

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 5 (194) Ч. 2
2013**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2013

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 5 (194) 2013

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК
Засновник

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано
в Міністерстві юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 15607-4079ПР

від 18.08.2009 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 5 (194) 2013

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN TIMES A YEAR
Founder

Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University

Registered by the Ministry
of Justice of Ukraine

Registration Certificate
KB № 15607-4079ПР

dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних наук* відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Голубенко О.Л., член-кор. Національної академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор),
Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Ver R., dr hab,
Idjer M., dr hab,
Krasowski E., dr hab,
Будіков Л.Я., докт. техн. наук,
Гутько Ю.І., докт. техн. наук,
Дейнека І.Г., докт. техн. наук,
Куликов Ю.А., докт. техн. наук,
Нечаєв Г.І., докт. техн. наук,
Носко П.Л., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Ульшин В.О., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,
Шарка М., dr hab,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Бузько І.Р., докт. екон. наук,
Козаченко Г.В., докт. екон. наук,
Максимов В.В., докт. екон. наук,
Третяк В.В., докт. екон. наук,
Даніч В.М., докт. екон. наук,

Заблюцька І.В., докт. екон. наук,
Свірідова Н.Д., докт. екон. наук,
Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук,
Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук,
Філоненко А.Д., докт. фіз.-мат. наук,
Горшков В.Н., докт. фіз.-мат. наук,
Nowakowski A., dr. hab,
Галстян Г.А., докт. хім. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Захаров І.І., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,
Суворін О.В., докт. техн. наук,
Новаков В.П., докт. хім. наук,
Голосман Е. З., докт. хім. наук.,
Chernyavskij G., dr. hab,
Gadushova Z., dr hab,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Михайлюк В.П., докт. іст. наук,
Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,
Євдокимов М.О., докт. іст. наук,
Санжаров С.М., докт. іст. наук,
Фомин А.И., докт. іст. наук,
Єліна О.Ю., докт. іст. наук,

Відповідальний за випуск: Нечаєв Г.І., докт. техн. наук, проф.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 8 від 26 квітня 2013 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

ЗМІСТ

Нечаев Г.И., Гуцало Б.П., Слободянюк М.Э., Лапаева Е.Н. ОТКРЫТИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ПУНКТА ПРОПУСКА: СОВМЕСТНЫЙ ПОГРАНИЧНЫЙ УКРАИНСКО-РОССИЙСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ	9
Зайнчуковская О.А. АНАЛИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УКРАИНЫ	15
Короп Г.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА НОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ СОРТИРОВОЧНОЙ РАБОТЫ НА ВЫТЯЖНЫХ ПУТЯХ	22
Лучко М.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ ПРОИЗВОДСТВА	27
Попова Ю.М., Ляшенко А.О. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ ЗБУТОВОЇ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА	31
Біліченко В.В., Сломнюк Б.В. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	35
Поляков А.П., Кушнір С.Л., Рациборинський В.В. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ ТА КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ	39
Крещенецький В.Л., Хухлей Я.Т., Бишко М.О. ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ	42
Біліченко В.В., Цимбал С.В. МЕХАНІЗМ АДАПТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ ДО КОЛИВАНЬ РИНКОВОЇ КОН'ЮНКТУРИ	45
Поляков А.П., Маріянюк Б.С., Квасневський С.О. ВПЛИВ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ	49
Варчук В.В., Варчук І.В. ВПЛИВ МАСИ АВТОМОБІЛЯ НА ПОКАЗНИКИ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ	53
Нечаев Г.И., Карский В.О., Трухнов В.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСКОРЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В КАВИТАЦИОННОМ НАСОСЕ-ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЕ	57
Киркин А.П., Киркина В.И. УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ С ДОПОЛНЕНИЕМ КРИТЕРИЕВ ЛОГИСТИКИ	61
Кашканов А.А. МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДОВІДКОВИХ ТА РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ В ЗАДАЧАХ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД	67
Халіпова Н.В. МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	73
Клец Д.М. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРОТИВ ЗАНОСА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	80

Бикова Н.В. ПРІОРИТЕТИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ФАКТОР ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ КРАЇНИ	85
Ковалевский С.В., Романуша В.А., Ленич С.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО КАМЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ	90
Турушина Н.В., Нечаев Г.И., Турушин В.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЯГОВОЙ СИЛЫ НЕПРИВОДНОГО КОНВЕЙЕРА С ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКОЙ ОТ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ	95
Арнаут І.М., Клюев С.О. ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ ДОНБАСУ УКРАЇНИ НА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ	98
Гуляев В.П., Арнаут І.М., Михайлов Д.В. СОЦІАЛЬНІ НЕБЕЗПЕКИ: АЛКОГОЛІЗМ, ТЮТЮНОКУРІННЯ	101
Заверкин А.В., Кузьменко С.В., Сёмин Ю.Г., Чередниченко С.П. ИНТЕНСИВНОСТЬ СМЯТИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ НА ПУТЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	104
Пасіка В.Р., Філь П.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЧАСУ ВИСТОЮ І ЗАКОНУ РУХУ КОМБІНОВАНОГО МЕХАНІЗМУ МАЛЬТІЙСЬКОГО ХРЕСТА	107
Гаркуша Г.Г., Гаркуша А.Н. ПОВЫШЕНИЕ ПРЕСТИЖА МОРСКИХ ПРОФЕССИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ	110
Михайлов Д.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ	112
Арнаут И.Н., Михайлов Д.В., Гуляев В.П., ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА	118
Дубасов В.М., Могильная Е.П., Дубасов А.В. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И СВОЙСТВА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5Ф3-МП, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	122
Драпалюк М.В. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ СУХОГО ФОРМОВАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ	126
Шворникова А.М., Даниленко М.А., Крайнюк А.А., Витренко А.В. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ В ПРЯМОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СООБЩЕНИИ	130
Брешев А.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО ПРИВОДА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК	134
Крайнюк А.О., Варфоломеев О.В., Вітренко О.В., Коротченко Л.Ю. ВПЛИВ ЧИННИКІВ І КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ У СФЕРІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	140
Спирягин В.И., Клюев С.А., Зубарь Е.В. ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛОКОМОТИВА ПРИ УПРАВЛЯЕМОМ ДВИЖЕНИИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ	144
Сторчеус Ю.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЫХ КОМПРЕССОРОВ НА БАЗЕ КАСКАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭНЕРГИИ	147

Кічка О.І., Кічка Є.О. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДСЬКИХ ПРОЦЕСІВ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ	151
Нечаев Г.И., Ускова О.А. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ	156
Кічка О.В., Кічка Т.О. АГЕНТНО-НЕЙРОНЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТРАХОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	158
Тарарычкін І.А., Нечаев Г.И., Слободянюк М.Э. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОДОРОЖНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПРИ НАЛИЧИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ	162
Соловьев В.И., Белозерова Я.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ АУДИОФАЙЛОВ В ЗАДАЧЕ СЕГМЕНТАЦИИ ЗВУКОВОГО ФАЙЛА.....	165
Михайлов Д.В., Гуляев В.П., Арнаут И.Н. ВЛИЯНИЕ ИНФРАЗВУКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.....	169
Михайлов Е.В., Солодовник М.Д., Семенов С.А. ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ ПРИ ДВУХТОЧЕЧНОМ КОНТАКТИРОВАНИИ С РЕЛЬСОМ КОЛЕСА РЕЛЬСОВОГО ЭКИПАЖА	173
Васильев С.К., Шевченко С.І. АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЛУГАНСЬК ВІД ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОМОБІЛІВ	178
Марченко Д.Н. ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ МЕТОДОВ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ	183
Старченко В.М., Полупан Є.В., Шевченко С.І. МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОГО ФРИКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ФІРМИ SHENYANG YUANCHENG FRICTION & SEALING MATERIAL C., LTD. ДЛЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ.....	187
Пукач П.Я., Філь П.В. РЕЗОНАНСНІ ЯВИЩА У СИЛЬНО НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	192
Пительгузов Н.А., Черных А.В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЛУЖБ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	196
Муховатый А.А. НЕЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ С ВЫСОКОЙ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ ЗУБЬЕВ.....	199
Капица М.И. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РЕЖИМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ЗАМЕНОЙ ИЗДЕЛИЙ	204

CONTENTS

Nechaev G., Gutsalo B., Slobodyanyuk M., Lapaeva E. OPENING AND OPTIMIZATION OF INTERNATIONAL TRANSPORT CROSSING POINT: JOINT BORDER UKRAINIAN-RUSSIAN EXPERIMENT	9
Zaynchukovska O. ANALYSIS OF THE PORT'S INFRASTRUCTURE DEVELOPMENTS STRATEGIC PROSPECTS IN UKRAINE	15
Korop G. PERFECTION OF PROCESS OF SETTING OF NORMS OF TIME OF SORTING WORK ON THE DRAWINGS WAYS	22
Luchko M. MODELING OF WORKS TRANSPORTATION-TECHNOLOGICAL COMPLEX OF MINING VENTURES IN THE LOGISTIC CHAIN PRODUCTION	27
Popova Y., Lyushenko A. PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF CUSTOMER-ORIENTED SALES MODEL OF INDUSTRIAL ENTERPRISES	31
Bilichenko V., Slomnyuk B. PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MUNICIPAL PASSENGER TRANSPORTATIONS	35
Polyakov A., Kushnyr S., Ratsyborynsky V. METHOD FOR DETERMINING THE AMOUNT REQUIRED NOMENCLATURE AND SPARE PARTS FOR REPAIR OF TRANSPORT.....	39
Kreschenetskiy V., Khukhley Y., Byshko M. APPLICATION OF MOTOR-CAR TRAINER COMPLEXES FOR INCREASE OF DRIVERS PREPARATION LEVEL.....	42
Bilichenko V., Tsymbal S. MECHANISM OF ADAPTATION OF CAR-CARE CENTER ENTERPRISES TO VIBRATIONS OF THE MARKET STATE OF AFFAIRS	45
Polyakov A., Maryanko B., Kvasnevsky S. INFLUENCE OF CHANGE OF COMPRESSION DEGREE ON TECHNICAL-ECONOMIC INDEXES OF DIESEL ENGINE	49
Varchuk V., Varchuk I. INFLUENCE OF GAR MASS ON TOXIC INDEXES OF EXHAUST GASES.....	53
Nechaev G., Karsskiy V., Truhnov V. STUDY OF THE PROCESSES OF ACCELERATION OF CHEMICAL REACTIONS IN THE CAVITATION MASS	57
Kirkin O., Kirkina V. MANAGEMENT OF TRANSPORT PROCESSES OF DELIVERY OF FREIGHTS IN CITY CONDITIONS WITH ADDITION OF CRITERIA OF LOGISTICS.....	61
Kashkanov A. METHODS OF VAGUENESS DIMINISHING OF CERTIFICATE AND CALCULATION PARAMETERS IN THE TASKS OF MOTOR-VEHICLE EXAMINATION OF TRAFFIC ACCIDENTS.....	67

Khalipova N. MODELING OF INTERNATIONAL TRANSPORT LOGISTIC SYSTEMS	73
Klets D. DEVELOPMENT OF THE VEHICLE AGAINST SKID RESISTANCE SYSTEM ALGORITHM BASED ON THE FUZZY LOGIC	80
Bykova N. PRIORITIES OF INNOVATIVE DEVELOPMENT TO UKRAINIAN ENTERPRISES AS A FACTOR OF ECONOMIC GROWTH	85
Kovalevskiy S., Romanusha V., Lenich S. PERFECTION OF CONSTRUCTION SMALL CHAMBER FEEDER	90
Turushina N., Nechaev G., Turushin V. EXPERIMENTAL STUDY OF THE TRACTION FORCE NON DRIVE ON THE FACTORS OF THE CONVEYOR WITH AN AIR BAG	95
Arnaut I., Klyuev S. NATURAL FACTORS INFLUENCE ON UKRAINIAN DONBASS LABOUR SAFETY	98
Gulyaev V., Arnaut I., Mikhailov D. SOCIAL DANGERS: ALCOHOLISM, TOBACCO SMOKING	101
Zaverkin A., Kuzmenko S., Sjomin Yu., Cherednichenko S. THE INTENSITY OF THE CRUMPLE OF WOODEN SLEEPERS ON THE PATHS OF METALLURGICAL ENTERPRISES	104
Pasika V., Fil P. EXPERIMENTAL VERIFICATION OF TIME OF STANDING AND OF LAW OF MOTION OF COMBINED MECHANISM OF MALTESE CROSS	107
Garkusha G., Garkusha A. ENHANCING THE PRESTIGE OF MARITIME PROFESSIONS AS A FACTOR IN IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION	110
Mikhailov D. MATHEMATICAL MODELLING OF DYNAMICS OF TEMPERATURE FIELDS AT THE INITIAL STAGE OF THE FIRE INDOORS	112
Arnaut I., Mikhailov D., Gulyaev V. INFLUENCE OF THE FOODSTUFF ON ABILITY TO LIVE OF THE PERSON	118
Dubasov V., Mogilnaya H., Dubasov A. HEAT TREATMENT AND PROPERTIES OF HIGH-SPEED STEEL P6M5Φ3-МІІ TO THE POWDER-LIKE METALLURGY GOT A METHOD	122
Drapaluk M. FEATURES OF TECHNOLOGY PRODUCTION OF CONCRETES ENHANCEABLE TO LONGEVITY	126
Shvornikova G., Danilenko M., Krajnyuk A., Vitrenko A. MODEL OF TRANSPORTATION LOGISTICS CHAIN IN NOTE RAILWAY COMMUNICATION	130
Breshev A. EXPERIMENTAL BEHAVIOR MODELING AND DEVELOPMENT OF NON-CONTACT DRIVE	134
Krajnyuk A., Varfolomeev A., Vitrenko A., Korotchenko L. FACTORS INFLUENCE AND TRANSPORT SYSTEMS CRITERIA FOR EFFECTIVENESS OF SERVICE IN THE SPHERE OF FREIGHT TRANSPORT	140

Spiryagin V., Klyuev S., Zybar E. LOCOMOTIVE COORDINATE IDENTIFICATION METHOD SELECTION FOR WHEELPAIR MOVEMENT CONTROL IN RAIL TRACK.....	144
Starcheous Yu. OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS OF THERMAL COMPRESSORS ON THE BASIS OF CASCADE TRANSFORMERS OF ENERGY.....	147
Kichkina E., Kichkina E. MODELING OF STORAGE PROCESSES BASED ON FUZZY LOGIC	151
Nechaev G., Uskova O. POSSIBILITIES OF COAL CONCENTRATION WASTE UTILIZATION.....	156
Kichkin A., Kichkina T. AGENT-NEUROFUZZY MODELING OF INSURANCE EXAMINATION OF ACCIDENTS DURING EXPLOITATION OF INDUSTRIAL EQUIPMENT AND TRANSPORT VEHICLES	158
Tararychkin I., Nechaev G., Slobodyanyuk M. CHARACTERISTICS OF ROAD TRANSPORT NETWORK IN THE PRESENCE OF ALTERNATIVES FREIGHT.....	162
Solovyov V., Bielorozova Y. USING FRACTAL DIMENSION AUDIO FILES IN THE SEGMENTION PROBLEM OF SOUND FILES.....	165
Mikhailov D., Gulyaev V., Arnaut I. INFLUENCE OF THE INFRASOUND ON THE HUMAN BODY.....	169
Mikhaylov E., Solodovnik M., Semenov S. POSSIBILITIES OF DECLINE OF KINEMATICS SLIPPING AT BICONTACT WITH RAIL OF WHEEL OF RAILWAY VEHICLE.....	173
Vasiliev S., Shevchenko S. THE ANALYSIS OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR EXHAUST GASES OF CARS IN THE CITY OF LUGANSK.....	178
Marchenko D. IMPLEMENTATION OF METHODS DETERMINISTIC CHAOS SIMULATION OF STRUCTURE FOR POLYMER COMPOSITES.....	183
Starchenko V., Polupan E., Shevchenko S. POSSIBILITY OF FRICTION-MATERIAL COMPOSITE COMPANY SHENYANG YUANCHENG FRICTION & SEALING MATERIAL C., LTD. FOR FREIGHT CARS	187
Pukach P., Fil P. RESONANCES IN STRONGLY NONLINEAR OSCILLATORY SYSTEMS.....	192
Pitelguzov N., Chernyh A. CO-OPERATION OF THE STATE OF ORGANISM OF WORKERS TCS OF UNDER VARIOUS CONDITIONS ENVIRONMENT.....	196
Mukhovatyi O. NONINVOLUTE GEARING WITH HIGH PIN DURABILITY OF POINTS	199
Kapica M. BUILDING A MODEL FUNCTION DIAGNOSIS TRACTION ROLLING STOCK WITH A REPLACEMENT PRODUCT	204

УДК 330.565.(477)

ОТКРЫТИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ПУНКТА ПРОПУСКА: СОВМЕСТНЫЙ ПОГРАНИЧНЫЙ УКРАИНСКО-РОССИЙСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Нечаев Г.И., Гуцало Б.П., Слободянюк М.Э., Лапаева Е.Н.

OPENING AND OPTIMIZATION OF INTERNATIONAL TRANSPORT CROSSING POINT: JOINT BORDER UKRAINIAN-RUSSIAN EXPERIMENT

Nechaev G., Gutsalo B., Slobodyanyuk M., Lapaeva E.

Рассматриваются вопросы работы погранично-таможенных украинских и российских служб в рамках эксперимента, проводимого на территории России в целях оптимизации процедуры контроля, пересечения государственной границы транспортными средствами, пассажирами и местными жителями. Проанализирована совместная работа органов государственной власти всех уровней Украины, Российской Федерации, научных, в том числе общественных организаций, которые способствуют развитию приграничного взаимодействия и трансграничной деятельности.

Ключевые слова: государственная граница, международный пункт пропуска, процедура погранично-таможенного контроля.

Постановка проблемы. Оценка эффективности процедуры погранично-таможенного контроля, состояния дорожно-коммуникационной и приграничной инфраструктуры относятся к компонентам, влияющим на ускорение процесса пересечения границы грузовыми и пассажирскими транспортными средствами, а также местными жителями, оптимизацию процедуры контроля, осуществляемого персоналом пунктов пропуска каждого из сопредельных государств [1]. Однако осуществление этого вида научной деятельности затруднено из-за отсутствия как отдельных сооружений, павильонов, так и в целом пункта пропуска транспортных средств и пассажиров, что влияет на качество научного анализа, исполнение погранично-таможенных процедур, углубленный досмотр автомобилей и пассажирских перевозок. На достоверность этого процесса в большей степени влияет и то, что качество услуг, оказываемых в пределах пунктов пропуска и на прилегающих подъездных территориях, оказываемых, например, грузовыми перевозчиками, определяется состоянием большого числа различных факторов, учесть которые в рамках реализации комплексного подхода довольно сложно.

Цель статьи. Целью работы является определение условий взаимодействия персонала пункта пропуска и погранично-таможенных процедур в процессе эксперимента, что позволит оценивать качество погранично-таможенного контроля и услуг, оказываемых перевозчикам и пассажирам в пределах конкретно взятого объекта – пункта пропуска «Дьяково (Украина) – Куйбышево (Российская Федерация)». Особенность новизны эксперимента состоит в том, что впервые в практике приграничного взаимодействия работа персонала украинских погранично-таможенных и других контролирующих служб осуществляется не на собственной территории, а в пределах зданий и коммуникационных сооружений пункта пропуска, расположенного на российской земле на расстоянии 1 км до государственной границы.

Материалы и результаты исследования. В процессе исследования изучен перечень документов, которые характеризуют территорию, здания и другие сооружения международного автомобильного пункта пропуска.

1. В числе первостепенных документов изучены те из них, которые характеризуют процесс организации строительства и подготовку объекта к эксплуатации. Акт государственной приемочной комиссии «О приемке в эксплуатацию законченного строительства автомобильного пункта пропуска «Куйбышево-2» Таганрогской таможни» свидетельствует:

1.1. Приемка в эксплуатацию законченного строительства комплекса зданий и сооружений автомобильного пункта пропуска (АПП) на российско-украинской границе осуществлена 29.09.2004 г.

1.2. Для эксплуатации на российско-украинской границе комплекс зданий и сооружений предъявлен заказчиком ФГУП «Ростэк» совместно с гене-

ральным подрядчиком ООО «Стройинвест инжиниринг СУ – 848».

1.3. Строительство осуществлялось в соответствии с разрешением на производство работ от 23.10.2002 г. № 113, выданного Инспекцией государственного архитектурно-строительного надзора Куйбышевского района Ростовской области.

1.4. Работы осуществлялись на основании технико-экономического обоснования строительства автомобильного пункта пропуска «Куйбышево – Дьяково» (АПП), разработанного ЗАО «Ростовгипроавтотранс» г. Ростов-на-Дону, и рабочей документации, выполняемой ОАО институт «Ростовский Промстрой НИИпроект» (инвентарный № 170865, заказ № 2986).

1.5. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) утверждено приказом ГТК России от 29.03.2002 г. № 285.

1.6. Строительно-монтажные работы осуществлены в сроки:

- начало работы – III квартал 2002 г.;
- завершение работы – III квартал 2004 г.

1.7. Предъявленный к приемке объект имеет такие основные эксплуатационные показатели, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные эксплуатационные показатели пограничного пункта пропуска «Куйбышево-2 – Дьяково»

Показатели мощности	Единицы измерения	По проекту (единицы)	Фактически (единиц)
Пропускная способность	авт./сутки	400	400
В том числе:			
– легковые автомобили	авт./сутки	360	360
– автобусы	авт./сутки	12	12
– грузовые автомобили	авт./сутки	28	28

2. Изучение документов и осмотр зданий, сооружений свидетельствует, что технологические и архитектурно-строительные решения по международному автомобильному пункту пропуска характеризуются такими данными:

2.1. АПП «Куйбышево-2 – Дьяково» проводит пограничный таможенный, иммиграционный, санитарно-карантинный, ветеринарный, фитосанитарный, радиационный контроль и контроль Ространснадзора транспортных средств, пассажиров и груза. Учитывая специфику рельефа местности и состояния дорожного покрытия на украинском участке автодороги, обеспечить прохождение общей массы грузовых автомобилей объемом до 3,5 т (рис. 1);

2.2. Площадь режимной зоны составляет 2,85 га, на которой расположен автовокзал, навес для пассажирских перевозок, навес для пограничного контроля, павильоны углубленного досмотра грузового транспорта со складом временного хранения

задержанных грузов, павильон углубленного досмотра легкового транспорта, дизельная, здание санитарно-карантинного контроля, водозаборные сооружения, очистные сооружения, башня связи контрольно-пропускного пункта КПП и другое (рис. 1);

2.3. Фундаменты зданий и сооружений – свайные, каркас – металлоконструкции; наружные стены – трехслойные панели поэлементной сборки, кровля из профнастила с утеплителем «URSA», покрытие проездов и площадок – асфальтовое; ограждение режимной зоны – из металлической сетки с охранной сигнализацией;

2.4. На объекте установлено предусмотренное проектом оборудование, которое прошло индивидуальное испытание и комплексное опробование;

2.5. Выполненные в полном объеме мероприятия по охране труда, охране окружающей среды, которые предусмотрены проектом;

2.6. Нормативную эксплуатацию объектов обеспечивают:

- внешние наружные коммуникации холодного и горячего водоснабжения;
- объекты канализации, теплоснабжения, энергоснабжения и связи.

3. Сметная стоимость строительства:

3.1. Общая сметная стоимость строительства утвержденной проектно-сметной документации (в ценах 1991 г.) составляет:

Всего 8567,0 тыс. руб., в том числе:

- стоимость строительно-монтажных работ – 4778,0 тыс. руб.;
- оборудование – 3152,0 тыс. руб.

3.2. Сметная стоимость основных фондов, принятых в эксплуатацию в текущих ценах (2004 г.), составляет 256313915 руб.

