способ контроля свойств жидких сред [Текст] пат. 2473076 Рос. Федерация: МПК G01N29/02 / В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Д.В. Генне, Д.С. Абраменко, Е.В. Ильченко заявл. 12.07.2011; опубл. 20.01.2013
11. Ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.ultrasonic.com/catalog/apparaty_dlya_uskoreniya_protsesov_v_zhidkikh_sredakh/ultrazvukovoy_tekhnologicheskij_apparat_serii_volna_v1/
12. Способ управления процессом ультразвуковой липосакции [Текст]: пат. 2240073 Рос. Федерация: МПК7 А61В18/00, А61В17/32 / Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Сливин А.Н., Шалунов А.В; заявл. 13.03.2003; опубл. 20.11.2004.

05.22.10

Ю.А. Эртман, С.А. Эртман, О.Н. Перепелкина, А.Н. Логунова, В.Н. КарнауховТюменский государственный нефтегазовый университет,
г. Тюмень, ertmans@list.ru**ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ МАРШРУТОВ
ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА
ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ**

В работе представлена методика оценки транспортной доступности для маломобильных групп населения, актуальная для городского агломерата.

Ключевые слова: *транспортная доступность, маломобильные группы населения, инвалиды.*

В 2008 году наша страна подписала Конвенцию о правах инвалидов от 13 декабря 2006 г., что является показателем готовности страны к формированию условий, направленных на соблюдение международных стандартов экономических, социальных, юридических и других прав инвалидов. В то же время, в условиях нашей страны целесообразно говорить не только, и не столько об инвалидах (их численность по различным оценкам составляет от 8 до 11% населения РФ), сколько о проблемах, с которыми сталкиваются все маломобильные группы населения.

Маломобильные группы населения (далее МГН) — это люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги и т.п. К ним относятся: инвалиды, люди с временным нарушением здоровья, беременные женщины, люди старшего возраста, люди с детскими колясками и т.д. (рис.1).

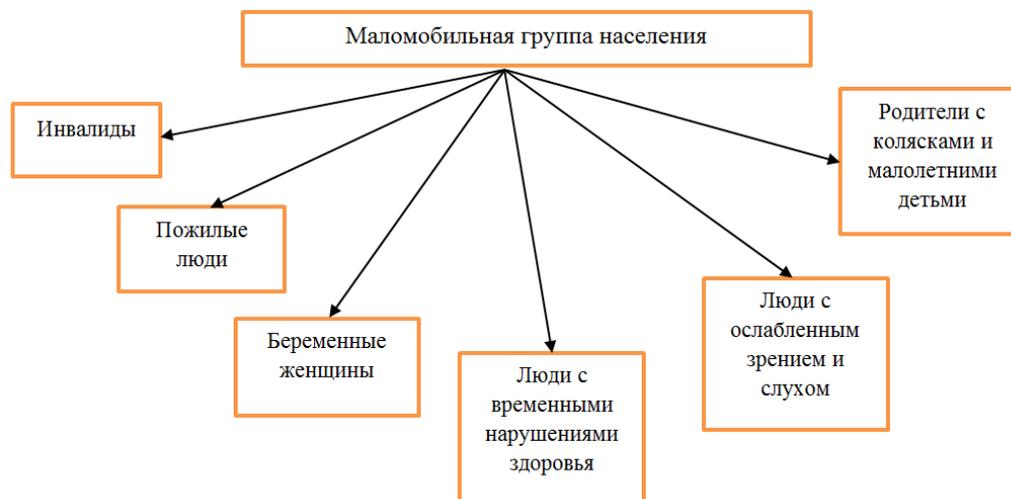


Рис.1 – Состав маломобильных групп населения

Ст.15 Федерального закона от 24 ноября 1995 г. N 181-ФЗ "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" [6], регламентирует обеспечение беспрепятственного доступа инвалидов к объектам социальной инфраструктуры.

На сегодняшний день разработаны методики по оценке доступности социально значимых объектов и услуг для МГН [2], установлены критерии доступности, состав которых в различных источниках не единообразен. Согласно Постановлению Правительства РФ от 17 марта 2011 г. № 175 «О государственной программе Российской Федерации «Доступная среда» на 2011-2015 годы», к целевым индикаторам и показателям результативности Программы «Доступная среда» относится разработка и обновление карт доступности объектов и услуг в субъектах Российской Федерации [5].

В городе Тюмени в течение нескольких лет производится оценка доступности городских объектов и услуг для инвалидов, составляется карта доступности. Однако же оценка производится в основном на добровольной безвозмездной основе, неподготовленными пользователями, зачастую добровольцами, и потому идет достаточно медленными темпами (рис.2), отличается наличием неточностей, недостоверностью, отсутствием единообразных подходов к оценкам.

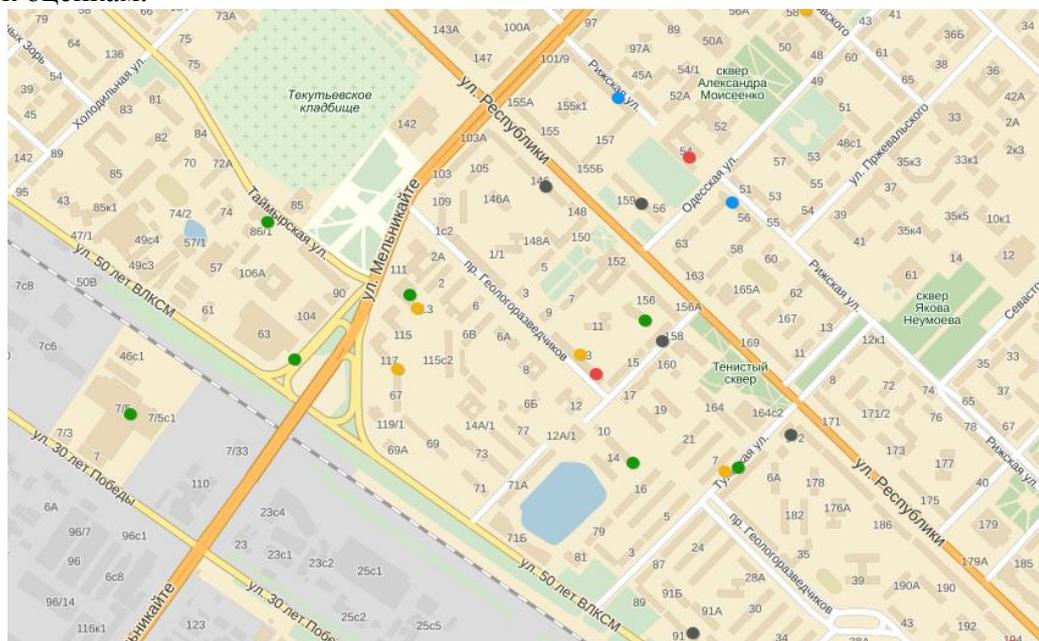


Рис.2 – Фрагмент карты доступности объектов и услуг г. Тюмени на сайте zhit-vmeste.ru [3]

Количество объектов и услуг, значимых для всех представителей МГН, в городе Тюмени очень велико. Рис.2 иллюстрирует небольшую степень «охвата» городских объектов оценками доступности. Надеяться на то, что в ближайшее время появится полная карта, учитывающая 100% объектов, не приходится. В то же время насущной является проблема отсутствия информации о доступности конкретного маршрута городского пассажирского транспорта, о самой возможности добраться человеку, ограниченному в свободных передвижениях, из точки А в точку Б.

Таким образом, необходима методика оценки доступности маршрутов городского общественного транспорта для маломобильных групп населения, целью разработки которой будет являться повышение качества жизни маломобильных групп населения за счет увеличения их подвижности и доступности транспортных услуг.

Задачи исследований в этом направлении:

1. Определение системы социальных стандартов и требований маломобильных групп населения к общественному пассажирскому транспорту с точки зрения доступности и безопасности;
2. Разработка методики оценки доступности маршрутов общественного пассажирского транспорта для маломобильных групп населения;
3. Установление возможностей практического использования результатов проекта для повышения качества жизни маломобильных групп населения и увеличения их подвижности и доступности транспортных услуг.

На сегодняшний день установлены социальные стандарты и требования МГН г.Тюмени и пригородной зоны (т.н. Тюменского городского агломерата) к обслуживанию общественным пассажирским транспортом. Была проведена серия социологических опросов и интервью, по результатам которых выявлены требования различных категорий МГН к доступности маршрутов общественного пассажирского транспорта.

Целевой аудиторией опросов и последующих исследований являются инвалиды, а также другие представители маломобильных групп населения:

- инвалиды с поражением опорно-двигательного аппарата, использующие различные приспособления для ходьбы или кресла-коляски;
- временно нетрудоспособные граждане, ограниченные в передвижениях;
- пожилые люди, имеющие сложности в передвижении;
- беременные женщины и люди с детьми в колясках.

Результаты опросов позволили установить систему требований МГН к доступности маршрутов общественного пассажирского транспорта.

Под доступностью маршрута общественного пассажирского транспорта в целях исследований понимается взаимосвязанный комплекс требований, состоящий из следующих основных групп:

- пешеходная доступность остановочного пункта;
- обустройство остановочного пункта;
- информационное обеспечение остановочного пункта;
- доступность транспортных средств, обслуживающих маршрут.

На основании выявленных требований предложена методика комплексной оценки доступности маршрутов общественного пассажирского транспорта. Комплексный показатель отвечает требованиям универсальности, нормированности, сравнимости [1], применимым к интегральным оценкам, и оценивается по трехбалльной шкале: 3 балла – доступный маршрут; 2 балла – маршрут средней доступности; 1 балл – недоступный маршрут.

Модель комплексной оценки доступности маршрута общественного пассажирского транспорта представлена в виде формулы (1):

$$K = k_{ТС} + k_{ОП} + k_{ОП}^{пеш} = \left(\frac{A_{спец}}{A_{общ}} \right) + k_{ОП} + k_{ОП}^{пеш} \quad (1)$$

- где K – комплексная оценка доступности маршрута (0...3);
- $k_{ТС}$ – коэффициент доступности транспортных средств на маршруте;
- $A_{спец}$ – количество специализ. транспортных средств на маршруте;
- $A_{общ}$ – общее количество транспортных средств на маршруте;
- $k_{ОП}$ – коэффициент транспортной доступности остановочного пункта;
- $k_{ОП}^{пеш}$ – коэффициент пешеходной доступности остановочного пункта.