Характеристика особенностей транспортного процесса представлена комплексом зданий и сооружений, в том числе:

- международный автомобильный пункт пропуска «Дьяково – Куйбышево-2» расположен на автомагистрали Т-1320 на расстоянии 11 км от украинского поселения «Дьяково» (Антрацитовский район, Луганской области), в 22 км от таможенного поста Куйбышево (Куйбышевский район, Ростовской области);

- автомобильный маршрут в доперестроечный период как со стороны Украины, так и России использовался для перевозок грузов и пассажиров через территорию Луганской области на автомобильном транспорте в направлении Таганрог – (Куйбышево, Дьяково) – Антрацит – Луганск – (Старобельск, Беловодск) с выходом к границе Российской Федерации в направлении Меловое – Чертково (Ростовская область); Просяное – Бугаевка (Воронежская область); Новобелая – Новобелая (Воронежская область); Танюшевка – Ровеньки (Белгородская область);

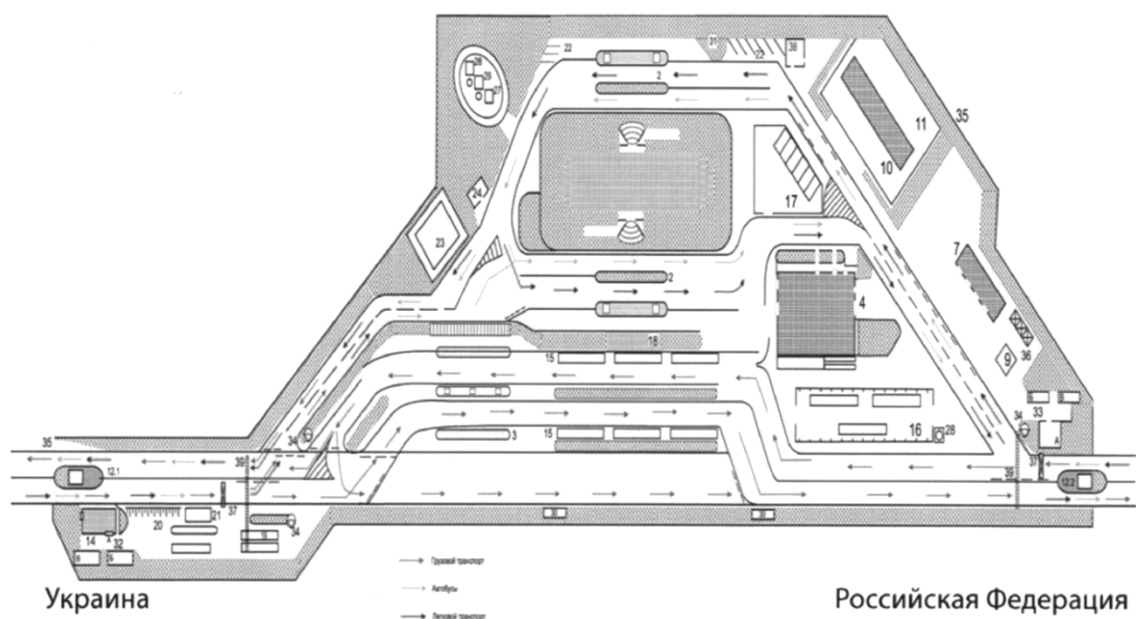


Рис. 1. План-схема Международного автомобильного пункта пропуска «Куйбышево – Дьяково»

▪ построенный российской Стороной пункт пропуска «Куйбышево-2 – Дьяково», будучи сданным в эксплуатацию, практически в тоже время был закрыт украинской Стороной в одностороннем порядке и не используется до настоящего времени. И это при том, что данным маршрутом начиная с 2004 года могли бы пользоваться собственники промышленных и сельскохозяйственных грузов близлежащих украинских городов: Красный Луч, Антрацит, Ровеньки, Свердловск, а также жители прилегающих непосредственно к границе поселений Антрацитовского и Куйбышевского районов (до 30 тыс. чел.). Особенно выгоден этот автомобильный маршрут для собственников транспортных средств и грузов города Таганрога, в морском порту которого за последние годы осуществлена комплексная реконструкция;

▪ прохождение автотранспорта через пункт пропуска «Дьяково – Куйбышево-2» в направлении центральных регионов Российской Федерации на одну треть сократит расстояние, сэкономит время перевозки, снизит нагрузку на максимально загруженную автомагистраль в направлении Ростов-на-Дону – Москва.

Эти выводы подтверждаются конкретными данными, характеризующими стабильность интенсивности движения через границу транспортных средств и граждан в пределах Луганской области.

Несмотря на условия политической нестабильности, которые наблюдались в Украине в период прекращения работы (закрытия) пункта пропуска «Дьяково – Куйбышево-2», постоянно практически на всех уровнях государственной власти поддерживались предложения российской Стороны, которые инициировали обсуждение вопросов, касающихся

восстановления функционирования этого объекта. В результате мероприятий открытия пункта пропуска «Дьяково Куйбышево-2» организовался ряд системных мер в Луганской облгосадминистрации, Антрацитовской райгосадминистрации, а также в муниципальном образовании «Куйбышевский район». В рамках эксперимента отработаны основные требования совместной деятельности российских и украинских погранично-таможенных и других контролирующих служб по использованию объектов МАПП «Куйбышево-2 – Дьяково» (рис. 2). Впервые в 2010 году в практике приграничного взаимосодействия были подписаны Соглашения о дружбе и сотрудничестве, с одной стороны, между Куйбышевским районом и городом Красный Луч, а также Антрацитовским районом. В ходе рабочей встречи, которая состоялась 15.07.2010 года, в присутствии главы Куйбышевского района В.Н. Лукьянчука и главы Антрацитовской райгосадминистрации Г.Б. Головенко был обсужден комплекс мероприятий, касающихся развития приграничных связей и трансграничного взаимосодействия. Российской Стороной, в частности, в рамках интеграции двухсторонних экономических связей были предложены торгово-экономические операции по реализации продукции, в том числе – кирпича строительного М-125 пластического формирования; мела кормового; зерна и подсолнуха (с условием создания совместного предприятия или работы через посредников).

Отработаны также основные этапы совместных действий пограничных таможенных служб, в процессе контроля транспортных средств и пассажиров, следующих из Российской Федерации в Украину (рис. 3).

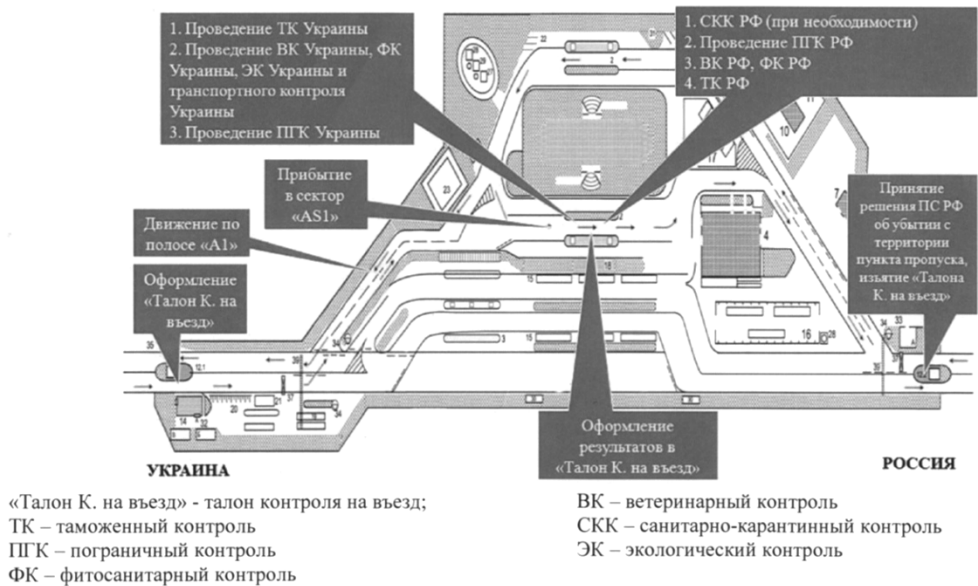


Рис. 2. Перемещение легковых транспортных средств из Российской Федерации в Украину



Рис. 3. Перемещение легковых транспортных средств из Украины в Российскую Федерацию

Эти и другие рабочие контакты между руководителями органов местного самоуправления украинской и российской Сторон на всех уровнях государственной власти позволили обновить и даже создать новые постоянно действующие механизмы для межгосударственного взаимосодействия регионов. Возобновилась работа на межправительственном уровне двух Сторон. В частности, в г. Сочи 1.04.2010 года состоялось шестое заседание Комитета по вопросам экономического сотрудничества Российско-Украинской межгосударственной комиссии, где обсуждались вопросы, касающиеся возобновления торгово-экономического и других видов взаимоотношений, в том числе:

- научно-технического сотрудничества;
- космической и авиационной промышленности;

- сферы сотрудничества регионов;
- агро-промышленного комплекса;
- межрегионального и приграничного сотрудничества.

Для восстановления межрегионального и приграничного сотрудничества важным направлением стали задачи по реализации Протокола о намерениях между Федеральным дорожным агентством Министерства Транспорта Российской Федерации и Государственной Службой автомобильных дорог Украины относительно развития автомагистралей в направлении Москва – Киев и Москва – Симферополь от 2.02.2007 г.

Приоритетными направлениями Программы в области сотрудничества регионов были выделены вопросы:

- совершенствование нормативно-правовой базы взаимосотрудничества;

- совершенствование взаимодействия в пограничной сфере, в том числе в сфере пограничного, таможенного и других видов контроля, осуществляемых на государственной границе;

- взаимодействие в правоохранительной сфере и трудовой миграции, территориальном планировании межнациональной политики;

- развитие межмуниципального сотрудничества и патриотических связей по линии малых и средних городов, особенно приграничных субъектов Российской Федерации и административно-территориальных образований Украины;

- развитие современной дорожно-транспортной, коммуникационной инфраструктуры, обмена опытом по различным направлениям деятельности, развитию других институтов сотрудничества.

В результате состоявшихся договоренностей на уровне руководителей государств – создание в октябре 2011 года Еврорегиона «Донбасс» в составе Луганской, Донецкой и Ростовской областей, в который в настоящее время в качестве полноправного члена намерена войти Воронежская область.

Возобновились заседания Подкомиссии по приграничным вопросам, Подкомитета по международному взаимосотрудничеству украинско-российской межгосударственной комиссии. В рамках этой структуры 28-29 февраля 2012 года в городе Таганрог состоялось выездное совместное российско-украинское совещание по вопросам открытия автомобильного пункта Куйбышево (Дьяково).

За истекший период подобные совещания (рабочие встречи) проводились в городах Киев, Харьков. 20-21 декабря 2012 года в городе Москва состоялось очередное восьмое заседание Подкомиссии по приграничным вопросам Подкомитета по международному сотрудничеству украинско-российской межгосударственной комиссии. Протокол заседания Подкомиссии содержит большой перечень вопросов об украинско-российском взаимосотрудничестве.

Для Луганской области, которая была представлена в Подкомиссии своим постоянным представителем – начальником управления облгосадминистрации по вопросам транспорта, связи и туризма М.А. Счастливым, был важен вопрос, касающийся эксперимента, проходящего с марта 2012 года на территории Российской Федерации в пределах пункта пропуска «Куйбышево-2». Суть обсуждаемого эксперимента заключается в том, что впервые погранично-таможенная и другие контролирующие службы Украины будут осуществлять совместно с российскими пограничными службами контроль за прохождением транспортных средств, пассажиров и местных жителей на объекте, который принадлежит Российской Федерации и располагается в пределах линии государственной границы. На заседании Подкомиссии Стороны условились в первом квартале 2013 года завершить подготовку пункта пропуска, а также доработать нормативные документы, необхо-

димые для начала его функционирования и осуществления погранично-таможенного контроля.

- ✓ Проект экспериментальной технологической схемы совместного контроля лиц, транспортных средств, грузов, товаров и животных в автомобильном пункте пропуска Куйбышево (Дьяково) в качестве основного итогового документа проведения совместного контроля на данном объекте в числе других содержит положения касающиеся описания объектов пограничного пункта пропуска, в том числе:

- ✓ мест расположения персонала пограничных служб украинской и российских сторон;

- ✓ определение значения понятий, касающихся расположения погранично-таможенных служб, процедуры контроля и функционирования обязанностей должностных лиц и их полномочий;

- ✓ осуществлено согласование по цели, месту и времени мероприятий, касающихся форм и методов контроля либо отказа от его осуществления при пересечении границы транспортными средствами, физическими лицами и действиями. Перемещение через границу товаров, а также обмена информацией между контрольными органами в результате проведенных действий, с учетом законодательства Российской Федерации и законодательства Украины;

- ✓ на основании анализа риска или при наличии соответствующей информации, в случае необходимости проведение досмотра товаров или транспортных средств в целях безопасности, в том числе возможных кибератак, определен порядок и методики размещения в экспериментальном боксе для проведения совместного углубленного досмотра (рис. 2);

- ✓ порядок организации совместного контроля лиц, транспортных средств, при их следовании из Российской Федерации в Украину, перемещение грузов, товаров, животных и их следование в обратном направлении предложен в качестве системно изложенных условий и требований, касающихся отдельных должностных лиц и контролирующих пограничных служб каждой из стран участников эксперимента.

В совместных документах и отдельном Протоколе определено, что контрольные мероприятия Сторонами проводятся в такой последовательности:

- таможенный контроль, в том числе документальный;

- стационарный, фитосанитарный, транспортный, экологический (при необходимости);

- пограничный контроль.

Установлено, что по окончании контрольно-проверочных мероприятий должностные лица Сторон России и Украины проставляют необходимые отметки в «Талоне контроля» на выезд из Российской Федерации в Украину или в обратном направлении. При этом оформленные документы с результатами контроля передаются конкретному должностному (физическому) лицу – участнику штатной процедуры контроля в пределах контрольно-пропускного пункта России или Украины.

Разработаны для согласования проект перемещения транспортных средств из Российской Федерации в Украину и из Украины в Российскую Федерацию, а также план-схема Международного автомобильного пункта пропуска Куйбышево-2 – Дьяково, где разграничены зоны движения видов транспорта.

Учитывая, что Украинская Сторона не обладает капитальными строениями, собственными источниками электроэнергии, связи, водоснабжения и специальным оборудованием, определены условия использования существующего оборудования, в том числе для осуществления персональных работ, его эксплуатация Украинской Стороной, которые будут закреплены при завершении эксперимента в специальном Соглашении Сторон.

Выводы. Совместная работа органов государственной власти всех уровней Украины, Российской Федерации, научных, в том числе общественных организаций способствуют развитию приграничного сотрудничества и трансграничной деятельности. При этом создаются и функционируют различные механизмы сотрудничества между государствами, в том числе – на уровне органов местного самоуправления приграничных территорий. В результате совместных действий Украинской и Российской Сторон становится важным проведение эксперимента по возобновлению маршрута Таганрог – Луганская область – Центральные регионы Российской Федерации – и в обратном направлении – за счет использования объектов российского пункта пропуска «Куйбышево-2», создание условий для работы украинских погранично-таможенных контролирующих служб с использованием территории и оборудования соседнего государства. Одновременно этот эксперимент высвечивает проблему неудовлетворительного состояния украинской дорожно-транспортной системы, особенно в приграничных районах, отсутствие современных пунктов пропуска, зон сервисного обслуживания, в том числе объектов международного значения, а также автомагистралей, соответствующих требованиям Европейских Стандартов. Эти факторы негативно влияют на логистику планирования и осуществления прохождения грузопотоков в системе Евразийского транспортно-коммуникационного и информационного пространства.

Проявились также недостатки в работе механизмов, обеспечивающих соблюдение требований для осуществления качественной процедуры демаркационных мероприятий на границе; отвод участков земли для строительства государственных объектов, прежде всего автодорог, сооружений, коммуникаций в целях строительства украинских пограничных пунктов, зон сервисного обслуживания, соответствующих требованиям Европейских Стандартов.

Л и т е р а т у р а

1. Министерство иностранных дел Украины / Отчет относительно результатов восьмого заседания Подкомиссии по приграничным вопросам Подкомитета по международному сотрудничеству Украинско-Российской межгосударственной комиссии (20-21 декабря 2012 года, г. Москва). – Электронный ресурс: www.mfa.gov.ua.

References

1. Ministry of Foreign Affairs of Ukraine / Report on the results of the eighth session of the Sub-Commission on cross-border issues of mutual cooperation of the Subcommittee on International Ukrainian-Russian Intergovernmental Commission (20-21 December 2012, Moscow). – electronic resource: www.mfa.gov.ua.

Нечаєв Г.І., Гуцало Б.П., Слободянюк М.Е., Лапаєва О.М. Відкриття та оптимізація роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску: спільний прикордонний українсько-російський експеримент

Розглядаються питання роботи прикордонно-митних українських і російських служб в рамках експерименту, проведеного на території Росії з метою оптимізації процедури контролю, пересічення державного кордону транспортними засобами, пасажирами та місцевими жителями. Проаналізовано спільну роботу органів державної влади всіх рівнів України, Російської Федерації, наукових, у тому числі громадських організацій, які сприяють розвитку прикордонного взаємоспівробітництва та транскордонної діяльності.

Ключові слова: державний кордон, міжнародний пункт пропуску, процедура прикордонно-митного контролю.

Nechaev G., Gutsalo B., Slobodyanyuk M., Lapaeva E. Opening and optimization of international transport crossing point: joint border Ukrainian-Russian experiment

In the article the next problems are reviewed: the question of work of Ukrainian and Russian customs border services in the frames of the experiment carried out on the territory of Russia, which has the aim to optimize the control procedures of crossing the border by vehicles, passengers and local residents. Also examined the problem of poor state of the Ukrainian road - transport system, especially in border areas the lack of modern-points, areas of service, including sites of international importance, as well as roads that meet the requirements of the European Standards. These factors have a negative impact on the logistics of planning and passing traffic in the Eurasian transport system - communication and information environment.

Keywords: state border, international border crossing point, customs procedure.

Нечаєв Г.І. – д.т.н., професор, зав. кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Гуцало Б.П. – к.пед.н., доцент, голова правління громадської організації «Інститут стратегії безпеки та розвитку приграничних територій», м. Луганськ, Україна.

Слободянюк М.Е. – к.т.н., доцент, докторант кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Лапаєва О.М. – аспірант кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

УДК 627.2

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УКРАИНЫ

Зайнчуковская О.А.

ANALYSIS OF THE PORT'S INFRASTRUCTURE DEVELOPMENTS STRATEGIC PROSPECTS IN UKRAINE

Zaynchukovska O.

Проведён обзор текущего состояния портов и портовой инфраструктуры в Украине в рамках стратегии технического перевооружения. Рассмотрена динамика грузооборота морскими портами Украины. Проведена оценка перспективного конкурентного потенциала с привлечением инструментов стратегического анализа: матриц стратегического управления «ЗК», стратегических перспектив «SNW». Определены стратегические ориентиры для портов Украины и Севастополя. Выделены ключевые барьеры развития портов и портовой инфраструктуры.

Ключевые слова: стратегические перспективы, инфраструктура, потенциал портов, стратегия технического перевооружения, конкурентоспособность портов.

Постановка проблемы. Морские порты и терминалы Украины в период непрекращающегося финансово-экономического кризиса, начиная с 2008 г., сталкиваются с трудностями в связи с потерей грузопотоков и неполной загруженностью производственных мощностей. Для обеспечения конкурентоспособности на национальном и международном уровнях они должны подстраиваться под изменяющиеся условия рынка, создавая лучшие условия эксплуатации портовой инфраструктуры.

Ключевыми критериями конкурентоспособности, а следовательно, и прибыльности морских портовых терминалов Украины, являются скорость и качество обработки грузов. Рост по данным показателям может быть обеспечен только при условии бесперебойной и стабильной работы специализированной портовой инфраструктуры. Речь идет о своевременном техническом обслуживании, быстром проведении ремонтов, наличии на складах Украины запасных частей.

Существенный технологический прогресс и рост конкуренции в последние десятилетия в сфере функционирования международных транспортных коридоров объективно предопределили изменение роли, которую должны играть морские порты и портовая инфраструктура.

На сегодняшний день для большинства портов Украины характерны: отсутствие четкой стратегии развития; непоследовательность проводимой политики в области реализации имеющегося потенциала; поверхностность оценки стратегических перспектив. Актуальной проблемой на сегодняшний день встает необходимость модернизации портовой инфраструктуры при одновременном увеличении уровня её загруженности и вовлеченности в мировую транспортную систему. Для поиска потенциальных путей решения обозначенной проблемы целесообразным является оценка имеющегося потенциала портовой инфраструктуры и выявление наиболее приоритетных направлений для инвестирования с привлечением инструментов стратегического анализа.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы текущего состояния, положения на рынке, потенциальных возможностей развития, стратегических перспектив не теряют значимости на протяжении последних 10 лет и активно освещаются в литературе. Особую актуальность они приобрели в последние 4 года в связи обострением вопросов модернизации портовой инфраструктуры в Украине и острой необходимости разработки стратегических программ развития морских портов. Всё это происходит на фоне снижения грузопотоков и усиления конкуренции на мировом рынке грузоперевозок. Анализ и решению этих и других вопросов посвящены многочисленные публикации исследователей, руководителей портов, представителей администраций портовых городов, юристов и др. А. Волковым [1] проведён анализ стратегических перспектив реструктуризации портов в 2013 г., О. Шаульский рассматривает возможность модернизации портовой инфраструктуры на основе аутсорсинга [2]. Вопросам текущего состояния и будущего потенциала посвящены многочисленные публикации В. Войниченко, В. Попова, А. Мальцевой и др.

Цель. Целью работы является проведение анализа текущего состояния портовой инфраструктуры Украины в целом и Севастопольского порта, в частности, на базе методов стратегического анализа и определение потенциальных перспектив для её развития и модернизации.

Изложение основного материала. Транспортный бизнес всегда характеризуют известная непредсказуемость и высокие риски. Это подразумевает необходимость мыслить стратегически, думать о перспективе и подготавливать почву для будущего.

Важной составляющей транспортного бизнеса являются морские порты. Они служат связующими звеньями между морской и наземной частями транспортного процесса. Качественная работа морских портов зависит от ряда факторов: общего экономического состояния стран и регионов, тарифной политики собственника, отношений с властями города, в котором расположен порт, и человеческого фактора.

Украина обладает наиболее мощным потенциалом портов среди всех стран Черного моря. На побережье Черного и Азовского морей расположено 18 морских торговых портов (МТП), 4 рыбных морских порта и более 30 частных стивидоров. Портовая инфраструктура Украины представлена крытыми складскими помещениями общей площадью более 330 тыс. м²; открытыми складами площадью более 2,5 млн м²; причальным фронтом, обслуживаемым приблизительно 600-ми порталными кранами и тысячами погрузчиков различных типов; судоремонтными цехами, административными комплексами [3].

Для того чтобы оценить будущие стратегические позиции отрасли (предприятий отрасли), необходимо провести оценку потенциальных возможностей улучшить свое положение на рынке. Агрессивные конкуренты являются источниками новых стратегических инициатив. Удовлетворенные соперники продолжают свою нынешнюю стратегию с небольшой точной подстройкой. Беспокорные и бедствующие соперники могут перейти к свежим стратегическим действиям нападающего или защитного плана. Оценку текущей конкурентной среды и определение стратегических перспектив портовой инфраструктуры Украины необходимо начать с анализа общего положения в отрасли.

При всех имеющихся потенциальных возможностях и преимуществах экономико-географического характера производственные мощности портов в 2010-2012 гг. были загружены всего на 40-60% (кроме МТП «Южный») [1]. Одновременно с этим многие объекты портовой инфраструктуры нуждаются в модернизации или полной замене. Практика проектирования морских портов свидетельствует о необходимости периодического (30-40 лет) существенного обновления качества береговой инфраструктуры морского транспорта в связи с появлением новых видов перевозок, технологических приемов перевалки грузов, определяющих новые механизмы на морских грузовых фронтах [4].

Ввиду острого дефицита финансирования и невысокой инвестиционной привлекательности, связанной с политической и экономической нестабильностью, рисками, модернизация портовой инфраструктуры идёт невысокими темпами. При этом общий грузооборот портов Украины за последние 10 лет, с поправкой на кризис, продолжает расти. Причем рост достигался прежде всего за счет увеличения переработки навалочных грузов.

По данным государственной службы статистики Украины [5], на рис. 1 представлена динамика совокупных, экспортных и транзитных грузопотоков, проходивших через украинские морские порты в 2003-2011 гг.

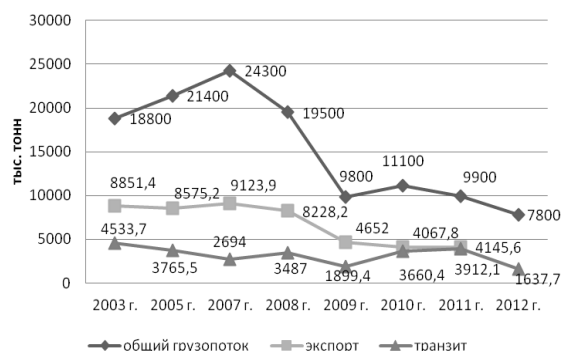


Рис. 1. Грузопоток морских портов Украины

На рис. 2 отражена динамика темпов роста транзитного и совокупного грузопотока через морские порты Украины в 2005-2012 гг. [5].

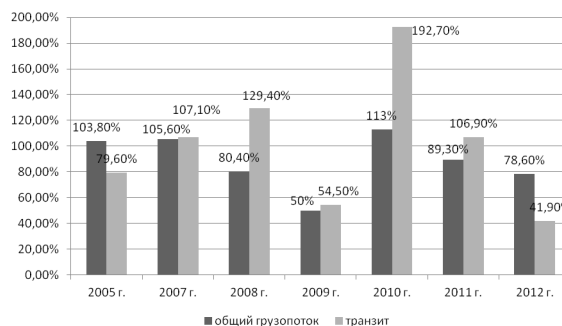


Рис. 2. Темпы роста совокупного и транзитного грузопотока через морские порты Украины

Темпы роста по транзитным грузопотокам устойчиво превышают темпы роста совокупного грузопотока. Положительная динамика грузопотоков в Украине (с поправкой на кризис) является следствием наращивания объёмов грузопотока благодаря выгодному экономико-географическому положению Украины и росту в целом на мировом уровне популярности морских грузоперевозок. Кроме того, имеющиеся пропускные мощности портовой инфраструктуры, несмотря на моральный и физический износ, а также ее постепенная модернизация, позволяют пока соответствовать мировым стандартам. При этом уровень конкурентных пре-

имущества из-за отсталости инфраструктуры МТП Украины всё больше снижается.

Модернизация объектов портовой инфраструктуры позволяет сократить физический износ оборудования, а также решить проблему его морального устаревания. А это в свою очередь свидетельствует об интенсивном развитии портовой инфраструктуры, что со стратегической точки зрения является перспективным.

По решению Министерства инфраструктуры Украины планируется в течение 2013-2015 гг. обновить перегрузочные мощности в МТП. Плановый объём инвестиций на 2013-2023 гг. – 20 млрд евро [1]. Приоритет в обновлении перегрузочной инфраструктуры портов отдаётся отечественным производителям. На текущий момент около 60% кранов, используемых в украинских портах, были произведены в Германии, 25% – в Венгрии, более 10% – в Финляндии и России, и только 1% – на заводах ПАО «Азовмаш» и НКМЗ. Сегодня НКМЗ 90% продукции реализует за рубежом в более чем в 50 странах из-за «отсутствия внутреннего спроса» [2].

В настоящее время порты обслуживают суда, требующие глубин акватории свыше 17 м, габаритных размеров гаваней и причалов, позволяющих принимать и обрабатывать суда длиной более 300 м. Порты Украины, расположенные на Черном и Азовском морях, построены в основном после ВОВ и только частично реконструированы в последующий период. То есть на текущий момент они не готовы к этому. Это относится к глубине и ширине подходных каналов, площадей и других параметров внутренней и внешней акваторий, линий причалов, вместимости открытых и закрытых складов, обеспечения грузовых процессов быстродействующими механизированными линиями перевалки грузов на смежные наземные виды транспорта, включая их энергообеспечение, и др. [6]. Модернизация складов проводится постепенно, и с точки зрения необходимого объёма инвестиций является менее затратной, чем модернизация других объектов портовой инфраструктуры.

Еще в 2003 г. в журнале «Порты Украины» сообщалось: «Парк порталных кранов всех морских портов Украины – 563 ед., 95% отработали свой нормативный срок. Средний возраст порталных кранов по отрасли – 25,5 г., что превышает украинский и немецкий стандарт (20-25 лет) для некоторых типов немецких кранов. В некоторых портах до 70% кранов используются с коэффициентом ниже 0,2; 30-35% – ниже 0,1-0,15, т.е. участвуют в перегрузочном процессе со значительной недогрузкой. Таким образом, более 50% основных фондов отрасли простаивает» [7].

Это влечёт за собой значительные расходы на эксплуатацию, негативное влияние на ресурс работы компонентов механического оборудования и металлоконструкции кранов. Это в свою очередь снижает конкурентоспособность украинских портов по уров-

ню рентабельности, цене, качеству и скорости перевалки грузов по отношению к европейским странам.

Кроме того, снижение конкурентоспособности портов усложняет процесс разработки и реализации стратегии и стратегических программ. Поэтому в последнее десятилетие многие порты Украины в качестве одной из базовых стратегий развития приняли стратегию технического перевооружения.

Ведется постепенная замена элементов и систем управления порталных кранов: замена контакторного привода частотным, увеличение вылета стрелы – обеспечивают снижение металло- и энергоёмкости на 30% на каждом кране. Активно внедряется мобильная погрузочно-разгрузочная техника [6].

Одесскому МТП в 2011 г. были выделены инвестиции на развитие портовой инфраструктуры в объёме – 591,8 млн грн. Илличевский МТП в модернизацию объектов инфраструктуры по обслуживанию крупнотоннажных судов инвестировал в 2011 г. 4,3 млн грн, а в модернизацию перегрузочного оборудования 80,1 млн грн.

Плановый объём инвестиций в модернизацию портовой инфраструктуры Николаевского МТП до 2015 г. – 150 млн долл., что позволит нарастить мощности по перевалке с нынешних 4 млн т до 13-15 млн т в год, из которых 6 млн т придется на перевалку зерновых. Также начато строительство склада карбамида вместимостью 50 тыс. т и зернохранилища на 170 тыс. т [3].

МТП «Южный» по итогам 2012 г. использовал свои производственные мощности на 120%. Это убедило КМУ принять программу модернизации акваторий и причальных линий. Плановый объём инвестиций до 2016 г. – 1,116 млрд грн в углубление дна у причалов 5 и 6 до 19 м, строительство 2-х новых причалов с глубиной 21 м, которые смогут принимать до 12 млн т грузов в год. Общий грузооборот порта увеличится в полтора раза [3]. Согласно проекту модернизации акватории, общая длина судоподходного канала составит 10,3 км, глубина – 21 м. Реализация данного проекта показывает стратегическую перспективу порта «Южный» как наиболее глубоководного порта Черного и Средиземного морей.

В рамках реализации стратегии технического перевооружения портовой инфраструктуры Севастопольского МТП в 2004 и 2007 гг. были запущены мощности на перевалку 170 тыс. т зерна. Объём инвестиций составил 25,2 млн долл. (Кипр, Украина). Планируется на 2013-2015 гг. инвестирование 2 млн грн в реконструкцию морского вокзала. А также капитальные вложения в размере 25 млн долл. в ряд проектов, среди которых грузовой район № 1 в Большом Инкермане (углубление дна до 8,5 м, прогнозируемые объёмы перевалки для комплекса – 300-350 тыс. т стройматериалов и 200 тыс. т металлопродукции и штучных грузов). Проект «Контейнерный терминал» по строительству объектов ин-

фраструктуры до 2016 г. на площади 8 га – порталый кран г/п 45 т, причала длиной 160 м [6].

В рамках стратегии технического перевооружения в 2011 г. Министерство инфраструктуры Украины заключило договор с одним из мировых лидеров в сфере морских круизов компанией «Royal Caribbean» о совместной модернизации инфраструктуры пассажирских портов Ялты и Севастополя.

Кроме того, на развитие железнодорожной инфраструктуры портов в 2011 г. было выделено 60 млн грн.

Проведём анализ стратегического управления на базе модели «ЗК» (табл. 1).

По результатам анализа крупнейшими участниками рынка морских грузоперевозок являются в Украине «Южный», Илличевский, Мариупольский, Одесский МТП. По профилю перерабатываемых в украинских портах транзитных грузов можно выделить конкурентов по нефти и нефтепродуктам, транзит которых в последние годы существенно сократился; по навалочным грузам (уголь, удобрения, руда, зерно), черным металлам, контейнерам, наливным химическим грузам (аммиак, сжиженный газ), по генеральным грузам.

В первом полугодии 2012 г., по сравнению с аналогичным периодом 2011 г., грузооборот МТП Украины вырос всего на 0,4% – до 76,15 млн т. Одновременно грузооборот российских портов Азово-Черноморского бассейна увеличился на 7,7% – до 84,9 млн т. Причина такой разницы – 20% сокращение объемов переработки транзитных грузов, вызванное более конкурентной ценовой политикой российских МТП, а также более развитой инфраструктурой [3].

Из 18 МТП в Украине сегодня только «Южный» может обслуживать суда типа CAPESIZE – с дедвейтом свыше 100 тыс. т и осадкой более 15 м. По мнению экспертов, будущее морских грузоперевозок – за крупнотоннажными судами, так как они наиболее эффективны не только с экономической, но и с экологической точек зрения.

На сегодня в украинских портах возможна полная загрузка судов с дедвейтом не более 100 тыс. т, при этом загрузка 200-тыс. балкера обходится на 30% дешевле.

В таких условиях зарубежные отправители грузов предпочитают украинским портам их конкурентов. Отсутствие в Украине по-настоящему глубоководных портов может привести к тому, что транзитный грузопоток начнет уходить в черноморские порты Турции, Румынии, Болгарии или России.

Для привлечения в Украину транзитных грузопотоков необходимо проводить строительство национальных участков международных транспортных коридоров, развивать инфраструктуру морских портов, активно участвовать в конкурентной борьбе за транзит.

Таким образом, конкуренты выигрывают за счёт оборудования причальных линий и подходных путей для крупнотоннажных судов. Клиенты ориентируются на имеющуюся инфраструктуру. Компании (порты) должны ориентироваться в стратегической перспективе на мировые тенденции.

Результаты анализа внутренней среды и системы стратегического управления наиболее значимых участников рынка морских перевозок Украины, а также Севастопольского МТП по функциональным стратегическим направлениям (менеджмент, маркетинг, производство, финансы, НИОКР персонал) проведём на основе анализа «SNW» (табл. 2), с учётом оценки экспертов ESPO [8] и украинских экспертов по предложенным позициям: сильная (S), нейтральная (N), слабая (W).

Таким образом, мониторинг стратегических позиций внешней и внутренней среды дает возможность структурировать информацию, так или иначе связанную с деятельностью портов. Наибольшее число оценок «S» получил МТП, что определяет его стратегические конкурентные преимущества по отношению к другим анализируемым портам. Оценка внутренней среды Севастопольского порта позволяет сделать заключение о наличии значительного потенциала и перспектив развития. Наиболее слабое место всех проанализированных МТП – отсутствие чётко разработанной, принятой и реализуемой стратегии руководством и персоналом, принявшим её, а также значительные отклонения от базовых стратегий развития портов и портовой инфраструктуры в Украине.

Таблица 1

«ЗК» анализ по морским портам Украины

Конкуренты	Клиенты	Компания
<ul style="list-style-type: none"> – обработка контейнеров: Николаевский, Одесский, «Южный» (6 место), Мариупольский и Илличевский МТП, «Севморторгпорт» (14 место); – перевалка насыпных грузов: Илличевский Одесский, Южный МТП, «Авлита» (7 место); – перевалка металлов: Илличевский, Мариупольский, Николаевский, СМТП; – внешние конкуренты: порты РФ, Румынии, Турции, Болгарии; – глубина у погрузочных причалов не более 15,5 м (кроме «Южного» и «Авлиты»). Новоросийск – 24 м, Констанца – 19 м. 	<ul style="list-style-type: none"> Украинских грузовладельцев и международных трейдеров привлекают экономическая целесообразность транспортных затрат и уникальное географическое месторасположение. Базовый объём транзита: Россия, Казахстан, Беларусь. 	<ul style="list-style-type: none"> – 5 из 18 портов по своему экономико-географическому положению имеют важное общегосударственное значение и являются морскими транспортными воротами для существующих и перспективных грузопотоков. – их грузооборот в сумме до 80% от общего объема. – для Украины развитие транзитных перевозок означает существенное увеличение поступлений в бюджет и участия в мировой транспортной системе.

Таблица 2

Обобщение результатов оценки внутренней среды портов (Матрица SNW)

Наименование стратегической позиции	Качественная оценка позиции МТП				Лидер
	1. «Южный»	2. Ильичевск	3. Николаевский	Севастопольский	
Менеджмент					
1. стратегическое видение руководства	W	W	N	N	-
2. опыт руководителей в практической работе по управлению	S	S	N	S	1
3. имидж предприятия	S	N	W	N	1
Маркетинг					
1. генеральная стратегия порта	S	S	W	N	1, 2
2. наличие официально реализуемых стратегий	S	N	N	N	1
Производство					
1. перегрузочная инфраструктура	S	N	N	N	1
2. причальная линия	S	N	W	W	1
3. диверсификация выполняемых работ	N	N	S	S	3, 4
4. доп. услуги	S	S	S	S	-
Финансы					
1. внешние инвестиции	N	W	W	W	1
2. рентабельность	N	W	W	W	1
3. внутренние инвестиции	S	N	N	W	1
4. наличие обоснованного финансового бюджета	N	N	N	N	-
НИОКР					
1. порты 3-го поколения	S	S	N	S	2
2. модернизация инфраструктуры	S	S	W	N	1
Персонал					
1. стратегическое видение	N	S	W	N	2
2. наличие системы аттестации персонала	S	S	W	N	1, 2

В матрице «SNW» в качестве одной из стратегических перспектив можно выделить развитие портов третьего поколения, которые помимо традиционных стивидорских и складских услуг дополнительно оказывают широкий комплекс услуг не только грузу, но также судну и пассажирам (экспедиторские компании, обслуживание портового транспорта, отлаженные связи с туристической инфраструктурой, страхование, круизинг и др.) в рамках развития интегрированных логистических систем. Таким образом, на базе имеющейся инфраструктуры портов целесообразно повышать и дифференцировать комплекс дополнительного сервисного обслуживания с целью получения дополнительных стратегических конкурентных преимуществ. На рис. 3 отражена динамика оказания вспомогательных транспортных услуг морских портов и причалов [5].

На рис. 4 показана структура оказания вспомогательных транспортных услуг портами Украины в 2010-2012 гг. [5]. Можно отметить стабильность структуры оказываемых услуг.

В продолжение анализа стратегических перспектив украинских портов проведем общий обзор ключевых стратегических конкурентных факторов успеха, опираясь на элементы матрицы «Пяти конкурентных сил» М. Портера.

Риск входа потенциальных конкурентов в отрасль минимален из-за ряда барьеров – зависимость от географического положения, необходимость огромных первоначальных инвестиций, законодательные ограничения, полностью занятая рыночная ниша.

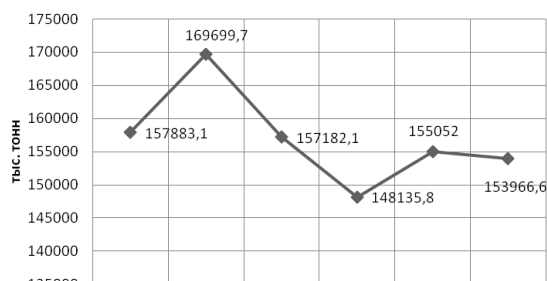


Рис. 3. Динамика оказания вспомогательных транспортных услуг морских портов и причалов

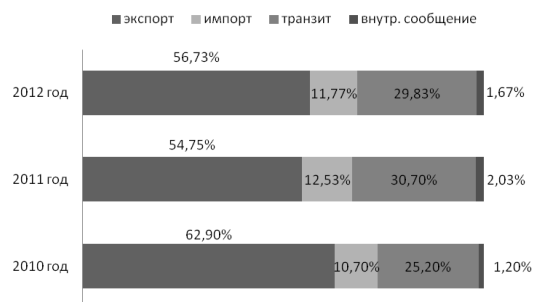


Рис. 4. Структура оказания вспомогательных транспортных услуг портами Украины

В мировую транспортную систему сегодня входят порты, способные участвовать в интеграционных процессах, приспосабливаться к растущим

запросам грузовладельцев и судовладельцев, расширять ассортимент портовых услуг, развивать свою инфраструктуру. Остальные порты постепенно утрачивают свои позиции на мировом рынке портовых услуг.

Единственные возможности входа в отрасль – вступление в права владения МТП на основе договора приватизации или участия в инвестиционных проектах; вхождение на рынок в качестве стивидоров. Т.е. отрасль морского портового хозяйства достаточно защищена от новых участников существенными барьерами.

Возможности «торговаться» потребителя продукции портов: ориентация заказчиков (потребителей) на европейские стандарты качества и скорости обслуживания.

Возможности свободного ценообразования – отсутствуют. Цена зависит от портов-конкурентов, как на внутреннем рынке, так и на международном. Возможность получения дополнительной прибыли – только за счёт наращивания объёмов реализации и сокращения издержек реализации.

Внутренняя конкуренция – в отрасли функционируют «игроки», предлагающие аналогичный перечень выполняемых работ. Следовательно, функционирующие на украинском рынке грузовые и пассажирские порты вынуждены постоянно бороться за имидж и искать пути оптимизации издержек реализации и логистики.

Представим рассмотренные параметры в виде схемы (рис. 5).

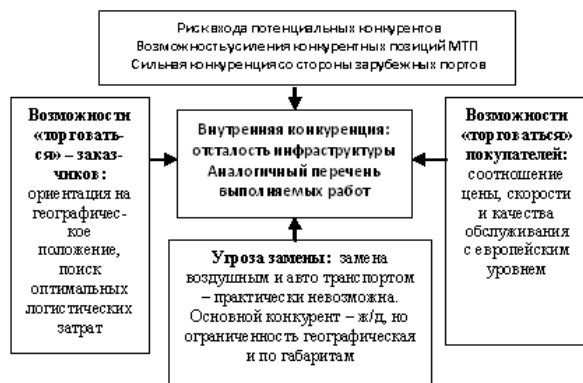


Рис. 5. Модель «Пяти сил» М. Портера, адаптированная для МТП Украины

Подводя итоги по проведённому анализу ключевых стратегических конкурентных факторов успеха, необходимо отметить, что получение конкурентных преимуществ возможно только при реализации стратегии технического перевооружения и поддержания имиджа надёжного партнера, сотрудничество с которым определено минимальными рисками.

Лучший ориентир для стратегических действий сегодня для украинских портов – это определение того, что делают и что собираются делать как внутренние, так и (преимущественно) внешние конку-

ренты, иначе МТП вынуждены постоянно находиться в защитной позиции.

В заключение рассмотрим основные сложности создания и последовательной реализации стратегии развития портов и портовой инфраструктуры Украины.

1. В условиях исторически сложившейся застройки территории портов зажаты городами. Это не позволяет обеспечить их развитой сетью автомобильных и железных дорог, т.е. наземным транспортом необходимых пропускных способностей, которых требует комплексная перевозка грузов [4].

2. Вдоль побережья развитие портов ограничено инфраструктурой зон отдыха.

3. Выбор между стратегиями диверсификации комплекса предоставляемых услуг или выбором наиболее стратегически и экономически перспективных услуг.

4. Отсутствие в Украине современных глубоководных портов, загружающих крупнотоннажный флот.

5. Высокий уровень рисков инвестирования в развитие портовой инфраструктуры Украины.

6. Отсутствие стратегического видения у руководителей портов.

7. Глубоководность украинских портов имеет естественный ограничитель в виде пропускной способности Босфорского пролива.

Выводы. Рыночная экономика существенно меняет требования к транспортному обслуживанию производственных процессов. Значительно возрастают требования к надёжности и эффективности транспортных связей. Увеличивается роль комплексных экономических критериев.

Морская индустрия в Украине представлена развитой сетью морских, речных и рыбных портов, а также перегрузочных терминалов, комплексов и причалов различных форм собственности, обладающих большим стратегическим потенциалом и обеспеченных значительной инфраструктурой. При этом высокий уровень изношенности объектов портовой инфраструктуры, отсутствие современного оборудования, глубоководных портов, отсутствие механизмов реализации принятой стратегии, территориальная и инвестиционная ограниченность – определяют сложности разработки и реализации комплексной стратегии развития портов.

Основными стратегиями, позволяющими занять прочное положение в международной транспортной системе и получить устойчивые конкурентные преимущества для украинских МТП, на сегодняшний день являются: стратегия технического перевооружения и агрессивного следования за сильными европейскими, российскими и турецкими конкурентами. Целесообразно рассмотрение стратегии развития портов 3-го поколения.

Имеющийся стратегический потенциал портов Украины должен быть направлен на сохранения объёма транзита и увеличение экспорта грузопере-

возок по различным видам грузов на современные суда с дедеитом более 100 тыс. т.

Отсутствие в Украине глубоководных портов, обслуживающих крупнотоннажный флот у своих причалов, может привести к тому, что транзитные грузы уйдут в черноморские порты Турции, Румынии, Болгарии или России.

Л и т е р а т у р а

1. Волков А. Изменения в структуре управления морскими портами 2013 / А. Волков. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://transportinform.com/ports/205.html>.
2. Шаульський О. Аутсорсинг в механізації портових терміналів України / О. Шаульський // Порты України. – 2012 – № 07 (119).
3. Матеріали інформаційно-аналітичного сайту Транспортінформ. – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://transportinform.com/ports/199-partnerstvo.html>.
4. Школа А.В. Эффективность образования искусственных территорий грузовых терминалов / А.В. Школа, Ю.А. Школа. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://transportinform.com/ports/242-obrazovanie-gruzovih-terminalov.html>.
5. Матеріали Государственного сайта статистики України. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
6. Матеріали офіційного сайту Міністерства інфраструктури України. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kartka.com.ua/gov/ministerstvo/mintrans>. Кошелев В. Морские порты: стратегия «переворужения» / В. Кошелев // Порты Украины. – 2003. – № 02 (40).
8. The European Sea Ports Organisation: News. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.espo.be>.

R e f e r e n c e s

1. Volkov A. Izmeneniya v strukture upravleniya morskimi portami 2013 / A. Volkov. – [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://transportinform.com/ports/205.html>.
2. Shaul'skij O. Outsorsing v mehanizacii portovyh terminalov Ukrainy / O. Shaul'skij // Porty Ukrainy. – 2012 – № 07 (119).
3. Materialy informacionno-analiticheskogo sajta Transportinform. – [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://transportinform.com/ports/199-partnerstvo.html>.
4. Shkola A.V. Jefferktivnost' obrazovaniya iskusstvennyh territorij gruzovyh terminalov / A.V. Shkola, Ju.A. Shkola. – [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://transportinform.com/ports/242-obrazovanie-gruzovih-terminalov.html>.

5. Materialy Gosudarstvennogo sajta statistiki Ukrainy. – [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
6. Materialy oficial'nogo sajta Ministerstva infrastruktury Ukrainy. – [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.kartka.com.ua/gov/ministerstvo/mintrans>.
7. Koshelev V. Morskie porty: strategija «perevooruzhenija» / V. Koshelev // Porty Ukrainy. – 2003. – № 02 (40).
8. The European Sea Ports Organisation: News – [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.espo.be>.

Зайнчуківська О.А. Аналіз стратегічних перспектив розвитку портової інфраструктури України

Проведено огляд поточного стану портів і портової інфраструктури в Україні у рамках стратегії технічного переозброєння. Розглянута динаміка вантажообігу морськими портами України. Проведена оцінка перспективного конкурентного потенціалу з використанням інструментів стратегічного аналізу: матриць стратегічного управління «3К», стратегічних перспектив «SNW». Визначено стратегічні орієнтири для портів України та Севастополя. Виділені ключові бар'єри розвитку портів та портової інфраструктури.

Ключові слова: стратегічні перспективи, інфраструктура, потенціал портів, стратегія технічного переозброєння, конкурентоспроможність портів.

Zaynchukovska O. Analysis of the port's infrastructure developments strategic prospects in Ukraine

An overview of the port and ports infrastructure in Ukraine within the framework of the technical re-equipment strategy is done. The dynamics of the Ukrainian sea ports freight turnover are considered. The estimation of the perspective competitive potential, using the tools of strategic analysis: the matrix of strategic management «R3» and the strategic prospects «SNW» is done. The strategic guidelines for the ports of Ukraine and Sevastopol are defined. The barriers to the development of the ports and port infrastructure are considered.

Key words: strategic perspective, the infrastructure, the potential of the port, the strategy of technical re-equipment, the competitiveness of the port.

Зайнчуківська О.А. – аспірант, ст. викладач факультету транспортних технологій і менеджменту, ПУМІ, м. Севастополь, Україна, e-mail: oksik999@yandex.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.03.2013

УДК 656.22:004.9

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА НОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ СОРТИРОВОЧНОЙ РАБОТЫ НА ВЫТЯЖНЫХ ПУТЯХ

Короп Г.В.

PERFECTION OF PROCESS OF SETTING OF NORMS OF TIME OF SORTING WORK ON THE DRAWINGS WAYS

Korop G.

Рассмотрено применение искусственных нейронных сетей в задаче планирования маневровой работы. Нейросети предлагается использовать при определении времени перестроения методом осаживания многогруппного состава в конкретной горловине. Ставится задача адекватного временного прогноза в условиях выполнения работ при нехватке свободных путевых ресурсов, что предусматривает работу с путями «отсева». Произведён анализ и выбор архитектуры нейронной сети с дальнейшим экспериментальным подтверждением.

Ключевые слова: автоматизация, нейронные сети, перестроение.

Постановка проблемы. При конструировании автоматизированной системы по построению суточных план-графиков возникает актуальная и трудно разрешимая проблема по определению оперативно-го времени производства операций, в частности, операции сортировки состава. Данную задачу можно разрешить при помощи аналитических методов либо при помощи нейронных сетей [3].

Большинство аналитических методов [1, 2] не оперирует следующими параметрами при перестроении: вместимость, количество доступных путей, их особенности, размер групп и т.д. А те методы, которые учитывают данные особенности, адекватны только в определённых случаях. Другими словами, они не являются универсальными.

Цель. Целью исследования является нормирование времени сортировочной работы с многогруппными составами на вытяжных путях.

Результаты исследования. Алгоритмы, основанные на полном переборе, зачастую избыточны в своих решениях и требуют слишком больших затрат времени и компьютерных ресурсов при расчёте всех возможных ситуаций.

В качестве альтернативы имеет смысл использовать нейронную сеть, к основным особенностям которой относится следующее:

– нейронная сеть способна решать возложенные на неё задачи практически мгновенно;

– для корректной работы нейронной сети достаточно на начальном этапе её работы провести обучение по уже существующим данным;

– точность сети напрямую зависит от качества обучающих данных, которые могут быть получены практически либо аналитически.

При грамотном подходе к процессу автоматизации, потратив некоторое время на обучение нейронной сети, пользователь в итоге получит такой инструмент, который не только не будет уступать множеству аналитических методов, решая разнообразные задачи с учётом множества факторов, но и позволит значительно сэкономить ресурсы компьютера.

В данной работе рассматривается возможность включения нейронной сети в различные программы по автоматизированному построению суточных план-графиков и другие сходные программы с целью ускорить их, как минимум, в вычислении времени совершения маневровой работы без значительной потери точности.