Формула (1) позволяет оценить доступность маршрута как комплексно, так и по составляющим.

Оценка транспортной доступности маршрутов городского общественного транспорта является актуальной наукоемкой задачей, имеющей большую практическую значимость. Оценка транспортной доступности всех маршрутов городского тюменского агломерата позволит повысить мобильность маломобильного населения, оценить возможность передвижения любого представителя МГН, заранее зная его физические возможности, скорректировать мероприятия по повышению транспортной доступности, выявить «слабые» места и направления деятельности.

Отдельной задачей в рамках настоящих исследований является повышение безопасности передвижений МГН при пользовании услугами городского общественного транспорта. К ним относятся, в частности, малоизученные в настоящее время вопросы применения средств организации дорожного движения при переходе представителей МНГ через проезжую часть к остановочному пункту [4] – т.н. пешеходная доступность остановочного пункта.

Произведенная оценка транспортной доступности маршрутов городского общественного транспорта может быть реализована в виде интерактивной карты, которая, в свою очередь, может являться основой для разработки приложения для мобильных телефонов, позволяющего пользователям оценить возможность транспортного перемещения с учетом индивидуальных физических ограничений.

Список литературы

- 1 *Бындикова, Ю.А.* Оценка приспособленности автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации [Текст] // Автореферат на соиск.уч.степени канд.техн.наук. – Тюмень: 2004. – 16 с.
- 2 *Енин, Д.В.* Город равных возможностей: доступная пешеходная инфраструктура [Текст] /Д.В. Енин, Д.И. Енина, А.В. Евстигнеева. – Воронеж: Енин Дмитрий Владимирович, 2011. – 180 с.
- 3 Интерактивная карта доступности объектов и услуг г. Тюмени [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.zhit-vmeste.ru
- 4 *Немирович, Я.Э., Анисимов, И.А.* Обоснование применения технических средств организации дорожного движения на пешеходных переходах [Текст] // Научно-технический вестник Поволжья, №6, 2013. – С. 384-387.
- 5 Постановление Правительства РФ от 17 марта 2011 г. № 175 “О государственной программе Российской Федерации «Доступная среда» на 2011 - 2015 годы” [Электронный ресурс].
- 6 Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. N 181-ФЗ "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" [Электронный ресурс].

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

В.И. Андреев, Д.А. Каплий
СТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА О ВЛИЯНИИ
РАДИАЦИОННОГО И ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ
НА НЕОДНОРОДНЫЙ ТОЛСТОСТЕННЫЙ
ЦИЛИНДР

Ключевые слова: поток нейтронов, температурное поле, неоднородность, бетон, вынужденные деформации.

Приведено решение задачи определения напряженно-деформированного состояния толстостенного бетонного цилиндра, когда задано температурное поле, а также на его внутренней поверхности задан интегральный поток нейтронов. Рассматривается влияние неоднородности материала оболочки, обусловленное радиационным и тепловым воздействием.

В.В. Дружинин
ДОКАЗАТЕЛЬСТВО БИНАРНОЙ ГИПОТЕЗЫ
ЭЙЛЕРА-ГОЛЬДБАХА МЕТОДОМ ЗЕРКАЛЬНОГО
РЕШЕТА

Ключевые слова: гипотеза Эйлера-Гольдбаха, решето Эратосфена, число пар Эйлера-Гольдбаха.

Аналитически доказано, что любое четное число, большее «2», можно представить суммой двух простых чисел. Дан простой алгоритм, определяющий число таких пар и их конкретный вид на любое четное число. Получена формула приближенного числа пар Эйлера-Гольдбаха для произвольного четного числа. Проведены расчеты, подтверждающие найденные алгоритмы.

М.В. Крючков
СВОЙСТВА БАЙЕСОВСКОГО ДОВЕРИТЕЛЬНОГО
ИНТЕРВАЛА НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ
НОРМАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ С ИЗВЕСТНОЙ
ДИСПЕРСИЕЙ

Ключевые слова: байесовский доверительный интервал, оценка максимального правдоподобия.

В работе рассматривается задача сравнительного анализа байесовского и классического доверительных интервалов для математического ожидания нормальной совокупности с известной дисперсией. Установлено, что в зависимости от параметров задачи эти доверительные интервалы могут как практически совпадать, так могут и не пересекаться. Сформулированы условия, обеспечивающие близость середины байесовского доверительного интервала либо к априорному среднему либо к выборочному среднему.

Ш.М. Мамаев
ВОЛНЫ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСОЛЬНО-
ЗАКРЕПЛЕННОЙ БАЛКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО
ПРОФИЛЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПОПЕРЕЧНОМ
УДАРЕ

V.I. Andreev, D.A. Kapliy
STATIONARY PROBLEM OF THE INFLUENCE OF
RADIATION AND TEMPERATURE FIELDS ON
INHOMOGENEOUS THICK-WALLED CYLINDER

Key words: fluence, neutron flux, temperature, temperature field, stress-strain state, plane problem, inhomogeneity, concrete, forced deformation.

There is a solution of the problem of stress-strain state determining in a concrete thick-walled tube, when the temperature field and the neutron fluence at the inner face are set. The mutual action of the specified factors is identified in this axisymmetric problem, as well as influence of inhomogeneity of shell materials, which is due to radiation and heat impact.

V.V. Druzhinin
PROOF BINARY HYPOTHESIS EULER-
GOLDBACH TO THE METHOD OF MIRROR SIEVE
Key words: the hypothesis Euler-Goldbach, the sieve of Eratosthenes, the number the pairs of Euler-Goldbach.

Analytically proved that any even number greater than "2" can be represented by a sum of two primes. There is a simple algorithm that determines the number of such pairs and their specific views on any even number. The formula obtained approximate the number of pairs of Euler-Goldbach for an arbitrary even number. The calculations is confirming that found algorithms.

M.V. Kryuchkov
PROPERTIES OF BAYESIAN CONFIDENCE
INTERVAL ON EXAMPLE ESTIMATE OF THE
EXPECTATION NORMAL SET WITH KNOWN
VARIANCE

Keywords: Bayesian confidence interval, maximum likelihood estimate.

This paper consider the problem of comparative analysis of Bayesian and classical confidence intervals for the expectation of a normal set with known variance. Found that depending on task settings, these confidence intervals are almost the same as so can not intersect. The conditions that ensure proximity mid Bayesian confidence interval to the a priori either the selective average.

Sh.M. Mamayev
STRESS WAVES IN A CANTILEVER BEAM FIXED-
CYLINDRICAL PROFILE WITH LOCAL
TRANSVERSE IMPACT

Ключевые слова: метод бихарактеристик, балка, нормальное окружное напряжение, осевое напряжение, радиальное перемещение, разрушение.

Keywords: method bicharacteristics, cylindrical shell, normal hoop stress, axial stress, radial displacement, destruction.

Методом бихарактеристик численно решена в трехмерной постановке задача о локальном поперечном ударе по балке цилиндрического профиля, один конец которой закреплен, а другой – свободен. Локальный характер нагружения сказывается на величине нормальных осевых и окружных напряжений, во много раз превышающей уровень действующих нагрузок. Исследуется эффект взаимного влияния отраженных от закрепленной, боковой границы волн напряжений и динамических возмущений от локальных ударов по различным площадкам. На основе анализа численных результатов устанавливаются ожидаемые области разрушения и их причины.

Bicharacteristics method is solved numerically in a three-dimensional formulation, the problem about the local impact on the beam cross-cylindrical profile, one end of which is fixed and the other - is free. Local character of loading effect on the magnitude of normal axial and circumferential stress, many times greater than the level of the acting loads. Study the effect of the mutual influence reflected from fixed, lateral border of stress waves and dynamic disturbances from local impacts on various platforms. Based on the analysis of the numerical results are set expected areas of destruction and their causes.

А.В. Михайлов, В.Л. Шаблов

A.V. Mikhailov, V.L. Shablov

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАНСНОГО И ТЕНЕВОГО ПОЛЮСОВ МНОГОЧАСТИЧНОЙ ФУНКЦИИ ГРИНА, ОТВЕЧАЮЩИХ ВТОРОМУ ВОЗБУЖДЕННОМУ СОСТОЯНИЮ ЯДРА ${}^5\text{He}$, В РАМКАХ ФОРМАЛЬНОЙ ТЕОРИИ РЕЗОНАНСОВ

THE DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE MANY-PARTICLE GREEN'S FUNCTION RESONANCE AND SHADOW POLES, CORRESPONDING TO THE SECOND EXCITED STATE OF THE NUCLEUS ${}^5\text{He}$, ON THE BASE OF THE FORMAL RESONANCE THEORY

Ключевые слова: квантовая теория рассеяния, формальная теория резонансов, второе возбужденное состояние ядра ${}^5\text{He}$, резонансный и теневой полюсы.

Key words: formal resonance theory, second excited state of the nucleus ${}^5\text{He}$, resonance and shadow poles.

В работе представлены результаты применения формальной теории резонансов к описанию сечения реакции ${}^3\text{H}(d, n){}^4\text{He}$ и определению параметров резонансного и теневого полюсов многочастичной функции Грина, отвечающих второму возбужденному состоянию ($J^\pi=3/2^+$, $E^*=16.76$ МэВ) ядра ${}^5\text{He}$.

The article is devoted to the application of the formal resonance theory to the description of the ${}^3\text{H}(d, n){}^4\text{He}$ reaction cross section and the determination of the parameters of the many-particle Green's function resonance and shadow poles corresponding to the second excited state ($J^\pi=3/2^+$, $E^*=16.76$ MeV) of the nucleus ${}^5\text{He}$.

С.В. Рыков, И.В. Кудрявцева

S.V. Rykov, I.V. Kudryavtseva

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МАСШТАБНОГО УРАВНЕНИЯ В ФИЗИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

THE CHOICE OF PARAMETERS OF SCALING EQUATION IN PHYSICAL VARIABLES

Ключевые слова: линия псевдокритических точек, критические индексы, гипотеза Бенедэка, масштабное уравнение, линейная модель.

Keywords: line of pseudocritical points, critical indices, Benedek hypothesis, scaling equation, the linear model.