Для выполнения обозначенной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор архитектуры нейронной сети.
2. Разработка методики обучения нейронной сети, формирование вектора обучающих данных.
3. Проверка адекватности предлагаемой системы прогнозирования времени.

Возможность применения нейронной сети для прогнозирования времени сортировочной работы, полученного на основе развёрточной и комбинаторной методик, позволяет:

1. Внедрить нейронные сети на промышленные предприятия без специальных затрат.
2. Использовать меньшее количество ресурсов компьютера, то есть улучшить быстродействие.

3. Учитывать, в отличие от существующих аналитических методик, путевое развитие станции и горловины, а также начальную структуру состава и доступность путевых ресурсов.

4. Возможность адаптации данной методики к моделированию времени распределения методикой профессора Бобровского.

Конечной целью программы является нахождение времени переформирования. В качестве основного метода получения результатов работы программы выбрана нейронная сеть.

Нейронные сети, или искусственные нейронные сети – это математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. После разработок алгоритмов обучения получаемые модели стали использоваться в практических целях: в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и пр. Нейронные сети являются системой соединённых между собой простых процессоров или функций, называемых нейронами или искусственными нейронами. Эти процессоры достаточно просты. Каждый из таких процессоров получает некоторые сигналы, которые он обрабатывает некоторым образом, а также периодически посылает сигналы другим нейронам. Но даже при такой простоте нейроны, будучи объединёнными в сеть, способны решать достаточно сложные задачи.

Существует множество архитектур нейронных сетей. В данной работе представлен многослойный персептрон, или многослойная сеть прямого распространения как наиболее часто используемая для задач классификации, аппроксимации и прогнозирования.

К главной особенности нейронной сети относится необходимость обучения. Во время обучения нейронная сеть способна выявлять закономерности, сложные зависимости между входными и выходными данными и выполнять обобщение. Именно эти свойства сетей дают возможность не только выдать правильный результат на основе тех данных, которые были представлены в обучающей выборке, но и адекватно предсказать такую ситуацию, которая не была представлена во время обучения. Одно из основных требований к обучающей выборке нейронной сети – это требование к репрезентативности.

Рассмотрим теперь искусственную нейронную сеть, созданную специально для задачи нахождения времени переформирования состава. Как уже было замечено выше, данная нейронная сеть является многослойным персептроном. Формально искусственная нейронная сеть для данного класса задач выглядит и описывается следующим образом (рис. 1):

$$MPS:5-5-1:1.$$

МП – многослойный персептрон (то есть архитектура нейронной сети), число до первого двоеточия – количество элементов входного вектора. Каж-

дое число после первого двоеточия – это количество нейронов в каждом из скрытых слоёв (первое число определяет количество входных нейронов элементов в первом слое, а последнее число до второго двоеточия – количество выходных нейронов в последнем слое). Число после второго двоеточия – это количество элементов в векторе выходных значений. В нашем случае вектор входных значений состоит из пяти элементов, а в выходном векторе – всего один элемент – время.

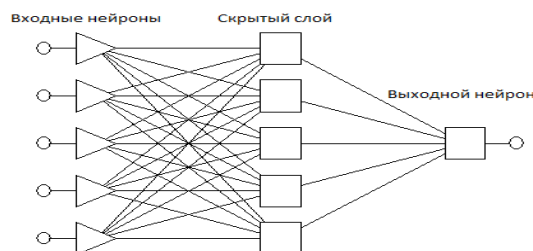


Рис. 1. Многослойный персептрон

Рассмотрим пример, который будет основным в данной работе, именно на участке из этого примера будут проходить все вычисления. Итак, пусть есть участок переформирования следующего вида, который характеризуется следующим образом (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Состав для примера

№ пути	Максимальная вместимость вагонов
1	16
2	16
3	16
4	16

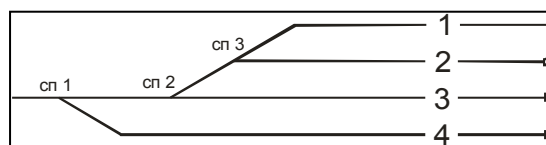


Рис. 2. Схема горловины

Рассмотрим параметры, которые нейронная сеть получает в качестве входных значений и на основе которых выдаёт результат – время. Подающиеся на вход данные представляют собой вектор целых чисел. Рассмотрим его подробнее:

$$V = (c, g, m, w, s), \tag{1}$$

где c – общее количество вагонов в составе;

g – количество групп различных типов вагонов. Значение параметра g – тот вид состава, к которому он должен прийти после переформирования;

m – параметр, отвечающий за начальное количество отцепов, то есть таких групп полностью одинаковых вагонов, которые находятся в неотсортированном составе рядом друг с другом. Именно различные сочетания этого и предыдущего параметров входного вектора нейронной сети оказывают влияние на сложность операций переформирования состава;

w – параметр, указывающий количество доступных в данный момент путей;

s – параметр, указывающий число тех вагонов из всего состава, которые не поместились вместе со всем составом на самый короткий путь из-за недостаточной длины пути либо по другой причине. Кроме того, параметр s отвечает текущему состоянию загрузки путевого развития в целом.

Опишем процесс получения такой оценки формально:

$$s = s_1 + s_2 + \dots + s_n, \quad n < w; \quad (2)$$

$$s_1 = \begin{cases} c - lw_1, c - lw_1 > 0; \\ 0, c - lw_1 \leq 0; \end{cases}$$

$$s_2 = \begin{cases} c - lw_1 - lw_2, c - lw_1 - lw_2 > 0; \\ 0, c - lw_1 - lw_2 \leq 0; \end{cases}$$

$$\vdots$$

$$s_n = \begin{cases} c - lw_1 - lw_2 \dots - lw_n, c - lw_1 - lw_2 \dots - lw_n > 0; \\ 0, c - lw_1 - lw_2 \dots - lw_n \leq 0; \end{cases} \quad (3)$$

где c – количество вагонов в составе;

w – количество путей;

lw_i – длина i -го пути ($i = 1 \dots n$).

Необходимо также отметить, что длины путей должны быть отсортированы по возрастанию длины пути. Полученный входной вектор представляет собой закодированный, сжато записанный состав, а также текущее состояние участка путевого развития, на котором происходит реформирование состава.

Рассмотрим теперь, как превратить информацию о составе, совершающей операцию по реформированию в приведённую выше кодированную запись. Пусть состав задан следующим образом (табл. 2).

Таблица 2

Параметры путей горловины

№ вагона	Тип вагона	Тип груза	№ ГФ	№ группы
1	пв	Порожний	1	1
2	пв	Порожний	1	1
3	цс	Нефтепродукты	1	2
4	цс	Нефтепродукты	1	2
5	пв	Порожний	1	1
6	пв	Порожний	2	3
7	пв	Порожний	2	3
8	пв	Уголь	3	4
9	пв	Уголь	3	4
10	цс	Нефтепродукты	1	2

Для преобразования воспользуемся следующим алгоритмом:

1. Первым шагом определяем количество вагонов в поданном составе – десять. Это первый элемент входного вектора.

2. Вторым шагом необходимо определить количество групп в конечном составе – по различным типам вагона, груза и пункта назначения получаем три группы. Это второй элемент входного вектора.

3. Третьим шагом определяем количество небольших групп или отцепов в составе – шесть. Это третий элемент входного вектора.

4. Четвёртым шагом определяем количество доступных путей. Предположим, что в данном примере доступно 2 пути, с длиной пути восемь и де-

сять вагонов. Это четвёртый элемент входного вектора.

5. Пятым шагом определим нехватку. Для этого применим формулу. В данном простейшем случае нехватка равна двум, по формуле (2) и (3). Это последний элемент входного вектора.

Тогда запишем входной вектор для нейронной сети, который соответствует данному составу согласно формуле (1):

$$V = (10, 4, 6, 2, 2).$$

Такие данные подаются на вход нейронной сети для получения времени реформирования состава. Обучающие данные выглядят подобным образом, но кроме входных данных, к ним присоединяется ещё один параметр – время, который был получен на основе наблюдений за операциями реформирования состава на некотором участке или с помощью программы на основе полного перебора. Такие таблицы для обучения искусственной нейронной сети выглядят следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

Пример обучающих данных

№	c	g	m	w	s	Время, сек
1	8	4	5	3	4	32,98
2	12	3	11	3	5	53,11
3	6	3	5	2	1	26,23

Примечание: время было посчитано с помощью развёрточной и комбинаторных методик для вышеописанной горловины.

Рассмотрим зависимость между обучающей выборкой и качеством определения времени реформирования состава, что, в конечном итоге, позволит определить оптимальное количество записей для обучающей выборки нейронной сети. Если этого не учитывать, то может возникнуть ситуация, называемая переобучением – в таком случае сеть не отвечает адекватно на поставленные реальные задачи.

Рассмотрим несколько примеров для нескольких нейронных сетей одной архитектуры, но обученных на разных выборках данных, для большей наглядности вышеописанного явления.

Сначала опишем каждую из нейронных сетей: в данном сравнении примут участие четыре сети. Каждая из них имеет архитектуру МП 5:5-5-1:1. Первая сеть будет обучена на 300 первых опытах, вторая нейронная сеть также будет обучена на 300 опытах (но другого рода), третья сеть – на 600 доступных опытах, а четвёртая – на 800 опытах, на всей обучающей выборке. Будем называть первую сеть МП-300-I, вторую МП-300-II, третью МП-600, а четвёртую – МП-800.

В качестве примеров возьмём несколько различных составов и вариантов на путевом развитии. Стоит отметить, что первые пять примеров включены в обучающую выборку сетей, а два последних примера не входят в обучающую выборку ни одной из сетей, а взяты для контроля.

В табл. 4 время было посчитано с помощью развёрточной и комбинаторных методик для вышеописанной горловины.

Таблица 4

Сравнение точности нейронных сетей

№	Входные данные					Время (контроль)	МП 300-I	МП 300-II	МП 600	МП-800
	c	g	m	w	s					
1	10	2	4	4	0	18,35	15,80438	17,62028	14,28403	14,54260
2	6	2	5	2	4	20,85	16,13844	56,52054	23,93311	24,94207
3	11	2	7	3	5	29,14	32,68050	63,65274	29,98396	29,03136
4	9	3	9	3	2	43,97	30,23062	76,64607	41,02001	48,56503
5	9	4	9	2	5	48,19	6,748947	65,11231	51,65448	50,85425
6	13	4	6	4	8	47,52	3,557803	51,82969	46,96379	48,26663
7	8	3	5	3	3	29,22	9,568992	59,62600	30,00624	29,34642

Для большей наглядности рассмотрим график (рис. 3), на котором время переформирования состава отображено точкой на оси ординат, а номер примера – точкой на оси абсцисс.

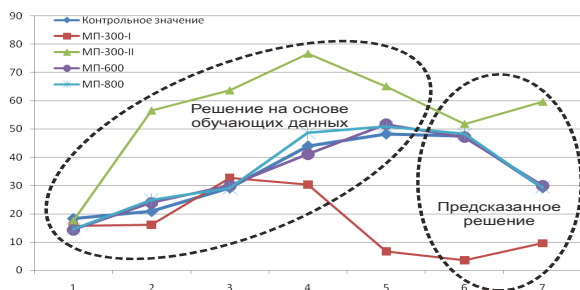


Рис. 3. Сравнение точности нейронных сетей

После получения результатов становится очевидным, что сети МП-300-I и МП-300-II не отвечают никаким требованиям точности – данные, которые они подают в качестве ответа, неверны. Две последние нейронные сети (МП-600 и МП-800) показали лучшие результаты.

Рассмотрим абсолютную погрешность каждой сети для всех примеров (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение абсолютной погрешности

№	МП 300-I	МП 300-II	МП 600	МП-800
1	2,54562	0,72972	4,06597	3,8074
2	4,71156	35,67054	3,08311	4,09207
3	3,5405	34,51274	0,84396	0,10864
4	13,73938	32,67607	2,94999	4,59503
5	41,44105	16,92231	3,46448	2,66425
6	43,9622	4,30969	0,55621	0,74663
7	19,65101	30,406	0,78624	0,12642

Погрешности первых сетей подтверждают разброс, отображенный на графике функций: МП-300-I и МП-300-II не приспособлены для выполнения возложенной на них задачи. Сети МП-600 и МП-800 показывают значительно лучшие результаты, и большая часть их ответов приемлема. Неверные ответы на первые примеры объясняются тем, что

нейронная сеть лучше всего обучается на тех параметрах, которые находятся в «центре» обучающей выборки, то есть не принадлежит к крайним или предельным значениям.

После проведенного эксперимента становится очевидным вывод: для погрешности, не превышающей 5 минут для задач, в которых участвуют небольшие составы (размером до 15 вагонов), достаточным количеством экспериментов в обучающей выборке будет 600-900 экспериментов. Теоретически обучающих данных может быть больше, однако тут необходимо следить, чтобы данные были репрезентативными в обучающей выборке и не вызывали переобучения нейронной сети.

Выводы. В данной работе было рассмотрено применение искусственных нейронных сетей к задаче определения времени переформирования состава на конкретной горловине. Метод показал себя эффективным, потому что нейронная сеть из-за особенностей обучения способна учитывать множество параметров, которые аналитические методы учесть не в состоянии.

Рассмотренное теоретическое основание нейронных сетей даёт возможность разработать гибкий инструмент решения различных задач, таких как оценка возможных решений, определение времени множества операций, поддержка оперативного планирования в целом. Благодаря процессу обучения нейронные сети способны решать целый класс задач, подобных задаче в данной работе, не претерпевая каких-либо изменений в архитектуре, что уменьшает требования к пользователю нейронной сети.

Плюсом для нейронных сетей является лёгкость во внедрении их на реальное предприятие: нейронную сеть можно легко обучить по уже существующим данным (например, журналам), при этом она будет учитывать особенности горловины ещё на этапе обучения. Кроме того, обученная нейронная сеть может продолжать обучаться и получать более точный результат на основе данных, полученных во время применения сети, при этом её могут сопровождать небольшое количество научных работников.

Л и т е р а т у р а

1. Бобровский В. И., Сковрон И. Я. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Вісник Дніпр. нац. ун. зал. тр. імені академіка В. Лазаряна, – Д.: вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – С. 88-93
2. Коров Г. В. Удосконалення оперативного планування обробки вагонопотоків в транспортних системах підприємств: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Коров Геннадій Вікторович; СНУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2012. – 227 с.
3. Нейронные сети. Statistica Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / ред. В. П. Боровикова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 392 с.

R e f e r e n c e s

1. Bobrovskij V.I., Skovron I.Ja. Sovershenstvovanie tehnologii formirovaniya mnogogrupnyh sostavov / V.I. Bobrovskij, I.Ja. Skovron // Visnik Dnibr. nac. un. zal. tr. imeni akademika V. Lazarjana, – D.: vid-vo Dnipropetr. nac. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazarjana, – 2007. – Vip. 19. – P. 88-93.
2. Korop G.V. Udoshkonalennja operativnogo planuvannja obrobki vagonopotokiv v transportnih sistemah pidpriemstv: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.20 / Korop Gennadij Viktorovich; SNU im. V. Dalja. – Lugans'k, 2012. – 227 p.
3. Nejrornyie seti. Statistica Neural Networks: Metodologija i tehnologii sovremenogo analiza dannyh / red. V.P. Borovikova. – 2-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. – M.: Gorjachaja linija-Telekom, 2008. – 392 p.

Коров Г.В. Вдосконалення процесу нормування часу сортувальної роботи на витяжних коліях

Розглянуто застосування штучних нейронних мереж при плануванні маневрової роботи. Нейронні мережі пропонується використати при визначенні часу переформування методом осаджень багатогрупного складу в конкретній горловині. Ставиться завдання адекватного часового прогнозу в умовах виконання робіт при нестачі вільних колійних ресурсів, що передбачає роботу з коліями "відсіву". Зроблено аналіз і вибір архітектури нейронної мережі з подальшим експериментальним підтвердженням.

Ключові слова: автоматизація, нейронні мережі, переформування.

Korop G. Perfection of process of setting of norms of time of sorting work on drawings ways

Application of artificial neural networks is considered to the task of determination of time of reforming of composition on a concrete mouth. In-process neural networks are first applied for prognostication of time of sorting work with many groups composition on drawings ways. Positive quality of neural networks is lightness in introduction of them on an industrial enterprise. The trained neural network can continue to study and get more exact result.

Keywords: automation, neural networks, reforming.

Коров Г.В. – к.т.н., ст. викладач кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: korop_g@mail.ru.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.03.2013

УДК 622.684

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ ПРОИЗВОДСТВА

Лучко М.И.

MODELING OF WORKS TRANSPORTATION-TECHNOLOGICAL COMPLEX OF MINING VENTURES IN THE LOGISTIC CHAIN PRODUCTION

Luchko M.

Рассмотрены проблемы в работе транспортно-технологической системы предприятия, которые вызывают снижение производительности и качества продукции всего горнодобывающего комплекса. Предложен метод планирования работы транспортно-технологической системы, обеспечивающий заданное качество конечного продукта в логистической цепочке производства. Разработана математическая модель, позволяющая определять оптимальные характеристики парка подвижного состава, его структуру и стратегию использования, предъявляя к ней критерий минимизации транспортных затрат с обеспечением выполнения плана по объему поставок руды на каждый пункт разгрузки и выполнением плана по качеству поставляемой руды.

Ключевые слова: транспортно-технологический комплекс, горнодобывающее предприятие, качество продукта, модель планирования, логистическая цепочка.

Постановка проблемы. Ключевыми проблемами в управлении и планировании работ карьерного транспорта являются: обработка информационных потоков о состоянии погрузочных и разгрузочных пунктов, дорожной сети карьера, погрузочных и разгрузочных механизмов, транспортных средств; выработка и принятие оптимальных решений о распределении технических средств (погрузочных, транспортных) по фронтам работы на основании таких данных.

Сложность проблемы управления и планирования работ транспортно-технологической системы предприятия горнодобывающего комплекса подчеркивают следующие особенности его функционирования:

1. Разветвленная транспортная сеть с незначительными расстояниями между пунктами погрузки и выгрузки горной массы.

2. Высокая интенсивность движения технологического транспорта по челночной схеме.

3. Тесная взаимосвязь работы транспорта с технологическими процессами добычи и последующей переработки руды.

Создаваемые автоматизированные системы управления транспортно-технологической системы предприятия предназначены повысить оперативность принятия управленческих и плановых решений, а также повысить и зафиксировать качество конечного продукта в логистической цепочке производства: добыча – транспортировка – перевалка – транспортировка – переработка.

Представленные ранее системы планирования [1] не учитывали критерий качества, а именно определяющий усреднение колебания полезного компонента в руде, что существенно влияет на экономические показатели работы горнодобывающего комплекса в логистической цепочке производства.

В современных условиях важной задачей эффективности работы горнодобывающей промышленности становится выполнение плана по объему добычи, снижение себестоимости и трудоемкости работ, затрат на транспортировку. Это в значительной степени определяется решением задачи рациональной организации работы технологического автотранспорта, а также условий горного производства.

Однако специфика работы добывающей железорудной промышленности складывается таким образом, что помимо обеспечения плановой добычи необходимо также обеспечить и качество добываемой руды, т.е. определенный уровень содержания железа в руде на выходе ГОКа. По действующей технологии уровень содержания обеспечивается смешиванием в определенных пропорциях руды более богатой железом с менее богатой. На комбинат руда различного качества попадает с разных забоев, а управление транспортом и его распределение по фронтам работ осуществляется в ручном режиме по кратчайшим пробегам, что вызывает неточность в качестве. Это обстоятельство вызывает значительные колебания состава компонентов сырья, несоблюдения качества конечного продукта либо значительное удорожание обогащения сырья в логистической цепочке производства.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемами организации и планирования технологических перевозок автомобильным транспортом занимались такие крупные ученые, как М.В. Васильев, А.О. Спиваковский, М.Г. Новожилов, Б.В. Яковенко, М.Г. Потапов, В.В. Ржевский, Е.Ф. Шешко, В.Л. Яковлев и другие ученые. Их исследования можно разделить на следующие основные направления:

- определение оптимальной структуры и управления автотранспортом внутри карьера;
- изучение совместной работы забойных экскаваторов и автосамосвалов, а также работы автосамосвалов в местах их разгрузки;
- обоснование форм технического обслуживания и ремонта погрузочно-транспортных комплексов.

Проблема снижения качества выдаваемого сырья (усреднения руд) связана с ослабевающей эффективностью применяемых на предприятиях методов организации работы подвижного состава транспортной системы, требующих корректировки на современном этапе, а также малым участием научных разработок в производственно-технологических процессах предприятий. Таким образом, представляет большой интерес рассмотрение научных разработок последнего времени в данном направлении.

На практике мало уделено внимания методам текущего и перспективного планирования работы автомобильного транспорта, обоснованию оптимального соотношения грузоподъемности работающего парка карьерных автосамосвалов в транспортно-технологической системе [2], их необходимого количества для транспортировки руды с тех или иных фронтов работ, обеспечивающих конечное соотношение количества и качества добываемой руды. Усложняется ситуация сложившимися экономическими условиями и стремительным развитием разработок карьеров, которое приводит к изменению и усложнению горнотехнических условий эксплуатации транспорта [3].

В этой связи для определения рациональной структуры рабочего парка подвижного состава целесообразно разработать метод оперативного планирования сменной производительности автосамосвалов, комплексно учитывающий совместное влияние сложных горнотехнических условий эксплуатации самосвалов и мощность карьерного производства. Предложено представить комплекс параметров горнотехнических условий в виде дорожного эквивалента (\mathcal{E}), который будет определять их воздействие в функции оптимизационной модели планирования работы технологического автотранспорта в условиях карьера [4].

Как было обозначено ранее, специфика технологии добычи на железорудных карьерах определяется усреднением качества добытой руды до определенно-постоянного соотношения за счет смешивания руд, добываемых в различных забоях. Всё вышеизложенное и тот факт, что управление транс-

портной работой на предприятии ведется в ручном режиме, что снижает эффективность использования транспортных средств, создаёт актуальную проблему снижения эффективности работы транспортно-технологической системы предприятия, которые вызывают падение производительности и ухудшение качества продукции всего горнодобывающего комплекса. Решить ее необходимо путем совершенствования методов планирования и организации работы технологического автомобильного транспорта при транспортировке добычи.

Цель и постановка задач. Цель исследований заключается в совершенствовании методики планирования и организации работы парка технологического автомобильного транспорта в условиях возрастающей глубины карьера и разработки соответствующей модели. Базис методики основан на рациональном распределении транспортных средств по фронтам работ, оптимально обеспечивающем производственную мощность карьера и качество добываемых материалов, с учетом специфики горнотехнических условий при минимальных затратах.

Материалы и результаты исследования. Исследование и совершенствование перевозочного процесса заключается в том, чтобы рассмотреть карьерное производство как единую транспортно-технологическую систему, обладающую определенным набором свойств и подверженную вероятностному воздействию. С этой целью предлагается разработать математическую модель, позволяющую определять оптимальные характеристики парка подвижного состава, его структуру и стратегию использования, предъявляя к ней следующие критерии.

Минимизация транспортных затрат:

$$\sum_{i \in M_{\Pi}} \sum_{s \in M_P} \sum_{t \in N_{ACP}} C_t \cdot k_{tis} \cdot \mathcal{E}_{is} \cdot q_t \cdot \rho_m \rightarrow \min; \quad s \in M_P, \quad (1)$$

где C_t – себестоимость транспортных работ для t -го типа ТС;

k_{tis} – количество рейсов автосамосвалом, t -й грузоподъемности, выполняемых с i -го пункта погрузки на s -й пункт разгрузки;

\mathcal{E}_{is} – дорожный эквивалент перемещения между i -м пунктом погрузки и s -м накопительным пунктом;

q_t – грузоподъемность t -го ТС;

ρ_m – количество самосвалов t -й грузоподъемности;

M_{Π} и M_P – множество пунктов погрузки и разгрузки руды;

N_{ACP} – множество различных по грузоподъемности транспортных средств в работе.

Обеспечение выполнения плана по объему поставок руды на каждый пункт разгрузки:

$$\sum_{t \in N_{ACP}} \sum_{i \in M_{\Pi}} q_t \cdot k_{tis} \cdot \rho_m \geq Q_s; \quad s \in M_P, \quad (2)$$

где Q_s – сменный план по объему транспортировки руды на s -й пункт разгрузки.

Обеспечение выполнения плана по качеству поставляемой руды на каждом пункте разгрузки:

$$\alpha_{3АД_s} - \Delta\alpha_s \leq \frac{\sum_{t \in N_{ACP}} \sum_{i \in M_{II}} q_t k_{tis} \alpha_i \rho_m}{\sum_{t \in N_{ACP}} \sum_{i \in M_{II}} q_t k_{tis} \rho_{ti}} \leq \alpha_{3АД_s} + \Delta\alpha_s, \quad s \in M_p, \quad (3)$$

где $\alpha_{3ад s}$ – заданное качество руды, поступающей на обогащение;

$\Delta\alpha_s$ – допустимые отклонения качества руды от заданного;

α_i – содержание железа в руде i -го пункта погрузки.