На основе феноменологической теории критических явлений с использованием в качестве базовых функций изотермической сжимаемости и изохорной теплоемкости построено масштабное уравнение в физических переменных. Показано, что предложенное уравнение согласуется с теорией критических явлений Мигдала А.А.

Based on the phenomenological theory of critical phenomena with the use of basic functions as isothermal compressibility and isochoric heat capacity built scaling equation in physical variables. It is shown that the proposed equation is consistent with Migdal theory of critical phenomena.

А.С. Рябенко

A.S. Ryabenko

АПРИОРНЫЕ ОЦЕНКИ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С КОМПЛЕКСНЫМ ПАРАМЕТРОМ

A PRIORI ESTIMATES OF A BOUNDARY VALUE PROBLEM WITH A COMPLEX PARAMETER

Ключевые слова: априорные оценки, уравнения с параметрами, краевая задача, теплопроводность.

Keywords: a priori estimates, equations with parameters, boundary value problem, thermal conductivity.

Рассматривается краевая задача с комплексным параметром, порожденная первой начально-краевой задачей для уравнения теплопроводности на отрезке. Построены априорные оценки решения задачи, когда параметр принадлежит комплексной плоскости с разрезом по отрицательной части вещественной оси,

A boundary value problem with a complex parameter is dealt with generated by the first initially boundary problem for a heat transfer equation on an interval. A priori estimates of the solution of a problem where a parameter belongs to a complex plane cut along the

a также при малых значениях параметра.

Т.Ю. Тришина
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

Ключевые слова: напряжение, деформация, микропора.

В работе представлены основные физико-механические параметры конструкционных металлических материалов при пластической деформации. Проведен анализ влияния инвариантных характеристик напряжений и накопленных деформаций на рост микропор. Выявлено сильное влияние средних напряжений (гидростатического давления) на скорость роста плотности пор.

Т.Ю. Тришина
ПРЕДЕЛЬНЫЕ КРИВЫЕ РОСТА ПОР ПРИ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Ключевые слова: напряжение, деформация, микродефект, пора.

В работе рассматривается влияние микропор на прочность пластически деформируемых материалов. Зависимость роста пор, включая «стартовые» условия для начала их роста установлена на основе гипотезы макрофизической определенности и определения напряженно-деформируемого состояния в пластическом материале. Анализ показал сильное влияние среднего напряжения на скорость роста плотности пор.

Е.А. Полякова, И.С. Коротнева, Б.С. Туров
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОДЕСТРУКЦИИ
И ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА

Ключевые слова: микромицеты, стабилизация, фитотестирование, экотоксикологическая безопасность.

Изучены процессы биодеструкции новых полимерных композиционных материалов под действием микромицетов, методы стабилизации для продления срока эксплуатации, исследована экотоксикологическая безопасность при захоронении в почве.

Г.В. Абакумов, В.Г. Логачев, А.Н. Макарова
КОРРЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПЕРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Ключевые слова: надежность автомобилей, режимы технического обслуживания, наработка на отказ, условия эксплуатации.

В статье рассматривается вопрос корректирования режимов технического обслуживания автомобилей при эксплуатации в переменных условиях.

negative part of the real line as well with small parameters are constructed.

T.U. Trishina
PHYSICO-MECHANICAL PARAMETERS OF
PLASTIC DEFORMED MATERIALS BY PRESSURE
TREATMENT

Keywords: stress, strain, void.

This paper presents the critical physico-mechanical parameters of constructional metallic materials during plastic deformation. Analyzed the influence of invariant characteristics of stresses and cumulative strains on the void growth. Revealed a strong influence of mean stresses (hydrostatic pressure) on the growth rate of the voids density.

T.U. Trishina
LIMIT CURVES OF GROWTH OF VOIDS IN
PLASTIC DEFORMATION OF MILD STEEL

Keywords: stress, strain, micro-defect, void.

This paper considers the influence of micro-voids on the strength of plastically deformable materials. Dependence of the growth of pores, including "start" conditions for the beginning of their growth has been established, based on the hypothesis of the macroscopic definability and determining the stress-strain state in the plastic material. Analysis showed a strong influence of mean stresses on the growth rate of the voids density.

E.A. Polyakova, I.S. Korotneva, B.S. Turov
RESEARCH OF PROCESSES OF BIODESTRUCTION
AND ECOTOXICOLOGICAL SAFETY OF THE
POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL

Keywords: micromycetes, stabilization, phytotesting, ecotoxicological security.

The processes of biodegradation of new polymer composite materials under influence of micromycetes and there stabilization for lifetime extension, ecotoxicological security for the burial in soil were studied.

G.V. Abakumov, V.G. Logachev, A.N. Makarova
AUTOMOBILES MAINTENANCE MODES
CORRECTING AT OPERATION IN VARIABLE
CONDITIONS

Keywords: reliability of cars, maintenance modes, time between failures, service conditions.

In the article, the issue of automobiles maintenance modes correcting at operation in variable conditions is considered. The structure of studied system is presented. The model of formation of cars reliability at variable

Представлена структура изучаемой системы. Разработана модель формирования надёжности автомобилей в переменных условиях эксплуатации. Приведен пример использования модели для двигателей автомобилей УАЗ.

Д.Г. Аннин, Д.А. Страбыкин
МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ
РЕКУРСИВНЫХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ
ДЕДУКТИВНОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Ключевые слова: логический вывод, рекурсия, рекурсивная функция, параллельные вычисления.

В работе предлагается метод параллельного вычисления рекурсивных функций на основе множества унифицирующих подстановок и множества выражений, формируемых в процессе решения задачи вычисления рекурсивной функции, как задачи логического вывода. Рассматривается пример применения метода. Выполняется оценка эффективности метода.

А.М. Бахметьев, И.А. Былов, Л.В. Абрамов
РАЗВИТИЕ РИСК-ИНФОРМИРОВАННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Ключевые слова: ядерная установка, вероятностный анализ безопасности, мониторинг риска, реактор БН-600.

В работе представлено описание одного из направлений применения риск - информированных методов при эксплуатации ядерных установок – мониторинга риска. Отмечены наиболее широко используемые в мире системы мониторинга риска. Приведено краткое описание отечественной системы мониторинга риска РИМ, которая введена в опытно-промышленную эксплуатацию на энергоблоке №3 Белоярской АЭС с реактором БН-600.

М.К. Бойдало, Г.П. Жигулин
МЕТОД И МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ
ПЕРСОНАЛА В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова: информационная безопасность, математическое моделирование, персонал, инсайдер, лояльность.

Одной из главных угроз информационной безопасности организаций являются инсайдеры. На инсайдеров приходится более половины случаев нарушения информационной безопасности. В статье рассматривается математическая модель оценки профессиональных и служебных качеств персонала с целью выявления потенциальных инсайдеров.

Л.С. Ботова, С.А. Ращепкина
К РАСЧЕТУ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ИЗ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ

Ключевые слова: металл, емкость, цилиндрические панели, напряжения.

service conditions is developed. The example of the model use for engines of UAZ automobiles is given.

D.G. Annin, D.A. Strabykin
THE METHOD OF PARALLEL COMPUTING FOR
RECURSIVE FUNCTIONS WITH THE DEDUCTIVE
LOGICAL INFERENCE

Keywords: logical inference, recursion, recursive function, parallel computing.

The method of parallel computing for recursive functions with the set of unifying substitutions and the set of algebraic expressions, formed in the process of solving the problem as the problem of logical inference, is described in this article. The application of the method is considered via example. The assessment of efficiency of the method is done.

A.M. Bakhmetyev, I.A. Bylov, L.V. Abramov
DEVELOPMENT OF RISK MONITORING
TECHNOLOGIES TO SUPPORT OPERATION OF
THE NUCLEAR POWER PLANT

Key words: nuclear power plant, probabilistic safety analysis, risk monitoring, reliability and safety monitoring, BN-600 reactor.

The paper highlights description of application of risk monitoring techniques related to risk monitoring during operation of the nuclear power plants. Noted of the world most widely used risk monitoring systems is presented. Brief description of the national risk monitoring system is outlined that has been commissioned in operation at Power Unit No 3 of the Beloyarskaya NPP equipped with BN-600 reactor.

M.K. Boidalo, G.P. Zhigulin
METHOD AND MODEL OF EVALUATION OF
PERSONNEL PROFESSIONAL APPROPRIATENESS
FOR INFORMATION SECURITY ENSURING
Keywords: information security, mathematical model, service personnel, insider, organizational commitment.

One of the main threats to information security of organizations are insiders. Insiders have more than half of cases of violation of information security. This paper deals with the mathematical model of evaluation of professional qualities of service personnel to identify potential insiders.

L.S. Botova, S.A. Rashchepkina
CALCULATION OF METAL CONTAINERS FROM
CYLINDRICAL RIBBED PANELS

Key words: metal, capacity, cylindrical panel, voltage.

Рассматривается металлическая емкость, состоящая из цилиндрических панелей, которые жестко прикреплены к стойкам. Исследуется особенность распределения усилий по продольным краям панелей приведенной толщины в зависимости от конструктивных параметров мультицилиндрической сборной оболочки.

А.П. Буйносов, Д.К. Зенович
СИСТЕМА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ
ЗАЩИТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ
АВАРИЙНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Ключевые слова: подвижной состав, авария, столкновения, защита, пассивная безопасность, система.

В статье приводится анализ требований к системам пассивной безопасности железнодорожного подвижного состава, приводятся рассчитанные силы в упругих связях возникающие при различных случаях столкновения вагонов.

А.П. Буйносов, Я.А. Мишин
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ
ПОДШИПНИКОВ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА
ЭЛЕКТРОВОЗОВ 2ЭС6

Ключевые слова: электровоз, колесно-моторный блок, подшипники, отказ, интенсивность, определение.

В статье приведен анализ отказов подшипников колесно-моторного электровозов 2ЭС6, определены зависимости интенсивности отказов буксового, моторно-осевого и моторно-якорного подшипников от пробега.

И.А. Бунькина
МНОГОАСПЕКТНОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА
ОРГАНИЗАЦИИ ДЕТСКИХ ДВОРОВЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ – ПЛОЩАДОК
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Ключевые слова: детские дворовые площадки, благоустройство, системный подход, экология, озеленение, зонирование, интеллектуальная направленность, повышенная комфортность, бетон.