Также необходимо учитывать ограничения на производительность экскаваторов (P_{zi}) и запасы руды (Z_{pi}) в пунктах погрузки:

$$\sum_{t \in N_{ACP}} \sum_{i \in M_{II}} q_t \cdot k_{tis} \cdot \rho_m \leq \min\{P_{zi}, Z_{pi}\}. \quad (4)$$

Одной из наиболее актуальных в составе комплекса задач оперативного планирования работы карьерного автотранспорта является задача по рас- планированию оптимального соотношения транспор- тировки руды различного качества с пунктов по- грузки автосамосвалами на усреднительный пункт или обогатительный комбинат. Ее решение создает возможность управления качеством руды, и она свя- зана непосредственно с управлением работой усреднительных сооружений – приемных и проме- жуточных складов дробильной фабрики. Известно, что существует довольно тесная связь между оче- редностью разгрузки автосамосвалов с рудой раз- личного качества на входе обогатительной фабрики и степенью ее усреднения перед обогащением. Ме- няя объемы и очередность поставок руды различ- ного качества с различных забоев, можно добиться существенного сокращения колебаний содержания полезного компонента в руде, что весьма положи- тельно сказывается на всех последующих переделах ее переработки.

Для имитационных экспериментов были разра- ботаны математические модели задач выбора пунк- тов назначения для порожнего и груженого автоса- мосвала. Целью имитационных экспериментов с по- строенными моделями является определение наибо- лее эффективных критериев оптимальности задач планирования работы карьерного автотранспорта, методов их решения и оценки экономической эф- фективности от внедрения подсистемы оперативно- го планирования.

Критерием оптимальности поставленной зада- чи служит минимум отклонений средневзвешенного качества руды от планового, т.е. выбирается из множества пунктов погрузки МП такой, чтобы до- стигался минимум критерия:

$$\left| \bar{\alpha}_i - \hat{\alpha}_s \right| \rightarrow \min \left| \bar{\alpha}_i - \hat{\alpha}_s \right|, \quad (5)$$

где $\bar{\alpha}_i$ – прогнозируемое качество руды в усредня- ющей емкости после разгрузки автосамосвала, при- бывшего из i -го пункта погрузки;

$\hat{\alpha}_s$ – заданное качество по s -й обогатительной фабрике.

Прогнозируемое качество руды на выходе дро- бильной фабрики рассчитывается

$$\bar{\alpha}_i = \frac{\alpha_i \cdot q_t + \bar{\alpha}_s \cdot Q_s}{q_t + Q_s}, \quad (6)$$

где α_i – качество руды в планируемом пункте по- грузки;

q_t – грузоподъемность t -го типа автосамосвала совершающего транспортировку с i -го пункта по- грузки на s -й приемный склад;

$\bar{\alpha}_s$ – средневзвешенное качество руды до начала разгрузки автосамосвала в усредняющей ем- кости s -го приемного склада;

Q_s – объем руды в усредняющей емкости s -го приемного склада до разгрузки автосамосвала, при- бывшего из i -го пункта погрузки.

При этом должны соблюдаться следующие ограничения:

$$\left| \bar{\alpha}_i - \hat{\alpha}_s \right| \leq \Delta\alpha_s, \quad (i = 2, 3, \dots, n). \quad (7)$$

Пункт погрузки, который может быть выбран для поставки, должен обеспечить отклонение про- гнозируемого качества руды от планового меньше заданного порога $\Delta\alpha_s$. В случае нарушения ограни- чения (7) для какого-либо пункта погрузки алгоритм исключает его из моделирования и производит но- вый выбор пункта погрузки по критерию (5) до тех пор, пока не будут удовлетворены ограничения за- дачи.

На основании модели разработана автоматизи- рованная система планирования, учета и отчетности работы автотранспортных средств в карьере, опти- мизирующая деятельность предприятия. Она позво- ляет в автоматизированном режиме распланировать автосамосвалы по пунктам погрузки, выбирать оп- тимальный маршрут транспортирования груза, опти- мизировать поставки горной массы на пункты разгрузки по требуемому объему и содержанию по-лезного компонента, при этом система учитывает производительность и исправность технических средств (погрузочных, транспортных). По итогам моделирования (планирования) программа форми- рует отчет (рис. 1).

В целом данный метод даст возможность пред- приятиям планировать и организовывать работу технологического автомобильного транспорта в условиях возрастающей глубины карьеров различ- ной мощности и переменного качества залежей. Эффективно определять оптимальные характери- стики парка подвижного состава, его структуру и стратегию использования, тем самым повышать экономическую эффективность, конкурентоспособ- ность и рентабельность предприятия.

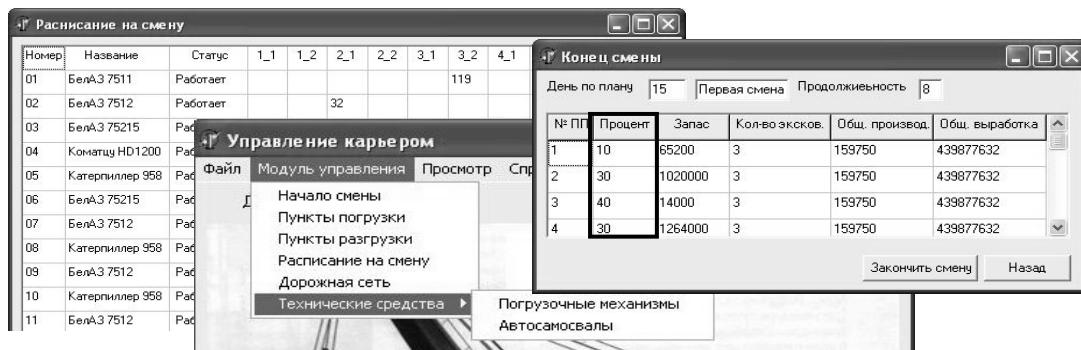


Рис. 1. Фрагменты интерфейса разработанной системы

Выводы. Горнодобывающая промышленность имеет ряд проблем, снижающих эффективность работы технологического автомобильного транспорта, среди которых – усложнение горнотехнических условий в связи с интенсивным углублением карьеров. Специфика работы транспортно-технологической системы предприятия направлена на обеспечение качества конечного продукта в логистической цепочке производства.

Актуально совершенствование организации работы транспортно-технологической системы горнодобывающего предприятия в условиях карьера, разработка методики корректировки структуры парка подвижного состава, рационального его распределения по фронтам работ с учетом специфики горнотехнических условий, производственной мощности карьера и качества добываемых материалов с минимальными затратами.

Для вышеуказанных целей предложены методы их осуществления, критерии оптимизации и модель, позволяющая решать поставленные задачи с соблюдением качества конечного продукта в логистической цепочке производства.

Л и т е р а т у р а

1. Геоінформаційна система «КривбассАкадемІнвест». – Кривий Ріг: КрТВ МАНКС, 2008. – С. 18-20.
2. Зотов А.А., Зырянов И.В. Эффективность транспортных систем на карьере «Юбилейный» АК «АЛРОСА» // Горный журнал. – 2006. – № 3. – С. 37-40.
3. Лучко М.И. Оценка условий эксплуатации промышленного технологического автотранспорта в условиях карьера // Вісник СНУ ім. В. Даля. 2002. – № 12. – С. 127-133.
4. Лучко М.И. Определение дорожного эквивалента перемещения горной массы автомобильным транспортом по энергетическому критерию при движении на уклонах // Разработка рудных месторождений. Респ. межвед. научно-техн. сб. – Кривой Рог: КТУ, 2004. – № 83. – С. 164-170.

R e f e r e n c e s

1. Geoinformacijna sistema «KrivbassAkademInvest». – Krivij Rig: KrTV MANKS, 2008. – P. 18-20.
2. Zotov A.A., Zyryanov I.V. Jeftektivnost' transportnyh sistem na kar'ere «Jubilejnyj» AK «ALROSA» // Gornyj zhurnal. – 2006. – № 3. – P. 37-40.
3. Luchko M.I. Ocenka uslovij jekspluatacii promyshlennogo tehnologicheskogo avtotransporta v uslovijah kar'era // Vesnik Vostochnoukrainskij nacional'nyj universitet imeni V. Dalja. – 2002. – № 12. – P. 127-133.

4. Luchko M.I. Opredelenie dorozhnogo jekvivalenta peremeshhenija gornoj massy avtomobil'nyim transportom po jenergeticheskomu kriteriju pri dvizhenii na uklonah // Razrabotka rudnyh mestorozhdenij. Resp. mejved. nauchno-tehn. sb. – Krivoj Rog: KТУ. – 2004. – № 83. – P. 164-170.

Лучко М.І. Моделювання роботи транспортно-технологічного комплексу видобувних підприємств у логістичному ланцюжку виробництва

Розглянуто проблеми в роботі транспортно-технологічної системи підприємства, які викликають зниження продуктивності і якості продукції всього гірничодобувного комплексу. Запропоновано метод планування роботи транспортно-технологічної системи, що забезпечує задану якість кінцевого продукту в логістичному ланцюжку виробництва. Розроблено математичну модель, що дозволяє визначити оптимальні характеристики парку рухомого складу, його структуру і стратегію використання, пред'являючи до неї критерій мінімізації транспортних витрат із забезпеченням виконання плану за обсягом поставок руди на кожен пункт розвантаження і виконанням плану за якістю продукції, що поставляється.

Ключові слова: транспортно-технологічна система, гірничодобувне підприємство, якість продукту, логістичний ланцюжок виробництва.

Luchko M. Modeling of works transportation-technological complex of mining ventures in the logistic chain production

The considered problems in work transport-technological system of the enterprise, which cause the productions cuts and quality to product whole mining complex. The offered model of the planning the work transport-technological system, providing given quality of the final product in logistics to chain production. Developed the mathematical model that allows determine the optimal characteristics of the rolling stock, structure and strategy of using, presenting to it the criterion of minimizing costs.

Keywords: transport-technological system, mining enterprise, quality of the product, model of the planning, logistics chain of production.

Лучко М.І. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

УДК 658.81

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ ЗБУТОВОЇ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Попова Ю.М., Ляшенко А.О.

PROPOSALS FOR THE DEVELOPMENT OF CUSTOMER-ORIENTED SALES MODEL OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Popova Y., Lyushenko A.

У статті обґрунтовано теоретичну необхідність і практичну можливість підвищення рівня ефективності взаємовигідної співпраці промислового підприємства й логістично-складських комплексів посередницьких структур завдяки створенню регіональної системи управління збутом клієнтоорієнтованої продукції, що націлена на формування сучасної індустрії та розвитку промисловості, особливо металургійної. Рішення зазначеної проблеми здійснено шляхом формування клієнтоорієнтованої моделі збуту продукції, яка в свою чергу гарантує завантаження потужностей заводу-виробника.

Ключові слова: логістичний складський комплекс, металотрейдері, роздрібна мережа, підприємство, клієнтоорієнтована модель.

Постановка проблеми. Економічна діяльність суб'єктів господарювання є ключовим показником розвитку держави, елементом формування економіки держави у міжнародній зовнішній економічній системі. Сучасна реальність вимагає прийняття високоефективних рішень стосовно формування цільових ланок в процесах виробництва й споживання, з метою зменшення витрат і задоволення потреб споживача у повному обсязі.

Більше 90% промислових підприємств України, побудованих 20-60 років тому, на жаль, сьогодні мають зношеність основних виробничих фондів понад 80%. Структура збутової діяльності таких підприємств ґрунтувалась на основах адміністративно-командної системи управління й не була індивідуально-клієнтоорієнтованою, тому під час переходу до сучасної ринкової моделі економіки постала проблема з реалізацією продукції й пошуку нових напрямків збуту. Для споживача особливостями перерієнтації ринку стали такі: формування обсягу замовлень, виходячи з потреби на конкретний проект, обмеження у фінансових ресурсах, потреба у відстрочці платежу, своєчасна доставка до замовника.

Отже, клієнтоорієнтована модель промислового металургійного підприємства базується на засадах мінімізації витрат шляхом оперативного задоволення потреб споживача. Основними елементами такої моделі є: власний склад, власний автопарк і сортамент продукції (блюми, сляби, заготовка, лист, круг, квадрат, штруба, кутник, шестигранник і чавун). Розмаїття сортаменту продукції повинне ґрунтуватися на різновидах сталей (звичайна, конструкційна, інструментальна). Лише при дотриманні вищезазначених умов ефективність роботи клієнтоорієнтованої моделі підприємства буде високою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед наукових досліджень, присвячених розвитку збутової системи промислового підприємства, виділяють роботи науковців, зокрема, Л.Ю. Єжової [1], А.Н. Смика [2], П.І. Тішкова [3], Н.Ю. Четиркиної [4]. Однак питання, відповідно до яких простежувалася б зв'язок і залежність потужного промислового потенціалу України від правильного розташування складського – клієнтоорієнтованого господарства й доцільності їх використання, не є достатньо сформованими і потребують детального вивчення.

Мета. Метою роботи є розробка збутової клієнтоорієнтованої моделі промислового підприємства на прикладі ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод».

Результати досліджень. В основі діяльності складу металургійного підприємства лежить задоволення потреб споживача шляхом надання найбільшого сортаменту своєї продукції. ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод» виготовляє продукцію, сортамент якої перевищує 900 найменувань.

Побудова власної роздрібною мережі, як показує діяльність конкурентів Метінвест «УГМК», є ефективним засобом підвищення реалізації та споживання власної продукції.

Тому доцільною є побудова власної роздрібною мережі, яка полягала б в розміщенні спеціальних ре-

гіональних складів, орієнтованих на кінцевих споживачів, а також на експорт у прикордонних територіях.

Для визначення сортаменту продукції необхідно класифікувати підприємства по галузях, а також виявити найбільш затребувані позиції.

Багато промислових підприємств України мають можливість замовляти продукцію безпосередньо на заводі, але за певної специфіки виробництва:

– 100% передплата в момент оформлення замовлення;

– строк виконання замовлення до 60 календарних днів;

– мінімальне замовлення від 5 тонн.

В існуючій економічній ситуації «зависання» грошових ресурсів впродовж тривалого часу (до 60 днів) є проблематичним для підприємств.

Будівництво власних складів є досить витратним процесом, оскільки в даний час на підприємстві проводяться реконструкції ключових ланок виробництва, тому пропонується створення моделі взаємодії ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод» і ключових металотрейдерів України, які мають власні склади. В Україні в період 2010-2012 рр. намітилася тенденція кредитування підприємств з боку металотрейдерів.

Тому доцільним є запропонувати модель взаємодії ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод» із ключовими металотрейдерами. Зазначена модель використовує такі умови:

– металотрейдери кредитують виробничі підприємства;

– металотрейдери щомісяця замовляють продукцію для кінцевих споживачів у повному обсязі;

– завод надає 2% знижку для ключових металотрейдерів;

– металотрейдери реалізують продукцію для виробників за мінімальною ринковою ціною.

Отже, обґрунтуємо ефективність запропонованої моделі співробітництва.

Загальний обсяг продукції, що виготовляється на підприємстві ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод», яка йде до кінцевого споживача в Україні, становить 40 тис. тонн сортового й листового прокату (R_I), а запити на продукцію становлять 60 тис. тонн (PS).

За даними служби маркетингу досліджуваного підприємства, основними споживачами продукції є підприємства таких галузей (табл. 1).

Розрахуємо реальний і можливий обсяг виробництва по галузях за такими формулами:

$$R_I = R_I * Per, \quad (1)$$

$$PS = PS * Per, \quad (2)$$

де R_I – реальний обсяг виробництва;

PS – можливий обсяг виробництва;

Per – відсотки.

Отже, отримані результати занесемо до табл. 2.

Таблиця 1

**Основні споживачі продукції
ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод»**

№ з/п	Галузі	Обсяг у відсотках/місяць (Per , %)
1.	Вугільна й вугільне машинобудування	45
2.	Суднобудівна	15
3.	Залізничне будування	20
4.	Сільськогосподарське будування	10
5.	Оборонна	5
6.	Інші	5

Таблиця 2

Обсяги виробництва продукції за галузями

Галузі	R_I , тис. тонн	PS
1. Вугільна та вугільне машинобудування	18 000	27 000
2. Суднобудівна	6 000	9 000
3. Залізничне будування	8 000	12 000
4. Сільськогосподарське будування	4 000	6 000
5. Оборонна	2	3
6. Інші	2	3

Слід зазначити, що промислові підприємства не мають змогу замовляти продукцію в повному обсязі безпосередньо на ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод», тому що спостерігається тимчасова недостатність коштів та відсутність умов надання відстрочення платежу. Тому кінцевий споживач вимушений купувати продукцію у металотрейдерів, які в свою чергу мають фінансові ресурси та замовляють продукцію на ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод».

Географічне розташування підприємств різних галузей зображено на рис. 1.



Рис. 1. Географічне розташування підприємств різних галузей

Отже, вигідним є підписання взаємних договорів про співпрацю на вищезазначених умовах з чотирма металотрейдерами.

Далі, підрахуємо економічну ефективність запропонованого проекту.

Регіон 1. Найбільшим металотрейдером є ТК «СВ – Металл груп», компанія має 4 склади – в Донецькій, Дніпропетровській, Луганській областях та в місті Донецьк. Склади для готової продукції ро-

заштовані в промислових центрах, мають залізничні під'їзди колії та зручні автомобільні стоянки. Склади обладнані вагами, які дозволяють зважувати вагони та машини, для роздрібною торгівлі на складах є спеціальні крюкові ваги.

Підприємства гірничого машинобудування у виробничому процесі використовують листовий прокат ст3сп5 і сортовий ст3сп5. Ціна на листовий прокат складає 6200 грн/т, за сортовий прокат – 7000 грн/т (згідно з прайсом підприємства за квітень 2012 р.).

Регіон 1 – підприємства гірничого машинобудування (ст3сп5-прокат, ст3сп5-сорт);

Регіон 2 – підприємства суднобудівної галузі (лист РСА8Х1500Х6000 та РСД32 8Х1500Х6000);

Регіон 3 – підприємства залізничнобудівної галузі (ст30ХГСА 6Х1500Х6000, ст30ХГСА 10Х1500Х6000);

Регіон 4 – підприємства сільськогосподарсько-го будування (ст65Г лист 6Х1500Х6000, ст65Г поло-са 12Х25).

Середню ціну розрахуємо за формулою:

$$P_m = (P(Sr) + P(Cr)) / 2, \quad (3)$$

де P_m – середня ціна;

$P(Sr)$ – ціна за листовий прокат;

$P(Cr)$ – ціна за сортовий прокат.

$$P_m = (6200 + 7000) / 2 = 6600 \text{ грн/т.}$$

Загальна кількість споживаного металопрокату в регіоні 1 в місяць дорівнює 27 000 тонн. Прибуток розрахуємо за формулою:

$$In = (P_m - (P_m * 0,02)) * L_s, \quad (4)$$

де In – прибуток;

L_s – загальна кількість споживаного металопро-кату в регіоні.

$$In = (6600 - (6600 * 0,02)) * 27000 = 174636000 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо прибуток за обсягами споживання, не використовуючи проект, за формулою (5):

$$Pr = R_s * P_m, \quad (5)$$

$$Pr = 18000 * 6600 = 118800000 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо економічний ефект Регіон 1 (ERI) за формулою:

$$ER(n) = In - Pr, \quad (6)$$

$$ERI = 174636000 - 118800000 = 55836000 \text{ грн/міс.}$$

Аналогічно розрахуємо економічну ефективність за 2, 3 та 4 регіонами.

Регіон 2. Найбільшим металотрейдером із суднобудівного напрямку є ТК «Регіон Металл», компанія має 2 склади – в місті Херсон та Миколаїв. Склади обладнані вагонними й автомобільними вагами, чотирма мостовими кранами, які мають криті склади. Транспортне забезпечення складів складається з під'їзних залізничних колій і зручних автомобільних під'їздів. На сьогоднішній день компанія має налагоджені промислові зв'язки з промислови-ми підприємствами України суднобудівного профі-лю.

Розрахуємо середню ціну (ціна за прайсом най-поширеніших позицій прокатного листа РСА 8x1500x6000 та РСД 32 8x1500x6000):

$$P_m = (6316 + 6795) / 2 = 6555 \text{ грн/т.}$$

Загальна кількість споживаного металопрокату в регіоні 2 в місяць дорівнює 9000 тонн. Розрахуємо прибуток:

$$In = (6555 - (6555 * 0,02)) * 9000 = 57816000 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо прибуток за обсягами споживання, не використовуючи проект:

$$Pr = 6000 * 6555 = 39330000 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо економічний ефект Регіону 2.

$$ER2 = 57816000 - 39330000 = 18486000 \text{ грн/міс.}$$

Регіон 3. Відомим металотрейдером є «Харків Металл», компанія має три склади по Харківській області та спеціалізується на реалізації продукції кі-нцевим споживачам. Склади обладнані вагами до 120 т, мають зручні під'їзні шляхи для автомобіль-ного й залізничного транспорту. Також компанія ре-алізує металопрокат за умов відстрочки платежу.

Розрахуємо середню ціну (ціна ст. 30ХГСА 6x1500x6000 та ст. 30ХГСА 10x1500x6000):

$$P_m = (10792 + 9468) / 2 = 10130 \text{ грн/т.}$$

Загальна кількість споживаного металопрокату в регіоні 3 в місяць дорівнює 12000 тонн. Розрахуємо прибуток:

$$In = (10130 - (10130 * 0,02)) * 12000 = 119128 \text{ тис. грн/міс.}$$

Розрахуємо прибуток за обсягами споживання, не використовуючи проект:

$$Pr = 8000 * 10130 = 81040000 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо економічний ефект Регіону 3.

$$ER3 = 119128800 - 81040000 = 67088800 \text{ грн/міс.}$$

Регіон 4. Найбільшим металотрейдером даного регіону є ТОВ «Сталь сервіс». Підприємство має великий склад в місті Києві, налагоджені промислові зв'язки, кредитує та надає металопрокат в асортименті за умов відстрочки платежу.

Розрахуємо середню ціну (ст. 65Г лист 6x1500x6000 та ст. 65Г полоса 12x25):

$$P_m = (8218 + 9096) / 2 = 8657 \text{ грн/т.}$$

Загальна кількість споживаного металопрокату в Регіоні 3 в місяць дорівнює 6000 тонн. Розрахуємо прибуток:

$$In = (8657 - (8657 * 0,02)) * 6000 = 50903160 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо прибуток за обсягами споживання, не використовуючи проект:

$$Pr = 4000 * 8657 = 34628000 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо економічний ефект Регіону 4.

$$ER4 = 50903160 - 34628000 = 16275160 \text{ грн/міс.}$$

Розрахуємо загальний економічний ефект від використання складів у зазначених регіонах:

$$ER_T = 55836000 + 18486000 + 67088800 + 16275160 = 157686400 \text{ грн/міс.}$$

При запропонованому варіанті співробітництва підприємство має загальні щомісячні замовлення на

продукцію, що в свою чергу дозволяє збільшити прибуток підприємства до 157 686 400 грн/міс.

Висновки. Ринкова модель управління господарством на сучасному етапі розвитку підприємницької діяльності й промисловості в цілому вимагають значних перетворень в сфері мінімізації логістичних витрат та збуту продукції. Основними тенденціями, з огляду на європейські та східно-азійські ринки збуту продукції, є розташування логістичних комплексів з повним комплексом послуг і наявності всього сортаменту продукції. Після аналізу економічної системи в межах України було запропоновано чотири складських логістичних комплекси, потужність яких відповідає існуючому попиту та гарантує завантаження потужностей заводу-виробника.

Проведений аналіз та економічні розрахунки свідчать про те, що запропонована модель збутової діяльності промислового підприємства є ефективною. Впровадження збутової моделі дає змогу значно підвищити кількість замовлень, що в свою чергу суттєво впливає на прибуток підприємства, звантажити виробничі потужності, що відображається на зниженні собівартості продукції, та підвищити конкурентоспроможність продукції і підприємства в цілому.

Л і т е р а т у р а

1. Єжова Л.Ю. Позиції України на міжнародному ринку промислової продукції / Л.Ю. Єжова, С.Г. Співаковський // Економіка України. – 2009. – № 1. – С. 78-82.
2. Смик А.Н. Економічна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / А.Н. Смик, Т.В. Сирийчик [за ред. Марчіна Свенціцькі.] – К.: Аналіт.-дорадч. центр Блакитної стрічки, 2010. – 102 с.
3. Стратегія розвитку – 2020; ПАТ «Донецьксталь – металургійний завод». – Д.: Новий мир, 2010. – 77 с.
4. Тішков П.І. Планування діяльності підприємства: навч. посіб. / В.Є. Москалик, П.І. Тішков [За заг. ред. В.Є. Москалика]. – К.: КНЕУ, 2008. – 384 с.
5. Четиркина Н.Ю. Україна в міжнародній економічній системі / А.М. Новикова, Н.Ю. Четиркина. – К.: НІПМБ, 2003 – 494 с.

R e f e r e n c e s

1. Yezhov L. Ukraine's position on the international market industrial products / L. Yezhov, S. Spivakovsky // Economy of Ukraine. – 2009. – № 1. – P. 78-82.
2. Smyk A. The economic policy of Ukraine and its approximation to the norms of the European Union / A. Smyk, T. Ssuryychyk [ed. Marcin Swiecicki] – K.: Analit. and Advisory. Blue Ribbon, 2010. – 102 p.
3. Development Strategy – 2020; PAT "Donetskstal – Metallurgical Plant". – AD: New Peace, 2010. – 77 p.
4. Tishkov P. Planning activity: teach. important among / V. Moskalik, P. Tishkov [For Society. yet. V. Moskalik]. – K.: MBK, 2008. – 384 p.

5. Chetyrkyna N.Y. Ukraine in the international economic system it / A. Novikov, N. Chetyrkin. – K. NIPMB, 2003. – 494 p.

Попова Ю.Н., Ляшенко А.О. Предложения по разработке сбытовой клиенто-ориентированной модели промышленного предприятия

В статье обоснованы теоретическая необходимость и практическая возможность повышения уровня эффективности взаимовыгодного сотрудничества промышленного предприятия и логистико-складских комплексов посреднических структур за счет создания региональной системы управления сбытом клиентоориентированной продукции, которая нацелена на формирование современной индустрии и развитие промышленности, особенно металлургической. Решение указанной проблемы осуществлено путем формирования клиентоориентированной модели сбыта продукции, которая в свою очередь гарантирует загрузку мощностей завода-производителя.

Ключевые слова: логистический складской комплекс, металлотрейдеры, розничная сеть, предприятие, клиентоориентированная модель.

Popova Y., Lyushenko A. Proposals for the development of customer-oriented sales model of industrial enterprises

The paper studies the theoretical necessity and feasibility of improving the efficiency of mutual cooperation of industrial enterprises and logistics and storage complexes mediating structures by creating a regional system for client-marketing of products aimed at the formation of modern industry and the development of industry, especially steel. Solution of this problem done by creating client-model sales, which in turn guarantees the load capacity of the manufacturer. Research allowed to offer the use of four warehouse logistics facilities whose capacity corresponds to the existing demand and ensure capacity utilization of the manufacturing plant. The model is defined based on the beneficial and optimal conditions: metal traders lend manufacturing facilities; monthly steel traders bought goods for consumers in full; plant provides 2% discount for key steel traders, steel traders sell their products to manufacturers at the lowest market price. Implementation of customer-sales model will increase the number of orders, which in turn significantly affect the company's profit, the maximum load capacity of the enterprise.

Keywords: logistics warehouse complex, metal, retail, enterprise, client-model.

Попова Ю.М. – к.е.н., доцент кафедри логістики, ДонДУУ, м. Донецьк, Україна, e-mail: yuli-p@ukr.net.
Ляшенко А.О. – магістрант спеціальності «Логістика», ДонДУУ, м. Донецьк, Україна.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 656.13.072

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Біліченко В.В., Сломнюк Б.В.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MUNICIPAL PASSENGER TRANSPORTATIONS

Bilichenko V., Slomnyuk B.

Розглянуто проблему функціонування міського автомобільного пасажирського транспорту на етапі зміни економічної системи країни. Описано основні тенденції розвитку міського автомобільного пасажирського транспорту в розвинених країнах. Доведено необхідність наукового обґрунтованого розрахунку кількості маршрутів та кількості рухомого складу на маршрутах. Надається оцінка змінам, що відбулись, пропонуються шляхи подальшого вдосконалення організації міських пасажирських автомобільних перевезень.

Ключові слова: пасажирські перевезення, міські перевезення, маршрутні таксі, автобуси.

Постановка проблеми. Сучасні стандарти життя висувають зовсім інші, ніж раніше, вимоги до рівня мобільності населення. Забезпечити зручний доступ до місця роботи, сфери обслуговування, до освітніх та культурних закладів і, зрештою, до місць проживання інших людей – це завдання номер один для транспортної системи міста. З цієї точки зору ефективне функціонування міського пасажирського транспорту має не тільки економічне, а також і велике соціальне значення [1-3].

Однією з важливіших складових міської інфраструктури, без якої неможливе нормальне існування сучасного великого міста, є транспортна система. Рівень надання послуг міським пасажирським транспортом багато в чому визначає забезпечення трудової діяльності, культурного розвитку та відпочинку населення. Поряд з традиційними показниками, які обумовлюють і характеризують розвиток міського пасажирського транспорту, серед яких – збільшення чисельності міського населення і потреби в пересуванні, освоєнні нових районів, в складній ситуації сьогодення необхідним є підвищення швидкості сполучення і комфортності поїздок з врахуванням платоспроможності населення.

Міський транспорт є одним з джерел шуму і забруднення шкідливими речовинами екологічного

середовища існування людини, виключно капіталомною системою, до якої залучена велика кількість людських ресурсів, використовуються дефіцитні традиційні енергетичні джерела, які не відтворюються. За останні роки значно збільшилась кількість приватних перевізників, які мають кілька автобусів, або мікроавтобусів і бажають “увійти” до міської транспортної системи для здійснення перевезень пасажирів на комерційній основі. На відміну від умов за адміністративно-командної системи, коли вирішувалось завдання формування транспортної системи за дефіциту необхідної кількості транспортних засобів, то в ринкових умовах основними завданнями є оптимізація їхньої структури та кількості з впровадженням прогресивних технологій перевезень. Особливістю сучасних міських транспортних систем є широкий розвиток маршрутних таксомоторних перевезень, які забезпечують поїздки пасажирів підвищеної комфортності при значно менших пасажиропотоках. Останнє особливо важливо в період спаду попиту на перевезення, коли їх доцільно здійснювати автобусами особливо малого та малого класів. Оскільки маршрутні таксомоторні перевезення виконуються в значній мірі паралельно з маршрутами автобусного, трамвайного, тролейбусного транспорту, то необхідно оптимізувати таку маршрутну систему. За цих умов проблема збалансованого і ефективного використання і розвитку міських пасажирських транспортних систем набуває виключної актуальності, а її вирішення вимагає розробки і застосування сучасних підходів і методів.

Основна частина. Проблема якісного задоволення попиту населення на пасажирські перевезення стояла завжди – з часів їхнього започаткування.

Сьогодні не існує єдиної для усієї країни системи міських пасажирських автомобільних перевезень. Тому в кожному місті України ця проблема вирішується різними методами, щодо вирішення цього завдання місцеві органи влади підійшли по-

різному. У більшості міст доклали зусиль, щоб зберегти муніципальні пасажирські автопідприємства. На цьому етапі це вдалося зробити, правда, не обійшлося без втрат.

Зміни, що сталися, вимагають серйозного аналізу. Щоб упорядкувати комерційні перевезення, міністерство вирішило ввести процедури, що регулюють і кількість, і якість працівників завдяки проведенню конкурсів на право працювати на міських маршрутах. Конкурс проводить комісія, до складу якої входять представники адміністрації міста, транспортної інспекції, громадських організацій автомобілістів. Умови конкурсу можуть змінюватись залежно від ситуації. У разі перемоги в конкурсі приватні перевізники укладають з адміністрацією договір, в якому обговорюються всі умови виконання пасажирських автомобільних перевезень.

Такий підхід дозволить упорядкувати рух автобусів на маршрутах, привести кількість рухомого складу у відповідність до науково обґрунтованих норм. Правда, недосконалість законодавства дозволяє працювати нелегальним перевізникам, але надалі і це можна буде вирішити. У деяких містах АТП практично збанкрутіли і припинили своє існування. Міські пасажирські автомобільні перевезення віддані приватним підприємцям за відсутності контролю і управління з боку адміністрації міста. В результаті вже впродовж багатьох років не проводиться обстеження пасажиропотоків, фактично сьогодні неможливо науково обґрунтовано розрахувати кількість маршрутів, кількість рухомого складу на маршрутах та ін. Ось і виявляється, що при приблизно однаковій кількості жителів в різних містах кількість транспортних засобів на маршрутах різниться 1,5-2 рази.

Формування складу перевізників носить стихійний характер, що вже привело владу до необхідності втрутитися в процес здійснення перевезень. Проте упущений час вимагає значних фінансових витрат, оскільки почати доведеться з обстеження пасажиропотоків, а це процедура дорога, складна і не дуже швидка. Далі слід зупинитися на організації конкурсів на пасажирські маршрути. Ця процедура викликає багато нарікань, починаючи з формування умов конкурсу. Потрібно відмітити, що умови встановлюються мерією міста і не носять загальнодержавного характеру. Адміністрація часто формує умови таким чином, що учасники конкурсу опиняються в неоднаковому становищі. Адже запорака конкуренції – рівні умови для всіх учасників. Часто приватні автоперевізники звинувачують адміністрацію міста в лобюванні інтересів муніципальних перевізників. У документі, що носить назву "Перелік міських автобусних маршрутів і кількість транспорту на них", частина міських маршрутів не вказана, причому найбільш прибуткових. Це дає можливість чиновникам віддати маршрути перевізникам, визначеним за якимись іншими показниками, ніж умови конкурсу.

Відомі випадки, коли підписувалися договори на виконання міських перевезень з перевізниками, які взагалі не брали участі в конкурсі. Доволі часто додаткові бали нараховуються не за технічний стан транспорту, не за якість перевезень, не за безаварійну роботу перевізників, а за фінансову підтримку різних зачаткування міської адміністрації. Усе це призводить до зростання корупції і зниження якості обслуговування пасажирів. Але слід врахувати, що це звичайні витрати капіталізації суспільства. З ними потрібно боротися, не втрачаючи стратегічного напрямку в розвитку міських пасажирських перевезень, який полягає в поліпшенні якості і зменшенні вартості транспортного обслуговування населення.

Таким чином, якщо спробувати підбити якісь підсумки діяльності в галузі міських пасажирських автомобільних перевезень, то слід зазначити:

- транспортний ринок став доступний надзвичайно великій кількості випадкових людей, не компетентних в цій галузі;
- зруйновано централізоване управління роботою міського громадського пасажирського транспорту;
- припинено обстеження пасажиропотоків, що не дозволяє мати достовірну систему звітності про доходи, обсяги перевезень, собівартість і т.д.;
- безперервно і не завжди обґрунтовано підвищуються ціни на рухомий склад, ПММ і запасні частини.

Перед тим, як прогнозувати можливі сценарії розвитку міських пасажирських автомобільних перевезень, спершу потрібно познайомитися з основними тенденціями розвитку цієї сфери в розвинених країнах, де процеси почалися раніше.

Виявляється, що і там тенденції ті ж самі: скорочення об'єму державних дотацій на потреби міських пасажирських перевезень, підвищення цін на рухомий склад і паливе, загальна спрямованість на лібералізацію економіки. Нині, за даними різних джерел, зокрема [2], існує три основні методи організації цієї транспортної роботи: закриті ринки (держсектор); повна дерегуляція без виняткових прав; контрольована конкуренція, коли перевізники на якийсь час набувають виняткових прав на виконання певних перевезень, але повинні періодично підтверджувати ці права через систему конкурсів. Дослідження показують, що найвищу якість послуг надає держсектор. Але при цьому виникають, як мінімум, дві небезпеки: монополізація сфери діяльності, що спричиняє погіршення якості надаваних послуг, і збільшення тарифів на перевезення.

При дерегуляції вдається досягти зменшення собівартості завдяки зниженню заробітної плати і підвищенню інтенсивності роботи рухомого складу. Проте при такій системі починають "вимиватися" з маршрутної мережі маршрути, що проходять через малонаселені райони міста. А якщо врахувати, що в цих районах зазвичай мешкає і найбільш малозабез-

печена категорія жителів, єдиною можливістю пересування для яких є громадський транспорт, то відразу стає зрозумілим, що знижується транспортна рухливість населення, тобто певна категорія жителів втрачає своє конституційне право на свободу пересування. Ця система, незважаючи на свою зовні чисто ринкову основу діяльності, ні в одній країні не сприймається як система майбутнього, зважаючи на очевидний анархізм, непередбачуваність і неможливість забезпечити права людини. Європейські країни виступають за третю систему – контрольовану конкуренцію.

На чолі стоїть умова надання людям можливості пересування, тобто забезпечення високого рівня мобільності при ключовій ролі держави, що здійснює часткове фінансування, а головне, що має виняткові права. Як показала практика організації міських пасажирських автомобільних перевезень в розвинених країнах, ринок не в змозі запропонувати досить високий рівень громадського транспорту. А це приводить до висновку, що державне фінансування є обов'язковим, отже, участь держсектора в організації роботи громадського транспорту обов'язкова, і не лише в ролі фінансуючої інстанції, але, головне, як контролера, що не дозволяє завдяки різним важелям дії знижувати об'єми і рівень надаваної послуги.

Одна з вимог контрольованої конкуренції – прозорість процесу появи і роботи перевізника, що виконує покладені на нього обов'язки щодо функціонування громадського транспорту. Як впливає з вищевикладеного, якраз цю вимогу і не виконує існуюча система конкурсів на пасажирські маршрути, вона в містах стає непрозорою. Немає прозорості – є неозорі можливості для корупції. При цьому обов'язкова присутність держави зовсім не робить обов'язковою наявність державних підприємств автомобільного транспорту. Якраз навпаки. У різних країнах спостерігається тенденція делегування своїх повноважень щодо управління пасажирськими перевезеннями приватним компаніям. Делегування відбувається шляхом організації роботи транспортних систем за контрактом, укладеним на певний термін з агентом, що виграв тендер. Як приклад, постановки і пропонувані методи вирішення подібного завдання цікаво проаналізувати "Національний план транспортної політики Нідерландів", країни, яка в цій галузі діяльності в числі найбільш розвинених. Яка ж роль в цьому держави? Читаємо: "Своєю роллю постачальника інфраструктури, регулятора ринку і замовника послуг громадського транспорту уряд справляє істотний вплив на якість транспорту і дорожнього руху".

Однією з проблем організації пасажирських автомобільних перевезень усередині великих міст стала проблема "пробок" через велику кількість приватних авто. Поява "пробок" не дає можливості перевізникам дотримуватися графіку руху автобусів, по-

рушуючи при цьому одну з головних умов якості послуги, що надається, – регулярність руху. Проблема не є нашою внутрішньою, вона властива усім великим містам, тому і вирішення її потрібно шукати спільними зусиллями. У згаданому вище "Національному плані" з цього приводу пропонується таке: "Збільшення числа альтернатив використанню особистих легкових автомобілів завдяки збільшенню числа потягів, розвитку легких залізниць та інших нових засобів громадського транспорту. Розвиток перевезень компаніями своїх співробітників, впровадження гнучких графіків їх роботи, заохочення пішохідного руху. Поєднання паркувальних зон і зупинок громадського транспорту, організація паркувальних зон і велосипедних гаражів поблизу залізничних станцій і автобусних (трамвайних) зупинок". Не усе пропонуване підходить для умов нашої країни, але на дещо слід звернути увагу. По-перше, викликає інтерес сама ідеологія організації перевезень, розвитку громадського транспорту і скорочення використання усередині міста особистих автомобілів.

Найреальніше сьогодні – будівництво спеціальних автопарковок на в'їздах до міста. Одночасно в районах цих автопарковок необхідно розташувати кінцеві зупинки різних видів міського громадського транспорту. Ті ж, хто захоче неодмінно потрапити в центр міста на особистому автомобілі, муситиме заплатити збір, розмір якого має істотно перевищувати вартість проїзду громадським транспортом.

Можлива реалізація й інших пропозицій, але для цього потрібні великі фінансові вкладення, які можуть бути зроблені лише через декілька років. Майбутні міських пасажирських автомобільних перевезень можуть і повинні забезпечувати такі заходи:

1. Впровадження системи регульованої конкуренції як найбільш перспективної. При цьому, мабуть, неминуче зменшення ролі держсектора, незважаючи на його певні переваги в якості послуг, що надаються.

2. Визнання неминучості державного фінансування, причому воно повинне відігравати ключову роль разом з реалізацією виняткових прав.

3. Природне укрупнення підприємств, що здійснюють міські пасажирські автомобільні перевезення як державного, так і приватного сектора, бо дрібні підприємства не мають достатніх обігових коштів для розвитку цього бізнесу.

4. Все ширше прийняття делегованого менеджменту, коли держава делегує свої повноваження з управління пасажирськими перевезеннями. Це відрізняється від приватизації тим, що делегований менеджмент дає можливість громадським органам адміністрації міста делегувати приватному операторові організацію пасажирських перевезень за контрактом на певний термін, отриманий за результатами проведеного конкурсу.

5. У відповідних планах розвитку транспортно-го забезпечення громадян мають бути передбачені технології для забезпечення безпеки руху, зокрема впровадження систем "інтелектуального" управління швидкістю автомобіля, вдосконалення систем активної і пасивної безпеки автомобілів і т.д.

Висновок. У результаті кожному мешканцю мають бути запропоновані ефективна, безпечна і стійка транспортна система і система руху транспорту, завдяки чому якість життя для індивідуальних користувачів стане добре збалансованою з якістю життя для країни в цілому.

Л і т е р а т у р а

1. Босняк М.Г. Пасажи́рські автомобільні перевезення: Навчальний посібник / М.Г. Босняк. – К.: Видавничий дім «Слово», 2009. – 272 с.
2. Гудков В.А. Пасажи́рские автомобильные перевозки: Учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
3. Аксенов І.М. Організація пасажи́рських приміських перевезень: Навчальний посібник / І.М. Аксенов, П.О. Яновський. – К.: КУЕТТ, 2002. – 67 с.

R e f e r e n c e s

1. Bosnyak M.G. Passenger motor-car transportations: train aid / M.G. Bosnyak. – K.: the Slovo Publishing house, 2009. – 272 p.
2. Gudkov V.A. Passenger motor-car transportations: Book for high school / V.A. Gudkov, L.B. Myrotin, A.V. Velmozhin, S.A. Shiryayev. – M.: Hot Line - Telecom, 2006. – 448 p.
3. Aksyonov I.M. Organization of passenger suburban transportations: train aid / I.M. Aksyonov, P.O. Yanovskiy. – K.: KUETT, 2002. – 67 p.

Биличенко В.В., Сломнюк Б.В. Проблемы и перспективы развития городских пассажирских перевозок

Рассмотрена проблема функционирования городского автомобильного пассажирского транспорта на этапе изменения экономической системы страны. Описаны основные тенденции развития городского автомобильного пассажирского транспорта в развитых странах. Доказана необходимость научного обоснованного расчета количества маршрутов и количества подвижного состава на маршрутах. Предлагается оценка изменений, которые произошли, предлагаются пути дальнейшего совершенствования организации городских пассажирских автомобильных перевозок.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, городские перевозки, маршрутные такси, автобусы.

Bilichenko V., Slomnyuk B. Problems and prospects of development of municipal passenger transportations

The problem of public motor-car passenger transport functioning is considered on the stage of change of the economic system of country. Basic progress of public motor-car passenger transport trends in the developed countries are described. The necessity of scientific reasonable calculation of amount of routes and amount of rolling stock on routes is well-proved. The estimation of changes that took place is given, the ways of further perfection of municipal passenger motor-car transportations organization are offered.

Keywords: passenger transportations, municipal transportations, rout taxis, busses.

Біліченко В.В. – к.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: bilichenko_v@mail.ru.

Сломнюк Б.В. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 658.7

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ ТА КІЛЬКОСТІ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ**Поляков А.П., Кушнір С.Л., Раціборинський В.В.****METHOD FOR DETERMINING THE AMOUNT REQUIRED NOMENCLATURE AND SPARE PARTS FOR REPAIR OF TRANSPORT****Polyakov A., Kushnyr S., Ratsyborynsky V.**

У роботі проведено дослідження, присвячені підвищенню техніко-економічних показників діяльності автотранспортного підприємства. Представлено удосконалений метод визначення необхідної номенклатури та кількості запасних частин для ремонту автомобілів. На основі цього методу побудовано математичну модель, в якій при розрахунку запасних частин враховується не лише кількість рухомого складу підприємства, а також їх пробіг з початку експлуатації та термін експлуатації. Це дає змогу врахувати вплив зміни надійності автомобіля, збільшити точність визначення номенклатури та кількості автомобільних запасних частин та зменшити величину витрат на придбання та зберігання автомобільних запасних частин, що не використовуються.

Ключові слова: запасні частини, математична модель, ремонт автомобілів.

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт є однією з важливих галузей господарства, який забезпечує виробництво та обіг продукції промисловості й сільського господарства, потреби будівництва та задовольняє потреби населення в перевезеннях.

Для підвищення ефективності функціонування автомобільного транспорту і закріплення конкурентних позицій автотранспортних підприємств на ринку транспортних послуг в загальному випадку необхідно вирішувати два завдання: підвищення продуктивності транспортних засобів та зниження витрат на перевезення.

Для підвищення продуктивності транспортних засобів необхідна своєчасна підтримка їх в працездатному стані, забезпечення якої можливе завдяки наявності необхідної номенклатури запасних частин на складі автотранспортного підприємства для ремонту автомобілів з мінімальним простоем [1–6]. На зниження витрат на перевезення значною мірою впливає час простою при обслуговуванні та ремонті автомобілів, який безпосередньо пов'язаний з номенклатурою та кількістю запасних частин, які зберігаються на АТП.

Мета. Метою роботи є підвищення техніко-економічних показників діяльності автотранспортного підприємства завдяки врахуванню зміни показників надійності автомобілів під час експлуатації при визначенні номенклатури запасних частин.

Результати досліджень. При проведенні експериментального дослідження перевага надається використанню багатофакторних експериментів. Метою дослідження є отримання вхідних числових даних про кількість поломок деталей автомобіля за певний період часу, які необхідні для проведення розрахунку показників надійності автомобіля.

На основі результатів експериментального дослідження визначається необхідна кількість та номенклатура запасних частин для забезпечення своєчасного та оперативного ремонту автомобілів на певний проміжок часу. Також за результатами експериментального дослідження перевіряється адекватність розробленої математичної моделі.

Оскільки основою роботи є визначення впливу надійності автомобіля, яка складається з декількох показників, на потребу його в запасних частинах, то для розв'язання цієї задачі необхідно побудувати рівняння регресії $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$, де y функція відклику, яка характеризує параметр, що досліджується, та x_1, \dots, x_k – фактори.

При плануванні експерименту враховується те, що конструктивні та технологічні фактори, які впливають на надійність автомобіля, відсутні. Оскільки конструктивні фактори закладені на етапі проектування та виробництва, а технологічні визначаються технологією виготовлення деталей і агрегатів, якістю матеріалів, що використовуються при виготовленні, та якістю складальних робіт.

Тому враховується лише експлуатаційний фактор, який включає в себе термін експлуатації автомобіля T та його напруження (пробіг) S .

Для аналізу експериментальних даних необхідно скласти рівняння регресії, яке у випадку варіювання двох факторів матиме вид:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2, \quad (1)$$

де a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти регресії;

x_1, x_2 – змінювані фактори;

y – значення параметру, що визначається.

Оскільки критерієм оцінки надійності автомобіля є безвідмовність, то в даному рівнянні функція відклику y – це імовірність безвідмовної роботи, а x_1, x_2 – термін експлуатації автомобіля та його напруження відповідно.

Основним завданням планування експериментального дослідження є обґрунтування необхідного об'єму вибірки, оскільки об'єм вибірки значною мірою впливає на точність результатів при статистичному дослідженні. Дослідження проводиться з метою оцінки математичного сподівання кількості відмов.

Об'єм вибірки можна розраховувати за формулою:

$$n = \frac{\gamma^2}{\Delta_a^2} z_{1-\alpha/2}^2, \quad (2)$$

де n – об'єм вибірки;

γ – коефіцієнт варіації;

Δ_a – максимальна відносна помилка при оцінці середнього значення кількості відмов;

$z_{1-\alpha/2}$ – квантіль рівня $P = 1 - \alpha/2$ нормованої нормально розподіленої випадкової величини;

$P = 1 - \alpha/2$ – статистична надійність, що представляє собою ймовірність неперевикнення фактичною помилкою при оцінці середнього значення характеристики максимальних помилок Δ_a (по модулю).

Генеральний коефіцієнт варіації γ є невідомою величиною, тому при визначенні об'єму вибірки його заміняють вибірковою коефіцієнтом варіації v . Тоді об'єм вибірки дослідження визначатиметься за формулою:

$$n = \frac{v^2}{\Delta_a^2} z_{1-\alpha/2}^2, \quad (3)$$

де v – коефіцієнт варіації.

При середній точності дослідження максимальну відносну помилку Δ_a приймаємо рівною 0,5. Тоді формула визначення об'єму вибірки зміниться на таку:

$$n = \frac{v^2}{0,5^2 \cdot v^2} z_{1-\alpha/2}^2, \quad (4)$$

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2}{0,25}. \quad (5)$$

Розрахуємо об'єм вибірки (кількість автомобілів), який забезпечить ймовірність неперевикнення фактичної помилки рівною $P = 0,9$, при цьому квантіль рівня $z_{1-\alpha/2} = 1,282$:

$$n = \frac{1,282}{0,25} \approx 7.$$

Для забезпечення умов точності було проведено розрахунок об'єму вибірки, в даному випадку кількість автомобілів, які необхідно досліджувати. Розрахунок показав, що для забезпечення ймовірності неперевикнення фактичної помилки рівною $P = 0,9$ необхідно досліджувати не менше 7 автомобілів кожної групи.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що зберігати всі деталі, які випускаються як запасні частини, безпосередньо на АТП – нераціонально. Це призводить до значного збільшення запасів, зростання складських площ, неефективного використання обігових коштів і, найголовніше, до неефективного використання запасів – велика їхня частина не використовується протягом тривалого часу.

Також нераціональним є відсутність складу на АТП, оскільки це спричиняє значний простій автомобілів в режимі очікування ремонту, в результаті якого підприємство втрачає кошти.