В работе представлены результаты изучения состояния детских дворовых площадок и рекреационных территорий. Предложена концепция благоустройства дворов, которая поможет сделать вклад в интеллектуальное развитие детей.

В.В. Воронцов, В.М. Чикишев, Ю.В. Огороднова,
А.С. Липихин
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
РАБОТЫ СЛАБОГО ГЛИНИСТОГО ОСНОВАНИЯ,
АРМИРОВАННОГО ГЕОТЕКСТИЛЬНЫМ
МАТЕРИАЛОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОЛОСОВОЙ
НАГРУЗКИ

Ключевые слова: слабый глинистый грунт, геотекстильный материал, армирование, автомобильная дорога.

Considered a metal container consisting of a cylindrical panels which is rigidly attached to the posts. Explores the peculiarity of stress distribution along the longitudinal edges of the panels of the reduced thickness depending on the design parameters multicylindrical collected shell.

A.P. Buinosov, D.K. Zenovich
SYSTEM OF PASSIVE SAFETY FOR PROTECTION
OF THE ROLLING STOCK AT EMERGENCY
COLLISIONS

Key words: electric rolling stock, accident, collisions, protection, passive safety, system.

The analysis of requirements to systems of passive safety of the rolling stock is provided in article, calculated forces are given in elastic communications collisions of cars arising at various cases.

A.P. Buinosov, Y.A. Mishin
DETERMINATION OF FAILURE RATE OF
BEARINGS OF THE WHEEL AND MOTOR BLOCK
OF ELECTRIC LOCOMOTIVES 2ES6

Key words: electric locomotive, wheel and motor block, bearings, refusal, intensity, definition.

The analysis of failures of bearings is provided in article wheel and motor electric locomotives 2ES6, dependences of failure rate of buksovy, motor and axial and motor and anchor bearings on run are defined.

I.A. Bunkina
MULTIDIMENSIONALITY SYSTEMATIC
APPROACH ORGANIZATION OF CHILDREN'S
DOMESTIC INTELLECTUAL CENTERS - AREAS
OF INTELLECTUAL ORIENTATION

Key words: children's playground yard, landscaping, systematic approach, ecology, landscaping, zoning, intellectual orientation, superior concrete.

The results of study of the state of children's domestic sites and recreational areas. The concept of landscaping yards, which will help to contribute to the intellectual development of children.

V.V. Vorontsov, V.M. Chikishev, J.V. Ogorodnova,
A.S. Lipikhin
EXPERIMENTAL STUDIES FOR WEAK CLAYEY
SOIL REINFORCED WITH GEOTEXTILE
MATERIALS UNDER STRIP LOADING

Key words: weak clayey soil, geotextile material, reinforcement, highway.

The paper discusses the results of experimental studies on models (trays) for effects of mixed reinforcement with geotextile materials of weak water-saturated clayey soil.

Приводятся результаты модельных (лотковых) экспериментальных исследований по изучению влияния смешанного армирования геотекстильным материалом слабого основания, сложенного переувлажненными глинистыми грунтами.

А.В. Гинзбург, П.Б. Жавнеров
ВЛИЯНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ
ОРГАНИЗАЦИОННО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И
ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Ключевые слова: организационно технологическая надежность, ОТН, организационные структуры в строительстве, структурные мероприятия, надежность строительства, планирование в строительстве.

Функционирование строительной организации определяется взаимодействием множества элементов, как технических (орудия труда, механизмы, строительная техника и т.д.) так и социальных систем (коллективы рабочих, руководители и т.д.). В связи с этим на строительную отрасль оказывают влияние случайные факторы. В результате формируется стохастическая система, для управления и анализа поведения которой необходимо применение теории вероятности и математической статистики.

Е.А. Дианова
ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМАТРИЦ В
ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ключевые слова: геоматрица (ячеистая), вдольтрассовые дороги, подъездные пути, дороги в сельской местности.

При строительстве автомобильных дорог, в частности, в нефтегазовой промышленности возникает необходимость устройства подъездных и технологических проездов. В этом случае предлагается применение геоматриц, представляющих собой геосинтетический материал ячеистой структурой. Технические решения относятся к области повышения несущей способности оснований. Основная цель применения геоматриц – обеспечение надежного и долговечного функционирования сооружений, строительство и эксплуатация которых осуществляется в сложных инженерно-геологических условиях.

А. И. Еникеев, Махфуд Билал Ахмед Мохаммед
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДИАЛОГОВЫЕ
ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-РАСЧЕТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Ключевые слова: инструментальные средства, диалоговые системы, технология программирования, информационно-расчетные задачи.

В статье предлагается программный инструментарий для разработки так называемых информационно-расчетных приложений, ориентированных на автоматизацию решения задач

A.V. Ginzburg, P.B. Zhavnerov
INFLUENCE OF MEASURES TO IMPROVE
ORGANIZATIONAL TECHNOLOGICAL
RELIABILITY OF OPERATION BUILDING
ORGANIZATION AND PLANNING
CONSTRUCTION

Keywords: Organizational and technological reliability, OTN, organizational structures in construction, structural measures, the reliability of construction, planning construction.

Construction is the interaction of the various systems, the main ones are the technical system - tools, machinery, construction machinery, etc. and social systems - groups of workers, managers, etc., as well as the external environment. In this regard, the construction industry is influenced by random factors. The result is a stochastic system in which you want to apply the theory of probability and mathematical statistics for the analysis of its operation.

E.A. Dianova
THE POSSIBLE USE OF GEOMETRIC IN ROAD
CONSTRUCTION

Key words: Geometrica (cellular), along roads, driveways, roads in rural areas.

Abstract: In the construction of roads, particularly in the oil and gas industry arises the need for device access and technological passages. In this case, we suggest the use of geometric representing geosintetics material cellular structure. Technical solutions are increasing the bearing capacity of foundations. The main goal of application of geometric - ensuring reliable and durable operation of constructions, building and operation which is carried out in difficult engineering-geological conditions.

A.I. Enikeev, Mahfoodh Bilal Ahmed Mohammed
INTERACTIVE SOFTWARE TOOLS FOR THE
CREATION OF INFORMATION-CALCULATING
APPLICATIONS

Keywords: software tools, interactive system, programming technique, information-calculating applications.

The paper presents the software tools for the development of so-called information-computing-oriented applications providing computer aided solutions of tasks of accountancy, office work, bank

компьютерной бухгалтерии, делопроизводства, банковской деятельности, статистики, информационного поиска и т.п. Программный инструментарий включает в себя шаблоны интерфейса, формульный интерпретатор, генераторы экранных форм и меню-диалога.

А.А. Ермилов

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОДНОРОДНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГОРЯЧИХ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, температура смеси, однородность уплотнения, коэффициент вариации, уплотняющая способность катка.

В работе представлена методика прогнозирования величины вариации коэффициента уплотнения горячих асфальтобетонных смесей, разработанная на основе регрессионного анализа данных натурных экспериментов устройства дорожных покрытий.

А.В. Жданов, Ю.А. Новикова, И.В. Волкова

К ВОПРОСАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ
СИСТЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО
КРОВООБРАЩЕНИЯ (ИСВК)

Ключевые слова: мехатронный модуль, имплантируемая система вспомогательного кровообращения, методика, синтез, моделирование.

Предложена методика проектирования мехатронных модулей имплантируемых систем вспомогательного кровообращения. Описаны этапы проектирования мехатронных модулей по предложенной методике.

Д.А. Захаров, П.А. Козлов, Л.Г. Резник
ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ-
РЕФРИЖЕРАТОРОВ С ХОЛОДИЛЬНЫМИ
УСТАНОВКАМИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ТИПА К
ПЕРЕВОЗКЕ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ ПО
РАСХОДУ ТОПЛИВА

Ключевые слова: приспособленность, суровость, повышение эффективности.

В работе рассмотрены вопросы, связанные с повышением эффективности перевозок скоропортящихся грузов, оценки суровости условий эксплуатации и уровня приспособленности автомобилей-рефрижераторов к этим условиям.

Д.А. Захаров, П.А. Козлов, Л.Г. Резник
ДИФФЕРЕНЦИРУЕМОЕ НОРМИРОВАНИЕ
РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ-
РЕФРИЖЕРАТОРОМ ПРИ РАБОТЕ НА
РАЗВОЗОЧНЫХ МАРШРУТАХ

Ключевые слова: расход топлива, рефрижератор, дифференцируемое нормирование.

В работе представлены результаты исследований влияния условий эксплуатации на расход топлива автомобилем-рефрижератором, оборудованным холодильной установкой каталитического типа.

operations, statistics, information retrieval, etc. The software tools includes interface patterns, formula interpreter, generators of screen forms and menu –select interaction.

A.A. Ermilov

TECHNIQUE OF FORECASTING OF UNIFORMITY
OF CONSOLIDATION OF HOT ASPHALT
CONCRETE MIXES

Keywords: asphalt concrete mix, mix temperature, uniformity of consolidation, the variation coefficient, condensing ability of a skating rink.

In work the technique of forecasting of size of a variation of coefficient of consolidation of the hot asphalt concrete mixes, developed on the basis of the regression analysis of these natural experiments of the device of pavings is presented.

A.V. Zhdanov, Y.A. Novikova, I.V. Volkova
DESIGN ISSUES MECHATRONIC MODULES
IMPLANT SYSTEMS CIRCULATORY SUPPORT
(ISCS)

Keywords: mechatronic module implantable circulatory support system, method, synthesis, simulation.

A method of designing mechatronic modules implantable circulatory support systems. The stages of the design of mechatronic modules for the proposed methodology.

D.A. Zakharov, P.A. Kozlov, L.G. Reznik
ADAPTABILITY OF MOTOR-REFRIGERATORS
EQUIPPED BY REFRIGERATOR UNIT OF
CATALYTIC TYPE, TO TRANSPORTATION OF
PERUSABLE GOODS BY THE FUEL
CONSUMPTION

Keywords: adaptability, severe operation conditions, increasing of efficiency

The article deals with problems of efficiency of perishable goods rising, evaluation of operation conditions severity and the level of motor-refrigerators adaptability to these conditions.