Встановлено, що для досліджуваного АТП найвигіднішим є зберігання на складі 46-49% від загальної кількості запасних частин. При зберіганні такої кількості запасних частин загальні витрати АТП становитимуть приблизно 320000 грн за місяць, що в порівнянні з витратами за відсутності складу та при зберіганні всієї кількості та номенклатури запасних частин економія становить 374080 грн та 129152 грн за місяць відповідно.

Висновки. Аналіз методів визначення номенклатури запасних частин для ремонту автомобілів показав, що існуючі методи не враховують вплив зміни надійності автомобіля, що призводить до придбання та зберігання автомобільних запасних частин, які не використовуються, або відсутності необхідних деталей.

Представлено удосконалений метод визначення необхідної номенклатури та кількості запасних частин для ремонту автомобілів. На основі цього методу побудовано математичну модель, в якій при розрахунку запасних частин враховується не лише кількість рухомого складу підприємства, а також їхній пробіг з початку експлуатації та термін експлуатації. Це дає змогу врахувати вплив зміни надійності автомобіля, збільшити точність визначення номенклатури та кількості автомобільних запасних частин, а також зменшити величину витрат на придбання та зберігання автомобільних запасних частин, що не використовуються.

Було проведено розрахунок номенклатури запасних частин, які необхідно зберігати на складі АТП 10554 та ПП «Автотранском» для ремонту автомобілів.

Л і т е р а т у р а

1. Волгин В.В. Автобизнес. Техника, сервис, запчасти / В.В. Волгин. – М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2003. – 848 с.
2. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И. Рыжиков. – СПб: Питер, 2001. – 384 с.
3. Бережной В.И. Методы и модели управления материальными потоками микрологической системы автопредприятия / В.И. Бережной, Е.В. Бережная. – Ставрополь: Интеллект-сервис, 1996. – 155 с.
4. Трикозюк В.А. Повышение надежности автомобиля / В.А. Трикозюк. – М.: Транспорт, 1980. – 87 с.
5. Поляков А.П. Метод формування необхідної кількості запасних частин для ремонту засобів транспорту / А.П. Поляков, Д.О. Галушак, О.О. Галушак, О.П. Антонюк // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2012_2/2012-2.files/uk/12apptmr_ua.pdf.
6. Поляков А.П. Метод формування необхідної кількості запасних частин для ремонту транспорту / А.П. Поляков, О.П. Антонюк // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту: IV міжнародна науково-практична конференція, 24-26 жовтня 2011 р.: тези доп. – С. 66.

R e f e r e n c e s

1. Volgyn V.V. Avtobyznes. Tehnyka, servys, zapchasty / V.V. Volgyn M.: Yzdatel'sko-knygotorgovij centr «Marketyng», 2003. – 848 p.
2. Ryzhikov Ju.Y. Teoryja ocheredej y upravlenye zapasamy / Ju.Y. Ryzhikov. – Spb: Pyter, 2001. – 384 p.
3. Berezhnoj V.Y. Metody y modely upravlenija material'nymy potokamy mykrologycheskoj systemi avtopredpryjatija / V.Y. Berezhnoj, E.V. Berezhnaja. – Stavropol': Yntelekt- servys, 1996. – 155 p.
4. Trykozjuk V.A. Povishenye nadezhnosity avtomobylyja / V.A. Trykozjuk. – M.: Transport, 1980. – 87 p.
5. Poljakov A.P. Metod formuvannja neobhidnoi' kil'kosti zapasnyh chastyn dlja remontu zasobiv transportu / A.P. Poljakov, D.O. Galushhak, O.O. Galushhak, O.P. Antonjuk // Naukovi praci Vinnyts'kogo nacional'nogo tehničnogo universytetu. – 2012. – № 2. – Rezhym dostupu do zhurn.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2012_2/2012-2.files/uk/12apptmr_ua.pdf.
6. Poljakov A.P. Metod formuvannja neobhidnoi' kil'kosti zapasnyh chastyn dlja remontu zasobiv transportu / A.P. Poljakov, O.P. Antonjuk // Suchasni tehnologii' ta perspektyvy rozvytku avtomobil'nogo transportu: IV mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija, 24-26 zhovtnja 2011 r.: tezy dop. – P. 66.

Поляков А.П., Кушнир С.Л., Рацборинский В.В. Метод определения необходимой номенклатуры и количества запасных частей для ремонта транспортных средств

В работе проведены исследования, посвященные повышению технико-экономических показателей деятельности автотранспортного предприятия. Представлен усовершенствованный метод определения необходимой номенклатуры и количества запасных частей для ремонта автомобилей. На основе этого метода построена математическая модель, в которой при расчете запасных частей учитывается не только количество подвижного состава предприятия, а также их пробег с начала эксплуатации и термин эксплуатации. Это дает возможность учесть влияние изменения надежности автомобиля, увеличить точность определения номенклатуры и количества автомобильных запасных частей и уменьшить величину затрат на приобретение и сохранение автомобильных запасных частей, которые используются.

Ключевые слова: запасные части, математическая модель, ремонт автомобилей.

Polyakov A., Kushnyr S., Ratsyborynsky V. Method for determining the amount required nomenclature and spare parts for repair of transport

The paper considers research on the technical and economic improving the performance of the auto transport company. Presented improved method for determining the required range and number of spare parts for car repairs. Based on this method, the mathematical model in which the calculation of spare parts included not only the number of rolling stock companies, as well as their mileage from the beginning of exploitation and service life. This allows consider the effects of changing the vehicle reliability, increase accuracy and range of automotive spare parts and reduce amount of costs on the purchase and storage of automotive spare parts that are not used.

Keywords: spare parts, mathematical model, car repair.

Поляков А.П. – д.т.н., професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, заступник директора з наукової роботи інституту машинобудування та транспорту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: farv@inmt.vntu.edu.ua.

Кушнір С.Л. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Рацборинський В.В. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 621.436:621.433

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ

Крещенецький В.Л., Хухлей Я.Т., Бишко М.О.

APPLICATION OF MOTOR-CAR TRAINER COMPLEXES FOR INCREASE OF DRIVERS PREPARATION LEVEL

Kreschenetskiy V., Khukhley Y., Byshko M.

Розглянуто проблему безпеки руху водіїв транспортних засобів. Проаналізовано складнощі при керуванні автомобілем. Запропоновано методи підвищення водійської майстерності без проведення маневрів у реальних умовах з метою забезпечення безпеки руху для водія та інших учасників дорожнього руху. Запропоновано підвищити рівень підготовленості водіїв застосуванням сучасних тренажерних комплексів, що дає немалий економічний ефект завдяки відсутності витрати паливно-мастильних матеріалів, амортизаційних витрат техніки тощо.

Ключові слова: автомобільний транспорт, водій, фізичний вплив, час реакції, майстерність, стресова ситуація, автомобільні тренажери.

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт відіграє важливу роль в усіх сферах життя країни. Без автомобіля неможливо уявити роботу жодного промислового підприємства, державного закладу.

Проблема підвищення рівня підготовки до водіння пересічних громадян із кожним роком стає все більш актуальною. Водіям часто доводиться приймати важкі рішення, причому від правильності їх дій, уміння вчасно знайти та реалізувати в складній ситуації вірне рішення залежить не лише ефективність виконання завдань, покладених на об'єкт управління, але, в ряді випадків, цілісність самого об'єкта та життя людей. Виходячи з цього, перед допуском до самостійної роботи на об'єктах управління будь-якого типу доцільно для підвищення рівня майстерності провести після теоретичної підготовки навчання на тренажерних комплексах [1].

Управління автомобільною технікою є достатньо складним процесом взаємодії водія, дороги та навколишнього середовища. Якість підготовки до застосування за призначенням всіх перелічених складових системи суттєво впливає на кінцеву мету управління – рух автомобіля.

У складних умовах у цій системі головним, безумовно, є водій. Підготовка автомобіля до руху, насамперед залежить від підготовленості водія. В процесі руху роль водія стає визначальною, тому що в екстремальних ситуаціях технічно правильне управління автомобілем дозволяє виконати поставлене завдання та уникнути аварійних ситуацій [2]. При цьому головною характеристикою водія є його майстерність.

Мета. Метою роботи є розробка методів підвищення водійської майстерності без проведення маневрів у реальних умовах. Це забезпечить безпеку руху для водія та інших учасників дорожнього руху.

Результати досліджень. Під майстерністю водія розуміється властивість зберігати параметри функціонування в межах, які забезпечують безпеку на відповідних режимах руху і умов використання автомобіля [3]. До основних факторів, які визначають майстерність водія M_B , належать його професійна придатність $П_{ПР}$, підготовленість $П_{ПД}$ та працездатність $П_{ПРАЦ}$, які є об'єктивними факторами. Звідси

$$M_B = f(П_{ПР}, П_{ПД}, П_{ПРАЦ}). \quad (1)$$

Професійна придатність водія $П_{ПР}$ визначається його станом здоров'я та психофізичними властивостями, в основі яких лежать особливості психічних процесів [2]. Головною чисельною характеристикою придатності водія $П_{ПР}$ є час виконання T_B ним тих чи інших дій під час керування автомобілем, тобто

$$П_{ПР} = f(T_B). \quad (2)$$

Величина часу виконання дій T_B є продуктом комплексного впливу достатньо великої сукупності чинників і може бути визначена за виразом

$$T_B = t_\phi - \Delta t_{CP} + \Delta t_X + \Delta t_L + \Delta t_{AL} + \Delta t_{PC} + \Delta t_T + \Delta t_B + \Delta t_{II} + \Delta t_V + \Delta t_{PT} - \Delta t_{OH} \pm \Delta t_H \pm \Delta t_{IH}, \quad (3)$$

де t_ϕ – фізіологічний час виконання дії водієм;

Δt_{CP} – зміна часу, обумовлена тривалістю стажу роботи водія;

Δt_X – зміна часу, обумовлена хворобою водія;

Δt_L – зміна часу, обумовлена застосуванням ліків;

Δt_{AL} – зміна часу, обумовлена впливом алкоголю;

Δt_{PC} – зміна часу, обумовлена впливом сонячної радіації;

Δt_T – зміна часу, обумовлена віком водія;

Δt_B – зміна часу, обумовлена впливом на водія атмосферного тиску;

Δt_{II} – зміна часу, обумовлена перевтомою водія;

Δt_V – зміна часу, обумовлена швидкісним режимом руху автомобіля;

Δt_{RT} – зміна часу, обумовлена рухом в темряві та в умовах недостатньої видимості (дощ, сніг, мряка);

Δt_{OH} – зміна часу, обумовлена очікуванням небезпеки;

Δt_H – зміна часу, обумовлена настроєм водія;

Δt_{IH} – зміна часу, обумовлена іншими чинниками.

Фізіологічний час виконання дії t_Φ є сумою складових, які мають достатньо високий рівень варіації у різних водіїв, та описується виразом

$$t_\Phi = t_{CI} + t_A + t_{BD}, \quad (4)$$

де t_{CI} – час виявлення джерела інформації та її сприйняття;

t_A – час на аналіз інформації та відпрацювання рішення;

t_{BD} – час на виконання дій.

Вплив більшості перелічених у виразі (3) складових збільшує величину часу виконання дій T_B за виключенням Δt_{CP} , Δt_{OH} та Δt_H , що цілком зрозуміло.

Підготовленість водіїв $P_{ПД}$ визначається рівнем їх професійних знань і навичок, які вони набувають у процесі навчання та наступної професійної діяльності. Якісна підготовка водіїв визначається наявністю широкого діапазону навичок, які забезпечують правильні та своєчасні дії в критичних дорожніх ситуаціях. Підвищити рівень підготовленості водіїв можливо, на думку фахівців, застосуванням сучасних тренажерних комплексів.

Автомобільні тренажерні комплекси, які можуть застосовуватися для підготовки водіїв повинні:

- забезпечувати відпрацювання елементів безпечного водіння автомобільної техніки на автодромах;

- дозволяти перевірку рівня підготовки різних людей;

- забезпечувати якісну підготовку водіїв, механіків-водіїв та фахівців з відновлення автомобільної техніки у навчальних центрах.

Достатньо високий рівень $P_{ПД}$ дозволяє:

- максимально використовувати технічні можливості автомобіля і безпомилково, з мінімальними витратами сил керувати ним;

- вірно оцінювати та своєчасно передбачати можливі зміни дорожньої обстановки і попереджати виникнення аварійних ситуацій;

- керувати автомобілем на великих швидкостях, вночі, у тумані, при високій інтенсивності руху, у гірських та інших складних умовах [2].

Крім того, важливою складовою $P_{ПД}$ є психологічна підготовка.

Працездатність $P_{ПРАЦ}$ – це стан водія, який дозволяє йому виконувати роботу з високими якісними показниками. Висока працездатність має велике значення для забезпечення необхідного рівня надійності водія N_B [2]. Працездатність безпосередньо впливає на загальну якість керування автомобілем. Зниження працездатності може призвести до відмов автомобіля.

Крім того, великий вплив на надійність водія N_B мають суб'єктивні фактори. При однаковому рівні підготовленості водій буде більш впевненим при керуванні автомобілем у простих дорожніх умовах та менш впевненим у складних умовах руху.

Таким чином, майстерність водія M_B є досить складним поняттям, яке формується під впливом великої кількості як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів. Кількісна оцінка майстерності водія – складне завдання, тому що моделювання керування властивостей водія супроводжується низкою допущень. Однак якщо прогнозно-кількісно оцінити кінцевий результат впливу водія на автомобіль, а саме здатність автомобіля продовжувати рух у тих чи інших дорожніх ситуаціях, складно, то математичне моделювання дій водія з керування транспортним засобом здійснити можливо [3].

Що стосується головної кількісної характеристики дій водія, то це, безумовно, є час виконання завдання T_B , який можливо описати як варіант за виразом (3) на підставі достатньої кількості експериментальних даних.

Висновки. Таким чином, підвищення рівня підготовленості водіїв означає не лише надання певного комплексу знань, а й відпрацювання певного переліку дорожньо-транспортних ситуацій з метою зменшення часу реакції водія та доведення його дій у певних межах до автоматизму.

Для вирішення цього завдання найбільш доцільно використовувати в процесі підготовки водіїв автомобільні тренажерні комплекси, застосування котрих, поряд з безумовним дидактичним ефектом дає немалий економічний ефект завдяки відсутності витрати паливно-мастильних матеріалів, амортизаційних витрат техніки, витрат, пов'язаних з ремонтом техніки внаслідок неправильної експлуатації, утриманням автодромів, тощо.

Л і т е р а т у р а

1. Базилевский А.Н., Гузий А.Н., Мельник А.А. Тренажеры для операторов транспортных средств. – К.: Техника, 1983. – 145 с.
2. Тренажерные системы / В.Е. Шукшунов, Ю.А. Бакулов, В.Н. Григоренко и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 256 с.
3. Технично-экономическое обоснование проектов. – М.: Высшая школа, 1991.
4. Лучший тренажер. Автомобильный транспорт. – Вып. 1. – Экспресс информ. – М.: ЦБНТИ, 1990.
5. Иванов В.М., Гаврилов А.А. Кибернетика на автомобильном транспорте. – М.: Наука, 1978.

R e f e r e n c e s

1. Bazilevskiy A.N., Guziy A.N., Melnik A.A. Trainers for the operators of transport vehicles. – K.: Technique, 1983. – 145 p.
2. Trainer systems / V.E. Shukshunov, Yu.A. Bakulov, V.N. Grigorenko i dr. – M.: Engineer, 1981 – 256 p.
3. The feasibility study of projects. – M.: Higher school, 1991.
4. The best trainer. Motor transport. – Vol. 1. – Express-inform. – M.: CBSTI, 1990.
5. Ivanov V.M., Gavrilov A.A. Cybernetics on a motor transport. – M.: Science, 1978.

Крещенецький В.Л., Хухлей Я.Т., Бышко М.О. Использование автомобильных тренажерных комплексов для повышения уровня подготовки водителей

Рассмотрена проблема безопасности движения водителей транспортных средств. Проанализированы трудности при вождении автомобиля. Предложены методы повышения водительского мастерства без проведения маневров в реальных условиях с целью обеспечения безопасности движения для водителя и других участников дорожного движения. Предложено повысить уровень

подготовленности водителей использованием современных тренажерных комплексов, что даст немалый экономический эффект за счет отсутствия расходов на топливо-смазочные материалы, амортизационных расходов техники и тому подобное.

Ключевые слова: *автомобильный транспорт, водитель, физическое влияние, время реакции, мастерство, стрессовая ситуация, автомобильные тренажеры.*

Kreschenetskiy V., Khukhley Y., Byshko M. Application of motor-car trainer complexes for increase of drivers preparation level

The problem of motion safety of transport vehicles drivers is considered. Complications at driving of car are analyzed. Offered methods of increase of driving mastery without realization of manoeuvres in the real terms with the aim of providing of safety of motion for a driver and other participants of travelling motion. It is suggested to promote the level of preparedness of drivers application of modern trainer complexes, that gives a considerable economic effect due to absence of expense of fuel and lubricating materials, depreciation charges of technique, and others like that.

Keywords: *motor transport, driver, physical influence, reaction time, mastery, stress situation, motor-car trainers.*

Крещенецький В.Л. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: rozrah@ukr.net.

Хухлей Я.Т. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Бышко М.О. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 628.013.3

МЕХАНІЗМ АДАПТАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ ДО КОЛИВАНЬ РИНКОВОЇ КОН'ЮНКТУРИ

Біліченко В.В., Цимбал С.В.

MECHANISM OF ADAPTATION OF CAR-CARE CENTER ENTERPRISES TO VIBRATIONS OF THE MARKET STATE OF AFFAIRS

Bilichenko V., Tsybmal S.

Розглянуто вплив випадкових величин на роботу підприємств автосервісу. Визначено необхідність застосування для аналізу діяльності підприємства автосервісу імовірнісного підходу, методів математичної статистики і моделей теорії масового обслуговування. Запропоновано механізм адаптації підприємств автосервісу до коливань ринкової кон'юнктури шляхом впровадження раціонального рівня спеціалізації виробничих потужностей підприємств автосервісу.

Ключові слова: підприємства автосервісу, час очікування, попит, спеціалізація.

Постановка проблеми. З погляду системного підходу функціонуючі в сфері автосервісу підприємства є об'єктами, що володіють відповідними матеріальними, трудовими, енергетичними, фінансовими й інформаційними ресурсами і здійснюють діяльність із задоволення розглянутого виду послуг. Ці підприємства можуть розглядатися як система, у якій мається виробничий блок і блок керування з набором економічних механізмів для реалізації наміченої стратегії підприємства. Ці блоки взаємодіють із зовнішнім середовищем.

Зовнішнє середовище представлене насамперед споживачами (населенням і різними організаціями), що обумовлюють попит на послуги; постачальниками комплектуючих матеріалів, запасних частин і т.д.; а також усією сукупністю державних, політичних, соціальних і демографічних умов, вплив яких на показники діяльності підприємств має істотне значення. Значний дестабілізуючий вплив на роботу підприємств може зробити спонтанна зміна попиту, діяльність конкурентів, різкі коливання в цінах, перебої в заповненні ресурсами тощо. У зв'язку з цим можна вважати, що зовнішнє середовище підприємства автосервісу характеризується стохастичністю, тобто впливом на його роботу випадкових факторів [1].

Частина дестабілізуючих впливів зовнішнього середовища може бути компенсована завдяки відомій стійкості підприємства. Вона залежить, поперше, від інерційних властивостей системи, що визначаються внутрішніми резервами підприємства і наявних нормативно-технічних допусків відповідно до технології. По-друге, стійкість залежить від ефективної роботи адаптаційних механізмів, призначених для збереження рентабельної роботи підприємства, забезпечення необхідного рівня задоволення потреб його клієнтів і якості їхнього обслуговування.

Однак вплив випадкових факторів може спостерігатися й у ході функціонування самого підприємства автосервісу, у процесі надання відповідних технічних послуг. Наприклад, може відбутися відмова в роботі технологічного устаткування.

Усе це робить необхідним застосування для аналізу діяльності підприємства автосервісу імовірнісного підходу, методів математичної статистики і моделей теорії масового обслуговування [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У багатьох роботах, пов'язаних з розробкою математичних методів управління виробництвом, ремонтом і обслуговуванням автомобілів [3-7], доведено, що тривалість усунення окремих несправностей має випадковий характер і ті існуючі середні нормативи, що використовуються в розрахунках, не можуть відображати суть явища у виробничих процесах; а кількісні показники, що характеризують діяльність підприємства, не можуть відобразити фактичну потребу в затратах праці на ремонт.

Мета. Метою роботи є розробка механізму адаптації підприємств автосервісу до коливань ринкової кон'юнктури шляхом впровадження раціонального рівня спеціалізації виробничих потужностей підприємств автосервісу та розробки управлінських заходів, які дозволяють раціонально використовувати свої потужності.

Основна частина. Розглянемо механізм адаптації підприємства до коливань попиту, зокрема до сезонних «пікових» навантажень у термінах імовірного підходу. Завдання адаптації до попиту є типовою для підприємств автосервісу. Середньостатистичний коефіцієнт звернення власників автомобілів на підприємства автосервісу протягом року становить $\approx 0,85$. Однак ці звернення нерівномірно розподіляються в часі: на весняно-літній період припадає велика частина навантаження, у зв'язку з цим коефіцієнт відмови може досягати 40-45%.

З теорії ймовірностей відомо, що імовірність якоїсь події, зокрема того, що заявка клієнта на послугу буде задоволена, може бути визначена за формулою:

$$P = \frac{x_p}{x_c}, \quad (1)$$

де P – імовірність задоволення попиту на послугу;
 x_p – реалізований попит;
 x_c – кількість виникаючих заявок.

Однак ця імовірність змінюється в залежності від обсягу попиту. Так, імовірність обслуговування клієнтів різко зменшується в тому випадку, коли попит перевершує рівень виробничих можливостей підприємства. Крім того, імовірність знижується також при зростанні часу чекання обслуговування через те, що частина клієнтів залишає чергу.

Помітимо, що при відомій кривій попиту x_c можна визначити очікуваний обсяг виконання послуг:

$$x_p = P \cdot x_c. \quad (2)$$

Таким чином, якість обслуговування клієнтів у сфері автосервісу можна охарактеризувати двома взаємозалежними показниками: імовірністю виконання заявки P і обсягом виконаних послуг x_p , причому показник імовірності є в цій парі визначальним. Особливість показника x_p як індикатора роботи підприємства полягає в тому, що його доцільно застосовувати при перевищенні рівня попиту x_c наявних потужностей підприємства M : $x_c > M$, $P < 1$; у протилежному випадку ($x_c \leq M$, $P \approx 1$) цей показник доцільно доповнити іншою характеристикою – рівнем використання виробничих потужностей:

$$\frac{M - x_p}{M}. \quad (3)$$

Недовантаження потужностей підприємства може свідчити про низький рівень якості виконуваних послуг, поганій рекламі, незадовільному маркетингу і т.п., що вимагає спеціального аналізу.

Розглянемо основні фактори, що визначають величину P .

Очевидно, що цей показник знаходиться в залежності від імовірності збігу двох подій:

1) готовності клієнта витратити необхідний час для чекання в черзі;

2) наявності вільного від роботи і справного технологічного устаткування.

Таким чином:

$$P = \frac{x_p}{x_c} = P_1 \cdot P_2, \quad (4)$$

де P_1 – імовірність готовності клієнта витратити необхідний час для чекання в черзі;

P_2 – імовірність наявності вільного від роботи і справного технологічного устаткування.

Величина P_1 знаходиться в деякій залежності від часу чекання (t_{oc}) прийняття замовлення на технічне обслуговування і ремонт автомобіля:

$$P = f(t_{oc}). \quad (5)$$

Дійсно, якщо в момент появи попиту він може бути вдоволений, тоді $t_{oc}=0$, а імовірність задоволення попиту буде $P=1$. Це свідчить про те, що усі виникаючі заявки будуть задовольнятися. Якщо ж у зазначений момент усі робочі пости підприємства автосервісу зайняті, то клієнт або залишить підприємство, або буде чекати появи можливості реалізувати попит. При значенні часу чекання $t_{oc}=t_g$ одна частина попиту буде загублена, а інша задоволена. Однак час очікування реалізації попиту не може бути нескінченним. При деякому значенні $t_{oc}=t_k$ (назвемо його критичним часом чекання) практично всі клієнти залишать підприємство, не дочекавшись обслуговування. Звідси випливає, що чим більше (t_{oc}), тим більша частина заявок втрачається і, таким чином, імовірність задоволення попиту зменшується. Характер кривих, що описують поведінку клієнтів у черзі, представлений на рис. 1-3.

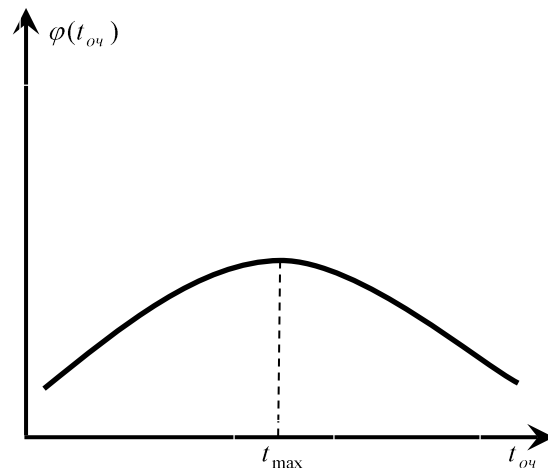


Рис. 1. Функція розподілу кількості клієнтів, що залишили чергу в момент часу t

Очевидно, що кількість клієнтів, що виявляють найбільше терпіння (чи нетерпіння), буде невеликою, а велика їх частина вважає прийнятним час чекання в околі t_{max} , що визначає опуклість вгору функції $\varphi(t_{oc})$, $F(t_{oc})$.