D.A. Zakharov, P.A. Kozlov, L.G. Reznik
DIFFIRIENSATED FUEL CONSUMPTION
ESTIMATION BY MOTOR-REFRIGERATOR WHEN
OPERATING ON THE TRANSPORTATION ROUTES

Keywords: fuel consumption, refrigerator unit, diffiriensated fuel consumption estimation.

This paper presents the results of researching of influence of operation conditions on motor-refrigerators fuel consumption, equipped with refrigerator unit of catalytic type.

Н.С. Захаров, Л.А. Текутьев
ВЛИЯНИЕ ИНДЕКСА КЛИЕНТСКОЙ
ЛОЯЛЬНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ
АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: поведение потребителей, клиентская лояльность, индекс клиентской лояльности, системный анализ, количество обслуживаний, прибыль станции сервисного обслуживания.

В статье описывается понятие клиентской лояльности, определяется её численный показатель, указываются области бизнеса, активно использующие методики измерения индекса клиентской лояльности, выдвигаются и проверяются гипотезы о влиянии индекса клиентской лояльности на эффективность работы сервисного предприятия.

Д.П. Ильященко
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЯ
КАПЛИ РАСПЛАВЛЕННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО
МЕТАЛЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ
ПИТАНИЯ РДС

Ключевые слова: дуговая сварка, тип источника питания, свойства сварных соединений.

В работе приведена методика расчета теплосодержания капель расплавленного электродного металла в зависимости от энергетических параметров источников питания ручной дуговой сварки покрытыми электродами. Установлено, что тип источника питания сварки оказывает значительное влияние на температуру, массу и площадь активной поверхности электродных капель.

В.Н. Карнаухов
ВЛИЯНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО
КОЭФФИЦИЕНТА НА РАСХОД ТОПЛИВА

Ключевые слова: расход топлива; эксплуатация двигателей; давление воздуха; температура окружающего воздуха, влажность воздуха, плотность воздуха.

Сегодня особое внимание уделяется проблемам снижения потребления топлива и существенному сокращению выброса углеводородов при сохранении высокой удельной мощности двигателей. Использование современных методов позволяет расчетным путем оценивать экономические и экологические показатели ДВС. Возможность улучшения эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания является одной из основных проблем. В статье рассмотрен вопрос влияния корректирующего коэффициента на расход топлива, работу и пуск двигателя.

М.В. Клековкина, Е.В. Котельников
СНИЖЕНИЕ ТРУДОЗАТРАТ ЭКСПЕРТА В
АЛГОРИТМЕ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОВАРЯ
ОЦЕНОЧНОЙ ЛЕКСИКИ

Ключевые слова: анализ тональности, лексический подход, словарь оценочной лексики.

N.S. Zakharov, L.A. Tekutyev
INFLUENCE OF CUSTOMER LOYALTY INDEX ON
THE PERFORMANCE OF SERVICE ENTERPRISE

Keywords: demeanor of customer, customer loyalty, index of customer loyalty, system analysis, the number of maintenance, profit of service station.

The article describes the concept of customer loyalty, determines his numerical index, identifies areas of business, actively using measurement techniques customer loyalty index, proposed and checked adequacy of hypothesis of influence of customer loyalty index on the performance of service enterprise.

D.P. Il'yaschenko
CALCULATION ENTHALPY DROPLETS OF
MOLTEN ELECTRODE METAL DEPENDING ON
THE ENERGY SCALE OF SOURCES MMA

Keywords: arc welding power supply type, properties of welded joints.

The paper describes a method of calculating the heat content of droplets of molten metal electrode depending on the energy parameters of the power supply manual arc welding with coated electrodes. It has been established that the type of the welding power source has a significant influence on the temperature and the mass of the electrode active surface area of droplets.

V.N. Karnaukhov
INFLUENCE CORRECTION COEFFICIENTS ON
FUEL CONSUMPTION

Keywords: fuel consumption; operation of engines; air pressure; ambient air temperature, air humidity, air density.

Today special attention is paid to the problems of reducing fuel consumption and a substantial reduction in the emission of hydrocarbons while maintaining the high power density of the engine. The use of modern techniques allows a calculation by estimating the economic and environmental indicators. Improved performance of internal combustion engines is one of the main problems. In the article the question of correction factors for fuel consumption, engine work and start.

M.V. Klekovkina, E.V. Kotelnikov
REDUCTION OF EXPERT'S EFFORTS IN THE
SENTIMENT LEXICON GENERATION
ALGORITHM

Keywords: sentiment analysis, lexical approach, sentiment lexicon.

В статье рассматривается алгоритм формирования словаря оценочной лексики для решения задачи анализа тональности. Экспертная оценка позволяет говорить об убывающем экспоненциальном характере распределения оценочных слов в полном словаре коллекции текстов, упорядоченном на основе веса RF (Relevance Frequency). Эксперименты с коллекциями отзывов о фильмах семинара РОМИП и сайта www.kinopoisk.ru показывают, что просмотр экспертом всего 20% полного словаря позволяет выявить такой набор оценочных слов, на основе которого достигается качество классификации по тональности, отличающееся от максимального не более чем на 5%.

Г.Е. Кокиева

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ АППАРАТОВ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Ключевые слова: Ферментатор, культивирование микроорганизмов, износ рабочих элементов ферментаторов, дефекты.

В статье описывается технология и способы измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов. Рассматривается ферментатор, предназначенный для культивирования микроорганизмов. Повышенный износ рабочих элементов которых, является одной из главных причин резкого снижения производительности.

Г.Е. Кокиева

ДЕФЕКТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ НЕСОБЛЮДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКТИВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ФЕРМЕНТАТОРОВ. ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Ключевые слова: срок службы, величина износа, износ деталей.

В процессе эксплуатации оборудования возникают дефекты деталей, что затрудняет эффективность работы оборудования и в частности всего процесса работы. Величина износа определяется установленными единицами длины, объема, массы и др. Причинами дефектов могут служить: отжиги различного рода, закалка, отпуск, старение и т.д.

**Ю.Н. Логинов, Н.А. Бабайлов, Д.Н. Первухина
НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БРИКЕТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Ключевые слова: брикет металлургический, метод конечных элементов, напряженное состояние.

В работе представлены результаты расчета напряженного состояния брикета методом конечных элементов. Определены области сжимающих и растягивающих напряжений в брикете. Рассмотрены условия, влияющие на процесс разрушения брикета.

In this paper the sentiment lexicon generation algorithm used for the sentiment analysis is considered. The expert assessment allows to show the descending exponential nature of the sentiment words distribution in the full dictionary of a text collection, ordered on the basis of the weight RF (Relevance Frequency).

The experiments with the collections of movie reviews of the ROMIP seminar and the site www.kinopoisk.ru show that the expert can view only 20% of the total dictionary to reveal such a set of sentiment words, on the basis of which the quality of sentiment classification is achieved, which differs from the maximum by not more than 5%.

G.E. Kokieva

MEASUREMENT TECHNOLOGY OF WORKING SURFACES UNDER DEFECT APPARATUS FOR THE CULTIVATION OF MICROORGANISMS

Key words: fermenter, cultivation of microorganism, wearout of work items fermenters, defect.

The article describes the basis for the biotechnological process, namely technology and methods of measurement of work surfaces while inspecting vehicles for the cultivation of microorganisms. Fermenter treated, intended for the cultivation of microorganisms. Increased wear of the elements, which is one of the main reasons for the sharp decrease.

G.E. Kokieva

DEFECTS FORMED FOR NON-COMPLIANCE HEAT TREATMENT PROCESS DESIGN DETAILS FERMENTER CAUSES AND REPAIR

Key words: tenure of employment, size of wear, wear of details.

In the process of exploitation of equipment there are defects of details, that hampers efficiency of work of equipment and in particular all process of work. The size of wear is determined by the set length units, by volume of, the masses and other. Reasons of defects can serve as: annealing of different family, tempering, vacation, aging et cetera.

**Y.N. Loginov, N.A. Babailov, D.N. Pervukhina
THE STRESS STATE OF METALLURGICAL BRIQUETTES UNDER THE CONCENTRATED LOAD**

Keywords: metallurgical briquette, stress state, finite element method.

This paper presents the results of the stress state study by finite elements method. The fields of compressive and tensile stress were defined. The conditions of the briquette destruction were described.

И.В. Макарова, А.И. Легаев, В.А. Куничан,
Н.Н. Волкова

РАСТВОРИМОСТЬ ГЛИКОЛЯТА НАТРИЯ В
ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ИЗОПРОПИЛОВОГО
СПИРТА

Ключевые слова: растворимость, гликолят натрия,
изопропиловый спирт.

Данная статья посвящена исследованию растворимости гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта. Показано, что при растворении определенных концентраций гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта происходит разделение исследуемой смеси на два слоя. Получены экспериментальные данные и уравнение для расчета растворимости гликолята натрия в водных растворах изопропилового спирта.

Р.А. Мамедов

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ
МАССИРОВАННЫХ АТАК РАСПРЕДЕЛЕННОГО
ОТКАЗА В ОБСЛУЖИВАНИИ НА СЕРВЕР СО
СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ

Ключевые слова: DDOS, ботнет, ширина канала,
WEB-сервер.

В работе представлены результаты изучения методов формирования зараженных сетей с их организационной структурой, также проведен анализ применения атак посредством данных сетей на отказ в обслуживании канала сервера. Выявлены наиболее уязвимые участки системы и предложена методика по их устранению.

Г.А. Менделев

ФОРМИРОВАНИЕ «ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ»
АВТОСТОЯНОК

Ключевые слова: уровень автомобилизации,
перехватывающие парковки, скорость сообщения,
уровень загрузки дороги движением.

В последнем десятилетии в связи с быстрым увеличением численности легковых автомобилей в крупных городах вырос и объем перевозок на них. Повысилась численность культурно-бытовых поездок в центр города из пригородной зоны и близлежащих городов. В связи с этим увеличилась загрузка улично-дорожной сети автомобильным транспортом, и особенно в центре города, где появились заторы в уличном движении, а застройка оказалась в условиях повышенной зашумленности и загазованности.

Е.Н. Минаев

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ
ОПРЕДЕЛЕНИИ КОНСТАНТ КОНВЕКТИВНОЙ
ДИФФУЗИИ В УЗКИХ КАНАЛАХ

Ключевые слова: электрохимический контроль
кислорода, уравнение конвективной диффузии.

Проведён анализ математической модели конвективной диффузии кислорода в проточном канале. Получены соотношения, позволяющие свести определение исходной концентрации кислорода и его

I.V. Makarova, A.I. Legaev, V.A. Kunichan,
N.N. Volkova

SOLUBILITY SODIUM GLYCOLATE IN A WATER
SOLUTION OF ISOPROPRANOL

Keywords: solubility, sodium glycolate, isopropanol.

This article is devoted to the investigation of solubility sodium glycolate in a water solution of isopropanol. It is shown that when dissolved in the water solutions of isopropanol the mixture analyzed is separated into two layers. The experimental data and the equation for calculation of solubility of sodium glycolate in a water solution of isopropanol are obtained.

R.A. Mamedov

THE ANALYSIS OF APPLICATIONS AND
IMPLICATIONS OF MASSIVE DISTRIBUTED
DENIAL ATTACKS OF SERVICE TO THE SERVER
WITH THE AVERAGE POWER

Keywords: DDOS, botnet, width of channel, WEB-server.

The paper presents the results of researching of formation methods of infected networks with their organizational structure, also this paper consists the analysis of the applications of these networks attacks by denial of service channel server. In this article the main problem presents the most vulnerable parts of the system and the methodology for their elimination.

G.A. Mendelev

FORMATION OF "INTERCEPTING" PARKINGS

Key words: level the automobilization intercepting
parkings, message speed, level of loading are expensive
movement.

Last decade in connection with fast increase in number of cars in the large cities the volume of transportations grew by them also. The number of cultural and community trips to the downtown from a residential suburb and the nearby cities increased. In this regard street road network loading by the motor transport, and especially in the downtown where there were traffic jams increased, and building appeared in the conditions of the raised zashumlennost and a gas contamination.

E.N. Minaev

PARAMETRIC IDENTIFICATION FOR
DETERMINATION OF THE CONSTANTS OF
CONVECTIVE DIFFUSION IN THE NARROW
CHANNEL

Keywords: electrochemical control of oxygen, equation
of convective diffusion.

The analysis of the mathematical model of the convective diffusion of oxygen in the flowing channel is presented. Dependence between the concentration of oxygen, the

коэффициента диффузии к измерению электрохимического тока.

diffusion coefficient and the electric current in the sensor is discovered.

This dependence may be used for the electrochemical control of oxygen in different technological apparatuses.

Н.Я. Михалев

О СОХРАНЕНИИ УНИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СВЕТОПРОЗРАЧНОГО ПОКРЫТИЯ ГЛАВПОЧТАМТА В Г. МОСКВЕ

Ключевые слова: металлические конструкции, надежность, долговечность конструкции, поверхностная коррозия.

N.Ya. Mihalev

PRESERVATION OF UNIQUE STRUCTURAL STEEL TRANSLUCENT COVER POST OFFICE IN MOSCOW

Key words: metal structures, reliability, durability of structures, Surface corrosion.

В статье приводятся некоторые сведения о состоянии металлических конструкций здания Главпочтамта в г. Москве, одним из авторов которого был выдающийся российский инженер Шухов В.Г. В текущем году отмечается 100-летний юбилей с начала эксплуатации здания. По результатам обследования выявлены традиционные для подобных конструкций дефекты и повреждения. Для обеспечения сохранности уникальных конструкций исторического здания Главпочтамта рекомендуется наладить постоянный мониторинг их технического состояния и разработать специальные мероприятия для защиты конструкций от прогрессирующего разрушения.

The article provides some information on the state of the metal structures of the building post office in Moscow, one of the authors of which was an outstanding Russian engineer VG Shukhov This year marks the 100th anniversary of the beginning of the building. According to a survey identified traditional designs such defects and damage. To ensure the preservation of a historic building unique designs Post Office should establish a permanent monitoring of the technical state and develop specific measures to protect structures from accelerated deterioration.

Нгуен Тхань Туан, Д.В. Орешкин

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГАЗОБЕТОНА ДЛЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ВЬЕТНАМА

Ключевые слова: автоклавный и неавтоклавный газобетон, рентгенофазовый и микроструктурный анализ, метакаолинит, микрокремнезём, рисовая шелуха, портландцемент.

Nguen Than Tuan, D.V. Oreshkin

RESEARCH OF THE STRUCTURE OF AERATED CONCRETE FOR HOUSING IN VIETNAM

Keywords: autoclave and non-autoclave aerated concrete, x-ray diffraction and micro structural analysis, metakaolin, microsilica, rice husks, Portland cement.

В статье даются климатические, демографические, экономические условия строительства во Вьетнаме. Рассматриваются структура и свойства автоклавного и неавтоклавного газобетона с метакаолинитом, микрокремнезёмом и рисовой шелухой. Приводятся результаты микроструктурного и рентгенофазового анализа цементного газобетона с метакаолинитом. В статье определены фазы при формировании структуры газобетона.

The article provides demographic, economic, climatic conditions construction in Vietnam. Describes the structure and properties of autoclaved aerocrete and with metakaolin, microsilica and rice husks. The results of XRD and microstructure of cement aerated concrete with metakaolin. The article determines the phase in the formation of structure of aerated concrete.

К.П. Никонов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВГО РЕЖИМА ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ В САПР SOLIDWORKS

Ключевые слова: проектирование датчика давления; модель для MCAD систем; тепловой анализ в САПР SolidWorks.

K.P. Nikonov

RESEARCH OF THERMAL MODE OF PRESSURE SENSOR IN CAD SOLIDWORKS

Keywords: design of the pressure sensor, model for MCAD systems, thermal analysis in CAD SolidWorks.

В статье приводится методика расчета в САПР SolidWorks теплового режима датчика давления. Представлена разработанная модель датчика для MCAD систем, а также приведены результаты предварительных испытаний макета датчика в диапазоне температур от -60°C до +80°C. Погрешность моделирования не превышает 4,5 %, выбранный вариант конструкции датчика давления является работоспособным в указанном температурном диапазоне.

The article provides a method of calculating in the CAD SolidWorks thermal mode of pressure sensor. The developed sensor model for MCAD systems, as well as the results of preliminary testing of the layout of the sensor in the temperature range from -60 ° C to +80 ° C are presented. Uncertainty modeling is not more than 4.5%, the selected variant of design of the pressure sensor is operative in said temperature range.

О.А. Новоселов, В.Н. Пермяков, Е.И. Макаров
ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ НА
ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ
БУЛЬДОЗЕРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: бульдозеры, интенсивность
эксплуатации, гармоническая модель, нефтегазовые
объекты.

В статье рассматривается проблема влияния сезонных условий на интенсивность эксплуатации бульдозеров, работающих на отсыпке оснований нефтегазовых объектов. Экспериментально установлены закономерность изменения месячных наработок бульдозеров Т-170. Показана адекватность гармонической модели, определены численные значения ее параметров.

И.Ю. Обухов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕРХЗВУКОВОГО
ДИФFUЗОРА РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА НА
МАЛЫХ УГЛАХ АТАКИ

Ключевые слова: ракетно-прямоточный двигатель,
сверхзвуковой диффузор, угол атаки, реактивный
снаряд.

Работа посвящена функционированию сверхзвукового диффузора с внешним сжатием ракетно-прямоточного двигателя на твердом топливе (РПДТ) реактивного снаряда. Конструкция была спроектирована с помощью разработанной программы, предназначенной для расчета энергетических, тяговых и удельных характеристик РПДТ. Для определения параметров потока в диффузоре рассматривается диапазон углов атаки от 0° до 3° .

В работе получены распределение параметров воздушного потока за замыкающим прямым скачком уплотнения, расходные характеристики диффузора и построены графики зависимости при различных углах атаки, а также приведены картины распределения газодинамических процессов при обтекании головной части снаряда на данном режиме работы. На основании полученных результатов исследования сделан вывод о возможности функционирования диффузора РПДТ перспективного снаряда в заданном диапазоне углов атаки.

А.В. Ожогин, М.А. Ленский, Д.В. Корабельников,
Ю.Ю. Свирина

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ
МОДЕЛЬНЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ДЛЯ
ЭКСПРЕСС АНАЛИЗА ИХ СВОЙСТВ

Ключевые слова: Стеклопластик, слоистые пластики,
изготовление, модельные образцы, модификация,
свойства, испытания.

В статье проанализированы способы изготовления образцов стеклопластиков для проведения исследовательских работ по модификации его свойств. Предложена лабораторная установка для изготовления модельных образцов однонаправленного стеклопластика на основе различных видов связующих

O.A. Novoselov, V.N. Permyakov, E.I. Makarov
SEASONAL CONDITIONS INFLUENCE ON
BULLDOZERS OPERATION INTENSITY AT OIL
AND GAS OBJECTS BASES CONSTRUCTION

Keywords: bulldozers, operation intensity, harmonious
model, oil and gas objects.

In the article, the problem of seasonal conditions influence on operation intensity of bulldozers working at oil and gas objects bases backfill is considered. Changes regularities of monthly times to failure of T-170 bulldozers are experimentally determined. Adequacy of harmonious model is shown, numerical values of its parameters are defined.

I.J. Obuhov

RESEARCH OF THE WORKING SUPERSONIC
DIFFUSER MISSILE AT SMALL ANGLES OF
ATTACK

Keywords: rocket-ramjet engine, supersonic diffuser,
angle of attack, the missile.

The work is devoted to the functioning of the supersonic diffuser with external compression rocket-ramjet engine for solid fuels (RPDT) missile. The construction was designed by using the developed program, for the calculation of power, traction and specific characteristics RPDT. The range of angles of attack is considered between 0° to 3° to determine the flow parameters in the diffuser.

In the work, the distribution of parameters of airflow for closing a normal shock wave, flow characteristics of the diffuser and plotted at different angles of attack, as well as shows the distribution pattern of pulsed flow around the head of the projectile in this mode. Based on the results of the study concluded that the possibility of long-term functioning of the diffuser RPDT projectile within a predetermined range of angles of attack.

A.V. Ozhogin, M.A. Lenskiy, D.V. Korabel'nikov,
U.U. Svirina

DEVELOPMENT METHODS OF A RECEIPT
MODEL FIBERGLASS FOR RAPID ANALYSIS OF
THEIR PROPERTIES

Keywords: Fiberglass, laminates GRP samples, model
samples, modification, properties, testing.

The paper analyzes the methods GRP samples manufacture for research to modify its properties. laboratory facility of unidirectional fiberglass model samples based on different types of binder is Proposed in order to conduct further tests to significantly reduce the time and material costs of the study. Shows the results of studies confirming the compliance characteristics of

с целью проведения дальнейших испытаний, позволяющая значительно сократить время и материальные расходы на исследования. Показаны результаты исследований, подтверждающих соответствие характеристик модельных образцов стеклопластика и образцов, полученных на промышленном оборудовании.

С.А. Пашкевич, А.П. Пустовгар, А.В. Еремин,
А.О. Адамцевич, Ф.А. Гребенщиков
ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОКСИДОВ
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ, ТВЕРДЕЮЩИХ
ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ И
МАЛОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Ключевые слова: полиэтиленоксид, молекулярная
масса, температура, штукатурный раствор,
прочность.

В работе рассмотрено влияние добавки полиэтиленоксида молекулярной массы 2000, 4000, 6000 на физико-механические свойства штукатурных растворов, твердеющих при отрицательной температуре. Показана зависимость прочности сцепления с пенополистиролом, прочности на сжатие и изгиб штукатурных растворов, твердевших при температуре (+5...-10)°C от величины молекулярной массы рассматриваемых полиэтиленоксидов.

Р.В. Пельмегов
ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ
КАЧЕСТВА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТНЫХ
ЭКСПЕРТНЫХ ВЫБОРОК

Ключевые слова: геофизические исследования,
контроль качества, итерационное моделирование,
автоматизация.

Работа посвящена развитию научных основ, методов и технологий автоматизированного контроля качества входящего регулярного дискретного сигнала. Предложена конструкция эвристического алгоритма решения задачи контроля качества данных с применением методов восстановления неполных данных. Подробно рассмотрена математика и геометрическая интерпретация методов итерационного моделирования неполных данных с помощью линейных, квазилинейных и самоорганизующихся многообразий малой размерности, используемых в авторской реализации алгоритма.

В.Н. Пермяков, О.А. Новоселов, А.Н. Макарова
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БУЛЬДОЗЕРОВ
Б170М1Б.01В4 ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ОСНОВАНИЙ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: бульдозеры, надежность, наработка
на отказ, нефтегазовые объекты.

В статье рассматривается проблема обеспечения надежности бульдозеров, работающих на отсыпке оснований нефтегазовых объектов. Выявлены типичные отказы. Экспериментально установлены закономерности распределения наработок на отказ

fiberglass model samples and samples obtained on industrial equipment.

S.A. Pashkevich, A.P. Pustovgar, A.V. Eremin,
A.O. Adamcevich, P.A. Grebenshchikov
INFLUENCE OF THE SOME POLYETILEN OXIDES
ON THE STRENGHT PROPERTIES OF THE ETICS'S
MORTARS HARDIRING AT LOW TEMPERATURE
Keywords: ETICS's mortar, polyetilen oxide, molecular
mass, temperature, strenght

In work considered the influence of polyethylene oxides 2000, 4000, 6000 on the strenght properties of ETICS's mortars hardening at low temperature. Show the dependence of adhesion strength on polystyrene substrate, the compressive strength and flexural strength of ETICS's mortars hardening at (+5 ... -10) ° C by the molecular mass of the polyethylene oxide.

R.V. Pelmegov
HEURISTIC ALGORITHM FOR ASSESSING THE
QUALITY OF DATA WITH UNKNOWN
DISTRIBUTION LAW

Keywords: geophysical research, quality control,
iterative modeling, automation.

Work is devoted to the development of scientific fundamentals, methods and technologies of automated quality control of regular digital signal. A design of the heuristic algorithm for solving the problem of data quality control methods using incomplete data recovery. Discussed in detail the mathematics and geometric interpretation of the iterative methods for modeling incomplete data using linear and quasi-linear self-assembled manifolds of small dimension, used in the author's implementation of the algorithm.

V.N. Permyakov, O.A. Novoselov, A.N. Makarova
RELIABILITY ASSESSMENT OF B170M1B.01V4
BULLDOZERS AT BASES CONSTRUCTION FOR
OIL AND GAS OBJECTS

Keywords: bulldozers, reliability, time between failures,
oil and gas objects.

In the article, the problem of reliability ensuring of bulldozers working at oil and gas objects bases backfill is considered. Typical failures are revealed. Time between failures distribution regularities of running gear elements and engine are experimentally determined.

элементов ходовой части и двигателя. Показана адекватность гармонической модели, определены численные значения ее параметров.

Adequacy of harmonious model is shown, numerical values of its parameters are defined.

Р.М. Печерская, А.В. Чижов
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ
МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЕРМАЛЛОЕВ
В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ключевые слова: магнитомягкие материалы, пермаллой, максимальная магнитная проницаемость, измерение.

R.M. Pecherskaya, A.V. Chizhov
METHODOLOGY OF DETERMINING OF
MAXIMUM PERMEABILITY OF PERMALLOY IN
CONSTANT MAGNETIC FIELD

Keywords: magnetic materials, permalloy, maximum permeability, measurement.

Развита методика измерения максимальной магнитной проницаемости в постоянных магнитных полях. Методика позволяет измерять проницаемость Fe-Ni сплавов с методической погрешностью менее 1% при снижении времени измерения.

The technique of measuring the maximum magnetic permeability in constant magnetic fields has been developed. The technique allows to measure the permeability of Fe-Ni alloys with methodological error of less than 1% while reducing measurement time.

А.В. Писцов, Ю.А. Эртман, Л.Г. Резник
ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ
ПЕРЕСЕЧЕНИЙ К УДОВЛЕТВОРЕНИЮ
ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА В ПЕРЕМЕННЫХ
УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Ключевые слова: дорожное движение, приспособленность, транспортный спрос, регулируемое пересечение.

A.V. Pistsov, J.A. Ertman, L.G. Reznik
REGULATED INTERSECTIONS ADAPTABILITY
TO THE SATISFACTION OF TRANSPORT
DEMAND IN THE VARIABLE CITY
TRAFFIC CONDITIONS

Keywords: traffic, adaptability, transport demand, adjustable intersection.

В статье обоснована актуальность исследований на тему повышения эффективности работы регулируемых пересечений в переменных условиях городского движения, а также установлена возможность применения понятия «приспособленность» применительно к удовлетворению транспортного спроса.

The article describes the relevance of research on improving the controlled intersections efficiency indifferent urban driving conditions, as well as a proved the possibility of the concept of adaptability applied to the transport demand satisfaction.

А.К. Погодаев, К.В. Дождиков
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТА

Ключевые слова: бизнес-процессы, конкурентоспособность продукции, качественные характеристики, компоненты продукта, древовидный граф.

A.K. Pogodaev, K.V. Dozhdikov
EFFECTIVENESS OF PRODUCT
MANUFACTURING PROCESSES ANALYSIS

Keywords: processes, competitiveness, quality characteristics, components of the product, tree-like graph.

В статье рассматривается методика анализа бизнес-процесса, которая на основе декомпозиции продукта и бизнес-процесса его производства позволяет оценить эффективность процессов с точки зрения качественных показателей продукта и его компонент, влияющих на ценностные характеристики продукта и его конкурентоспособность. Бизнес-процесс производства продукта представлен в виде древовидного графа, вершины которого соответствуют моментам окончания процессов формирования компонент продукта и их качественных характеристик.

The technique of business process analysis, which is based on the decomposition of the product and its business process was considered. This method evaluates the effectiveness of production processes in terms of quality indicators of the product and its components affecting the value characteristics of the product and its competitiveness. Product manufacturing processes represented as a tree-like graph whose vertexes correspond to the end of any component of the product formation process and moment of the qualitative characteristics measurement.

М. Прокич
АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ
ПРИ РАСЧЕТЕ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ
ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ НА КРУЧЕНИЕ

Ключевые слова: сетка разбиения на конечные элементы, тонкостенные стержни открытого профиля, кручение, угол поворота, секториальные напряжения.

M. Prokic
NUMERICAL SOLUTION CONVERGENCE
ANALYSIS AT CALCULATING THIN-WALLED
OPEN SECTION BEAMS IN TORSION

Keywords: mesh partitioning into finite elements, thin-walled open section beam, torsion, rotation angle, sectorial normal stresses.

В статье выполнен расчет тонкостенных стержней открытого профиля на кручение в современных вычислительных комплексах. Проведен анализ сходимости численных результатов с теоретическими решениями в зависимости от сетки разбиения модели на конечные элементы. Даны рекомендации к выбору сетки разбиения расчетной модели.

**В.И. Римшин, А.И. Галубка, А.В. Синютин
ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ
КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ**

Ключевые слова: Строительные конструкции. Плиты покрытий. Альтернативный вариант предложения по усилению плит покрытия высокопрочной углеволокнистой тканью.

В статье рассматриваются варианты усиления строительных конструкций на примере железобетонных плит покрытия многопролетного одноэтажного здания «Дворца детского спорта». Представлены преимущества усиления строительных конструкций композитной арматурой (высокопрочной углеволокнистой тканью). Предлагается инженерный расчет усиления.

**Ю.А. Садырева, И.Ф. Киссельман, В.Ф. Беккер
ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ АБГАЗОВ
В АППАРАТАХ С ПОДВИЖНОЙ НАСАДКОЙ**

Ключевые слова: колонна с подвижной насадкой, трехфазный псевдооживленный слой гидравлическое сопротивление, улавливание пыли.

Проведено экспериментальное исследование гидродинамики колонны с подвижной насадкой. Получены зависимости гидравлического сопротивления колонны от скорости газового потока и плотности орошения. Приведены результаты исследования улавливания пыли в колонне с подвижной насадкой.

**С.А. Семенова
ПОТРЕБНОСТЬ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТЕЙ
МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ И
ИНВАЛИДОВ**

Ключевые слова: город, «безбарьерная» городская среда, комплексная оценка городской среды с учетом потребностей маломобильных групп населения и инвалидов.

В статье приводятся результаты исследования по вопросам формирования «безбарьерной» городской среды, адаптированной к потребностям маломобильных групп населения и инвалидов. Автором разработана методика комплексной оценки городской среды на предмет её соответствия потребностям маломобильных групп населения и инвалидов, предложены и обоснованы критерии для комплексной оценки и сформирована система показателей оценки, соответствующая критериям.

The article examines a calculation of thin-walled open section beams in torsion in modern computer complexes. The analysis of numerical results convergence with the theoretical solutions, depending on the mesh partitioning into finite elements is performed. Recommendations for the mesh size selection in computational model are given.

**V.I. Rimshin, A.I. Galubka, A.V. Sinjutin
ENGINEERING CALCULATION METHOD GAIN
CONCRETE SLABS COVERING THE COMPOSITE
REINFORCEMENT**

Keywords: Building construction. Plate coatings. An alternative version of the proposal to strengthen the plates of the high carbon fiber cloth.

This article discusses the options for strengthening building structures on the example of concrete slabs covering multispans floor building "Palace of children's sports." Gain advantages presented constructions composite rebar (high carbon fiber cloth). It is proposed to strengthen the engineering calculation.

**Yu.A. Sadyreva, I.F. Kisselman, V.F. Becker
INDUSTRIAL DEDUSTING OFF-GASES IN THE
APPARATUS WITH MOVABLE NOZZLE
INCLUDED**

Keywords: Columns with floating bubble breakers, three-phase air-fluidized bed, hydraulic resistance, water concentration, gas velocity, dust suppression.

The pilot research of the columns with floating bubble breakers is conducted. Dependences of hydraulic resistance of a column on the gas velocity and water concentration are received. Results of research of catching of a dust are given in the columns with floating bubble breakers.

**S.A. Semenova
THE NEED FOR A COMPREHENSIVE
ASSESSMENT OF URBAN ENVIRONMENT WITH
THE NEEDS OF PEOPLE WITH LIMITED
MOBILITY AND DISABLED**

Key words: city, «barriers-free» city environment, complex appraisal of city environment with regard for the needs of the disabled and scarcely mobile groups of population.

The article presents the results of the research into the formation of «barriers-free» city environment adapted to the needs of the disabled and scarcely mobile groups of population. The authors have devised the methods of the complex appraisal of city environment with regard for its conformity with the needs of the disabled and scarcely mobile groups of population. The authors suggest and substantiate criteria for the complex appraisal and create the index system in line with these criteria.

В.П. Славненко, Н.Н. Якунин, М.В. Дашко
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ
АВТОБУСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ МАРШРУТОВ В
Г. КУМЕРТАУ

Ключевые слова: пассажиропоток, закономерности распределения пассажиропотоков, транспортная сеть, организация перевозок, эффективность.

Автотранспортные предприятия, осуществляющие перевозку пассажиров предоставляют не только подвижной состав, но и планируют движение автобусов на маршруте, составляют график движения.

Основными задачами организации пассажирских перевозок являются:

- полное удовлетворение потребностей населения в пассажирских перевозках;

- эффективное использование подвижного состава;

- максимальное снижение транспортных расходов;

- построение правильной структуры автобусных маршрутов.

В предлагаемой статье рассмотрены возможные варианты снижения числа недостатков в организации автобусных перевозок с целью повышения безопасности и транспортной подвижности населения.

А.С. Терехов, А.Н. Макарова, А.В. Мальшаков
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ
ПОДВЕСКИ АВТОБУСОВ БОЛЬШОГО КЛАССА

Ключевые слова: надежность, автобусы, пневматическая подвеска, наработка на отказ, закон распределения.

В статье рассматривается проблема надежности подвески автобусов большого класса. На основе эксперимента установлены наработки на отказ баллонов пневматической подвески. Определены параметры законов распределения. Рассмотрены варианты использования полученных результатов.

В.А. Тихонов, А.А. Лебедев, Ю.П. Кирич
ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИТАНА

Ключевые слова: восстановление тетраоксида титана магнием, нерасслоение магния и хлорида магния, эвристические методы, обогреваемая подина печи восстановления.

В статье рассмотрены особенности ведения процесса восстановления тетраоксида титана магнием при нерасслоении магния и хлорида магния в аппарате восстановления. Показано, что нерасслоение магния и хлорида магния ухудшает технико-экономические показатели производства губчатого титана. Проведён обзор известных подходов к решению проблемы нерасслоения магния и хлорида магния. Установлены основные причины нерасслоения. Рассмотрены эвристические методы управления процессом расслоения магния и хлорида магния в промышленных аппаратах восстановления. Предложен метод повышения эффективности

V.P. Slavenko, N.N. Yakunin, M.V. Dashko
IMPROVING THE STRUCTURE OF THE
PASSENGER BUS ROUTES IN KUMERTAU
Keywords: passenger, distribution patterns of passenger traffic, transport network, organization of transportation, efficiency.

Trucking companies to transport passengers not only provide rolling stock, but also planning the movement of buses on the route up the timetable.

The main objectives of passenger transportation are:

- respond to the needs of the population in passenger traffic;

- Efficient use of rolling stock;

- The maximum reduction in transport costs;

- Building the right structure of bus routes.

In this paper we consider possible options to reduce the number of deficiencies in the organization of bus transportation to enhance safety and transport mobility of the population.

A.S. Terekhov, A.N. Makarova, A.V. Malshakov
RELIABILITY ASSESSMENT OF PNEUMATIC
SUSPENSION BRACKET OF LARGE CLASS BUSES
Keywords: reliability, buses, pneumatic suspension bracket, time between failures, distribution law.

In the article, the problem of reliability of a suspension bracket of large class buses is considered. Times between failures of a pneumatic suspension bracket cylinders are established, on the basis of experiment. Parameters of distribution laws are determined. Use options of the received results are considered.

V.A. Tikhonov, A.A. Lebedev, U.P. Kirin
HEURISTIC METHODS IMPROVING THE RETURN
OF TITANIUM

The peculiarities of the process reduction of titanium tetrachloride with magnesium non stratification magnesium and magnesium chloride in the recovery unit. It is shown that non stratification magnesium and magnesium chloride worsens the performance of titanium sponge. A review of the known approaches to solving the problem non stratification magnesium and magnesium chloride. The basic reasons non stratification. Considered heuristics process control bundle of magnesium and magnesium chloride in industrial recovery devices. We propose a method for increasing the efficiency of separation of magnesium chloride and magnesium chloride, based on the management of heating furnace hearth recovery.

расслоения магния и хлорида магния, основанный на управлении обогревом подины печи восстановления.

А.Р. Туснин
МЕМБРАННЫЕ СИСТЕМЫ С
НЕПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ ОПОРНЫМИ
КОНТУРАМИ

Ключевые слова: мембрана, опорный контур, геометрическая нелинейность.

В покрытиях зданий и сооружений могут применяться мембранные конструкции, имеющие непрямолинейный в вертикальной плоскости опорный контур. При проектировании таких конструкций необходимо выявить параметры, определяющие их работу. В статье с использованием простой мембранной модели установлены обобщённые характеристики, при сохранении которых корректирующие коэффициенты для определения усилий и перемещений не зависят от размеров, толщины мембраны, нагрузки, жёсткости и уклона контура. Для проверки выявленных обобщённых соотношений выполнены многовариантные численные исследования, которые подтвердили возможность их использования при оценке напряжённо-деформированного состояния мембранной конструкции с ломаным контуром.

В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Е.В. Ильченко
ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
ГЕНЕРАТОРОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Ключевые слова: ультразвук, косвенный контроль, акустическая нагрузка, параметры.

Статья посвящена исследованию возможностей косвенного контроля характеристик акустической нагрузки (обрабатываемой среды) при ультразвуковой кавитационной обработке сред с жидкой фазой для формирования структуры и создания универсального ультразвукового технологического аппарата.

Ю.А. Эртман, С.А. Эртман, О.Н. Перепелкина,
А.Н. Логунова, В.Н. Карнаухов
ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ МАРШРУТОВ
ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА
ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Ключевые слова: транспортная доступность, маломобильные группы населения, инвалиды.

В работе представлена методика оценки транспортной доступности для маломобильных групп населения, актуальная для городского агломерата.

A.R. Tusnin
MEMBRANE STRUCTURES WITH A NON-
STRAIGHT SUPPORT CONTOUR

Keywords: membrane, support contour, geometric nonlinearity.

Membrane structures with a non-straight in the vertical plane support contour can be used in civil and industrial engineering. The parameters influenced on the behaviour of the structure are needed to be revealed to design such structures. In this paper mentioned generalized characteristics are revealed. While preserving these generalized characteristics the correction factors don't depend on sizes and thickness of the membrane, loading, stiffness and a slope of the support contour. To verify the revealed generalized factors the multivariate numerical studies were done. The performed studies have confirmed an opportunity of application of these parameters in the evaluation of stress-strain state of the membrane structure of non-straight support contour.

V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, E.V. Ilchenko
METHODS OF ULTRASONIC TECHNOLOGICAL
APPARATUS ELECTRONIC GENERATORS
IMPROVING

Keywords: ultrasound, indirect control, acoustical load, parameters.

The article is devoted to the researches of indirect control capabilities of ultrasonic technological apparatus acoustical load, and the design of universal ultrasonic apparatus structure.

J.A. Ertman, S.A. Ertman, O.N. Perepyolkina,
A.N. Logunova, V.N. Kharnaukhov
THE ESTIMATE OF ACCESSIBILITY ROUTES OF
CITY PASSENGERS TRANSPORT FOR
HANDICAPPED POPULATION GROUPS

Keywords: transport accessibility, handicapped population groups, people with limited mobility.

This paper presents the method of the transport accessibility estimate for handicapped population groups which is topical for city agglomeration.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья" ООО "Научно-технический вестник Поволжья" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№3 2014

Направления:

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

www.ntvp.ru

Свидетельство № ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Подписано в печать 23.06.2014 Формат 60 x 84 1/8. Печать цифровая.

13,7 усл.печ.л. 15,8 уч.изд.л. Тираж 900 экз. Заказ 1446.

Учредитель: ООО "Научно-технический вестник Поволжья"

420043, Республика Татарстан, Казань,

ул. Лесгафта, д.6

Адрес редакции, издателя и типографии совпадают с адресом учредителя

Цена свободная.

© Научно-технический вестник Поволжья

тел.(843) 216-30-35

факс:(843) 238-32-08

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Научно-технический вестник Поволжья»