Величина P_2 може бути охарактеризована функцією розподілу граничного часу чекання початку обслуговування, що залежить від двох видів факторів.

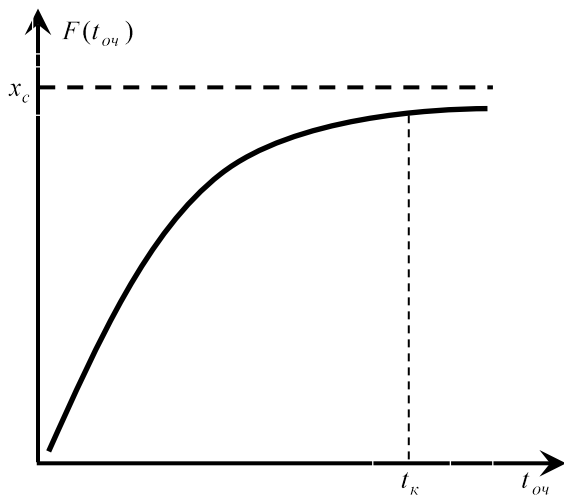


Рис. 2. Функція розподілу загальної кількості клієнтів, що залишили чергу до моменту t

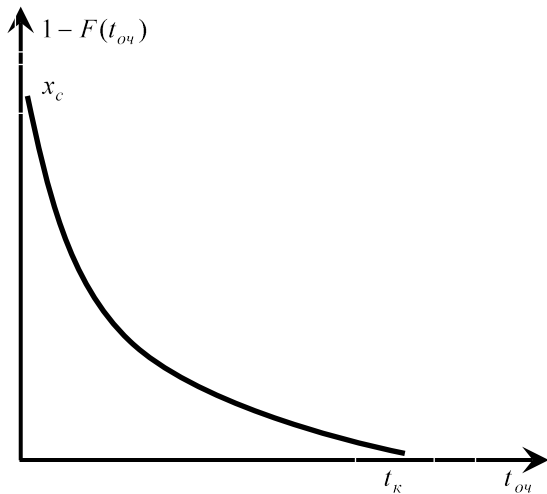


Рис. 3. Функція розподілу кількості клієнтів, які дочекались черги на обслуговування

Потужність підприємства автосервісу M , що, у свою чергу, визначається кількістю каналів обслуговування (кількістю посад) n , продуктивністю кожного з них Π , середньою імовірністю збою (поломки) устаткування P_3 , коефіцієнтом змінності роботи на підприємстві k_{3M} .

$$M = f[n, \Pi, (1 - P), k_{3M}]. \quad (6)$$

Кількість машин в черзі x_c із зростанням інтенсивності потоку клієнтів і час очікування в черзі збільшується, але не пропорційно x_c , а нелінійно, з деяким прискоренням, обумовленим зростанням часу міжопераційних простоїв і перерв у роботі різного роду і т.п., що відповідає відомому принципу спадаючої ефективності виробництва.

Отже:

$$P_2 = G(M, x_c), \quad (7)$$

де G – багатовимірна функція розподілу часу очікування початку обслуговування, що охарактеризовано нами вище.

Тоді формулу імовірності задоволення клієнтом свого попиту на технічне обслуговування і ремонт можна записати так:

$$P = \int_0^{t_k} [1 - F(t)] \cdot dG(M, x_c). \quad (8)$$

Вважаючи, що $G(M, x_c)$ диференціюється по t , одержуємо:

$$P = \int_0^{t_k} [1 - F(t)] \cdot \tilde{f}(\tilde{t}) dt, \quad (9)$$

де $F(t)$ – функція розподілу граничного часу очікування клієнтів, що залишили систему до моменту часу t та не дочекались обслуговування;

$\tilde{f}(\tilde{t})$ – щільність розподілу часу початку обслуговування.

Отже, описана задача належить до класу задач теорії масового обслуговування для випадку багатоканальних систем. Вона може бути ускладнена в тому випадку, якщо розглядаються різні види послуг, що вимагають різного часу їхнього задоволення і мають різний характер функцій попиту на окремих тимчасових інтервалах. Однак і наведена узагальнена її постановка дозволяє провести аналіз основних напрямків поліпшення роботи підприємств автосервісу.

Аналіз співвідношень (4), (8) і (9) свідчить про те, що обсяг задоволення заявок може бути збільшений завдяки таким заходам:

- 1) збільшення продуктивності виробничих потів Π та їх кількості $n_{ном}$;
- 2) збільшення часу їх справної роботи (зменшення імовірності збою R_3 , збільшення коефіцієнта змінності k_{3M});
- 3) залучення клієнтів (збільшення x_c) за допомогою реклами чи за допомогою політики зниження цін (на визначені види послуг, що мають високу еластичність за ціною) у період відсутності «пикових» навантажень.

Позначимо ξ_1 , ξ_2 , і ξ_3 – відповідно витрати, що відповідають упровадженню кожного з перерахованих вище заходів. Тоді механізм адаптації підприємства автосервісу до попиту повинний задовольняти таким умовам:

$$\begin{cases} \xi_1 < \Delta M_1 \\ \xi_2 < \Delta M_2, \\ \xi_3 < \Delta M_3 \end{cases} \quad (10)$$

де ΔM_1 , ΔM_2 і ΔM_3 – приріст річного прибутку підприємства в результаті реалізації заходів.

Співвідношення (10) означають вимогу компенсації витрат; вони обмежують зону дії адаптаційного механізму економічною доцільністю і припускають дотримання компромісу між прагненням задовольнити весь виникаючий попит і фінансові витрати, зв'язаними зі збільшенням виробничих можливостей підприємства.

Висновок. Отже, основними шляхами адаптації підприємств автосервісу до коливань ринкової кон'юнктури є впровадження раціонального рівня спеціалізації виробничих потужностей підприємств автосервісу та розробки управлінських заходів, які дозволяють раціонально використовувати свої потужності навіть у найнесприятливіших умовах для свого функціонування.

Л і т е р а т у р а

1. Колясинський З.С. Досвід вдосконалення авто ремонтного виробництва. Передовий промисловий досвід на автомобільному транспорті / З.С. Колясинський, В.І. Назаров // Оглядова інформація, № 7. – М.: ЦБНТИ Мінавтотрансу РСФСР, 1985. – 40 с.
2. Автосервіс. Моделі і методи прогнозування діяльності / Н.Е. Єгорова, А.С. Мудунов. – М.: Екзамен, 2002. – 256 с.
3. Бідняк М.Н. Математичні основи управління / М.Н. Бідняк. – К., 1977. – 127 с.
4. Болотянський В.Г. Математичні моделі оптимального управління / В.Г. Болотянський. – М.: Наука, 1969. – 408 с.
5. Галушко В.Г. Ймовірно-статистичні методи на АТ / В.Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1978. – 231 с.
6. Зарубкін В.А. Оптимізація системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів в АТП / В.А. Зарубкін. – М., 1976. ЦБНТИ Мінавтотрансу РСФСР. – 126 с.
7. Анісімов А.П. Аналіз нормативного методу розподілення прибутку підприємств АТ / А.П. Анісімов // Міжвузівський науковий збірник. Саратов, – 1988. – С. 88-93.

R e f e r e n c e s

1. Kolyasynskiy Z.S. Experience of perfection of auto-repair production. Front-rank industrial experience on the motor transport / Z.S. Kolyasynskiy, V.I. Nazarov // Survey information, № 7. – М.: CBNTI Minavtotrans RSFSRP, 1985. – 40 p.
2. Car-care center. Models and methods of prognostication of activity / N.E. Egorova, A.S. Mudunov. – М.: Examen, 2002. – 256 p.
3. Bidnyak M.N. Mathematical government bases / M.N. Bidnyak. – K., 1977. – 127 p.
4. Bolotyanskiy V.G. Mathematical models of optimal government / V.G. Bolotyanskiy. – М.: Science, 1969. – 408 p.
5. Galushko V.G. Probabilistic-statistical methods on the car-care center / V.G. Galushko. – К.: Higher school, 1978. – 231 p.

6. Zarubkin V.A. Optimization of the system of technical service and repair of cars in ATE / V.A. Zarubkin. – М., 1976. CBNTI Minavtotrans RSFSRP. – 126 p.
7. Anisimov A.P. The analysis of normative method of profit distribution of enterprises of ATE / A.P. Anisimov // Mediauniversity scientific collection. Saratov. – 1988. – P. 88-93.

Биличенко В.В., Цымбал С.В. Механизм адаптации предприятий автосервиса к колебаниям рыночной конъюнктуры

Рассмотрено влияние случайных величин на работу предприятий автосервиса. Определена необходимость использования для анализа деятельности предприятия автосервиса вероятностного подхода, методов математической статистики и моделей теории массового обслуживания. Предложен механизм адаптации предприятий автосервиса к колебаниям рыночной конъюнктуры путем внедрения рационального уровня специализации производственных мощностей предприятий автосервиса.

Ключевые слова: предприятия автосервиса, время ожидания, спрос, специализация.

Bilichenko V., Tsymbal S. Mechanism of adaptation of car-care center enterprises to vibrations of the market state of affairs

Influence of casual sizes on work of enterprises of car-care center is considered. That's certain by the necessity of probabilistic approach application for the analysis of car-care center enterprise activity, mathematical statistics methods and models of mass service theory. The adaptation mechanism of car-care center enterprises to the market state of affairs vibrations is offered by introduction of rational specialization level of production capacities of car-care center enterprises, that will allow rationally to use powers even in most unfavorable terms.

Keywords: enterprises of car-care center, time of expectation, demand, specialization.

Біліченко В.В. – к.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: bilichenko_v@mail.ru.

Цимбал С.В. – старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 624.43:629.443

ВПЛИВ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ**Поляков А.П., Маріянюк Б.С., Квасневський С.О.****INFLUENCE OF CHANGE OF COMPRESSION DEGREE ON TECHNICAL-ECONOMIC INDEXES OF DIESEL ENGINE****Polyakov A., Maryanko B., Kvasnevsky S.**

Встановлено залежність ступеня стиснення двигуна і його потужності. Розглянуто варіанти збільшення ступеня стиснення дизельного двигуна. Оцінено вплив зміни ступеня стиснення двигуна на техніко-економічні показники дизеля на підставі розрахунку зовнішніх швидкісних характеристик дизеля ЯМЗ-236 при значеннях ступеня стиснення 14,5, 16,5 та 18,5. При кожному значенні ступеня стиснення розраховувались потужність двигуна, ефективний обертальний момент, питома витрата палива та годинна витрата палива.

Ключові слова: ступінь стиснення двигуна, техніко-економічні показники двигуна, міцність двигуна, ресурс двигуна.

Постановка проблеми. Ступінь стиснення безпосередньо впливає на ефективність згорання палива. Чим вище ступінь стиснення, тим меншою кількістю палива буде досягнута та ж потужність. У дизельних двигунах зазвичай використовуються значення ступенів стиснення від 18:1 до 22:1, чим пояснюється їхня висока ефективність роботи в порівнянні з бензиновими двигунами. Повній реалізації цих переваг сприяє відсутність дросельної заслінки на дизелях. Проте збільшення ступеня стиснення не завжди приводить до збільшення потужності. Якщо ступінь стиснення знаходиться біля межі детонації для даного виду палива, то подальше збільшення ступеня стиснення буде погіршувати потужність і надійність двигуна [1-4].

Іншими словами, він всмоктує якомога більше повітря, практично так само, як і бензиновий двигун при широко відкритій дросельній заслінці. Замість обмеження кількості повітря, що надходить у двигун, за допомогою дросельної заслінки потужність двигуна регулюється за допомогою зміни кількості палива, що впорскується в циліндр.

Це означає, що навіть при низьких рівнях потужності (коли в камеру згорання впорскується ду-

же мала кількість палива), дизельний двигун стискає повітря в циліндрі дуже сильно; при цьому виділяється стільки тепла, що його досить для займання навіть дуже збідненої суміші.

Мета. Метою роботи є визначення впливу на техніко-економічні показники дизеля ступеня стиснення робочої суміші в камері згорання та можливість підвищення техніко-економічних показників дизеля зі змінним ступенем стиснення завдяки регулюванню подачі палива.

Результати досліджень. Відомо, що високий ступінь стиснення збільшує потужність. Потужність при повному відкритті дросельної заслінки теоретично поліпшується при збільшенні ступеня стиснення. Приведені дані припускають, що збільшення ступеня стиснення не створює проблем в інших областях, таких як детонація, тощо

Можливо відмітити, що закон зменшення веде до досить простого висновку: коли ступінь стиснення йде вгору, то при кожному збільшенні приріст потужності буде все менший. Наприклад, збільшення компресії від 8,0:1 до 9,0:1 приводить до збільшення потужності, ніж збільшення стиснення з 11,0:1 до 12,0:1 (2% зростання потужності проти 1,3%).

Вказані значення є типовими для двигунів, що використовують розподільні вали з відносно коротким періодом впуску, подібні до валів в багатьох форсованих двигунах. Коли тривалість такту впуску збільшується (шляхом установки розподільного вала з тривалішим періодом впуску), приріст потужності від збільшення ступеня стиснення стає навіть більшим.

Це відбувається тому, що дані базуються на механічних ступенях стиснення (тобто визначених шляхом математичних розрахунків з фіксованого об'єму), а не на динамічних ступенях стиснення, які

продовжують збільшуватися, коли ефективність впуску збільшується.

Коли система впуску модифікується для поліпшення наповнення, то динамічний ступінь стиснення збільшується дуже подібним чином, як і при збільшенні розміру поршня, оскільки в циліндр надходить додаткова кількість повітря і палива.

Ефективність впуску може продовжувати збільшуватися навіть до точки наповнювання циліндра (об'ємна ефективність вище 100%), як це передбачається деякими комбінаціями впускного і випускного колекторів. Максимальний тиск усередині камери згорання перед займанням змінюється, коли змінюється щільність суміші, що подається. Коли система впуску працює з низькою ефективністю, тобто коли дросельні заслінки закриті або впускна система забита, то циліндр наповнюється лише частково і динамічний тиск стиснення низький.

Коли система впуску працює з високою об'ємною ефективністю (значення більше 100% досягається на багатьох двигунах, які використовуються на гоночних автомобілях), динамічний ступінь стиснення може створювати тиск, який перевищує тиск, очікуваний від механічного (розрахованого) ступеня стиснення.

У таких випадках збільшення механічного ступеня стиснення може ввести двигун в режим детонації і зменшити потужність і надійність двигуна. Збільшення ступеня стиснення не завжди приводить до збільшення потужності. Якщо статичний (підрахований) ступінь стиснення вже знаходиться біля межі детонації для використовуваного палива, то подальше збільшення статичного ступеня стиснення може погіршити потужність і надійність двигуна.

Як раніше згадувалося, це особливо справедливо, коли спеціальний розподільний вал і системи впуску і випуску досягають об'ємної ефективності величиною більше 100%. Коли (V_e) збільшується, то динамічний ступінь стиснення також збільшується, оскільки циліндр наповнюється сумішшю так, наче працював невидимий нагнітач.

Інший ефект від збільшення ступеня стиснення досить незначний і невідомий деяким творцям двигунів. Коли V_e перевищує 100%, суміш, що надійшла, знаходиться під невеликим позитивним тиском, проте вона може заповнити тільки простір в циліндрі плюс простір в камері згорання.

Наприклад, якщо об'єм циліндра і камери становить разом $416,2 \text{ см}^3$, то це фіксований простір в основному визначатиме, скільки паливоповітряної суміші може потрапити в циліндр.

Якщо вирішується збільшити ступінь стиснення шляхом зменшення об'єму камери згорання або шляхом збільшення розміру опуклості поршня (це найбільш поширені методи), то цей простір буде не більше названої величини. Так, циліндр зберігає постійний робочий об'єм – робочий об'єм двигуна не

змінювався. Але змінили загальний об'єм циліндра і камери згорання.

Це означає, що простір для робочої суміші, що надходить, зменшується. Таким чином, при збільшенні ступеня стиснення майже непомітно зменшили об'ємну ефективність двигуна.

Багато хто може тепер реалізувати важливі переваги, отримуючи максимально можливу V_e (об'ємну ефективність). Чим вище V_e , яку можна отримати, тим нижче буде необхідний ступінь стиснення; а чим нижче ступінь стиснення, тим менше виступ поршня, тим легше фронту полум'я розповсюджуватися в об'ємі камери згорання.

Оцінка впливу зміни ступеня стиснення двигуна на техніко-економічні показники дизеля здійснювалась на підставі розрахунку зовнішніх швидкісних характеристик дизеля ЯМЗ-236 при значеннях ступеня стиснення 14,5, 16,5 та 18,5. При кожному значенні ступеня стиснення розраховувались потужність двигуна N_e , ефективний обертальний момент M_e , питома витрата палива g_e та годинна витрата палива G_m за зовнішньою швидкісною характеристикою при зміні частоти обертання колінчастого вала дизеля n_o від 800 до 2100 хв^{-1} .

Результати розрахунків наведено на рис. 1 та 2.

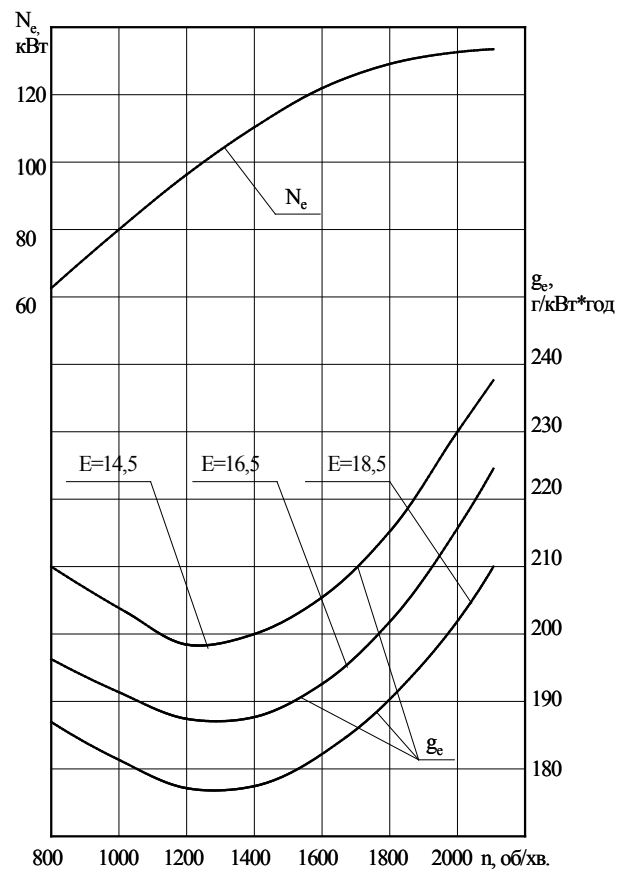


Рис. 1. Залежність потужності двигуна N_e та питомої ефективної витрати палива g_e від ступеня стиснення

На рис. 1 наведено зміну потужності дизеля N_e та питомої ефективної витрати палива g_e в залежності від частоти обертання колінчастого вала n_d при різних значеннях ступеня стиснення. З графіка видно, що збільшення ступеня стиснення з 14,5 до 18,5 одиниці практично не впливає на потужність двигуна. Максимальна різниця становить 2 кВт, а це 1,4%.

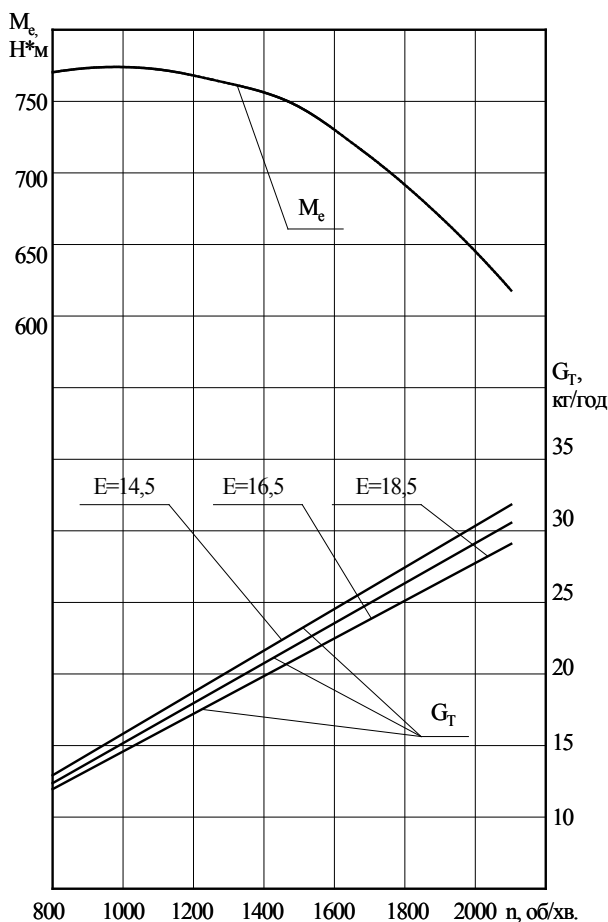


Рис. 2. Залежність ефективного обертального моменту двигуна M_e та годинної витрати палива G_m від ступеня стиснення

Більш значний вплив зміна ступеня стиснення здійснює на питому ефективну витрату палива. При зменшенні ступеня стиснення до 14,5 збільшення питомої ефективної витрати палива у порівнянні з величиною питомої ефективної витрати палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 становить 12,5 г/кВт*год (на 5,6...6,7% на всьому швидкісному діапазоні). З графіка видно, що при зменшенні ступеня стиснення погіршуються економічні показники дизеля, при тому що показники потужності не змінюються.

Збільшення ступеня стиснення до 18,5 одиниці приводить до зменшення питомої ефективної витрати палива у порівнянні з питомою витратою палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 на 12,8 г/кВт*год на всьому швидкісному діапазоні (на 5,9...7,1%). Необхідно відмітити, що пок-

ращення паливної економічності двигуна не впливає на його технічні показники.

На рис. 2 наведено зміну ефективного обертального моменту дизеля M_e та годинна витрата палива G_m в залежності від частоти обертання колінчастого вала n_d при різних значеннях ступеня стиснення. З графіка видно, що збільшення ступеня стиснення з 14,5 до 18,5 одиниці практично не впливає на потужність двигуна. У відсотковому відношенні різниця становить менше 0,5%.

Більш значний вплив зміна ступеня стиснення здійснює на годинну витрату палива. При зменшенні ступеня стиснення до 14,5 збільшення годинної витрати палива у порівнянні з годинною витратою палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 становить 0,9 кг/год при частоті обертання колінчастого вала двигуна 800 хв^{-1} (на 6,8%), при збільшенні частоти обертання колінчастого вала до 2100 хв^{-1} різниця становить 2,4 кг/год (на 7,7%). З графіка видно, що при зменшенні ступеня стиснення погіршуються економічні показники дизеля, при тому, що значення ефективного обертального моменту співпадають з базовими на всьому швидкісному діапазоні.

Збільшення ступеня стиснення до 18,5 одиниці веде до зменшення годинної витрати палива у порівнянні з годинною витратою палива базового двигуна ЯМЗ-236 зі ступенем стиснення 16,5 на 1,2 кг/год (на 9,6%) при частоті обертання колінчастого вала дизеля 800 хв^{-1} , при збільшенні частоти обертання різниця становить 3,1 кг/год (на 10,6%) при частоті обертання колінчастого вала двигуна 2100 хв^{-1} . Необхідно відмітити, що покращення паливної економічності двигуна не впливає на його технічні показники.

Висновки. Проведений розрахунок двигуна на міцність показав, що зміни потужності двигуна N_e максимально на 8,3% та ефективного обертального моменту M_e на 6,4% не вимагають зміни геометричних розмірів або конструкційних матеріалів основних елементів кривошипно-шатунного механізму, оскільки мається достатній запас міцності деталей.

При збільшенні технічних показників двигуна може змінитися ресурс двигуна, але це потребує додаткового дослідження.

Література

1. Иванов В.Н. Экономия топлива на автомобильном транспорте / В.Н. Иванов, В.И. Ерохов. – М.: Транспорт, 1984. – 302 с.
2. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
3. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
4. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 1971. – 347 с.

References

1. Ivanov V.N. Economy of fuel on the motor transport / V.N. Ivanov, V.I. Erohov. – М.: Transport, 1984. – 302 p.
2. Tokarev A.A. Fuel economy and hauling-speed internals of car / A.A. Tokarev. – М.: Engineering, 1982. – 224 p.
3. Govorushtsenko N.Y. Economy of fuel and decline of foxiness on the motor transport / N.Y. Govorushtsenko. – М.: Transport, 1990. – 135 p.
4. Kolchin A.I. Calculation of motor-car and tractor engines / A.I. Kolchin. – М.: Higher school, 1971. – 347 p.

Поляков А.П., Маріянюк Б.С., Квасневський С.О.
Влияние изменения степени сжатия на технико-экономические показатели дизеля

Установлена зависимость степени сжатия двигателя и его мощности. Рассмотрены варианты увеличения степени сжатия дизельного двигателя. Оценено влияние изменения степени сжатия двигателя на технико-экономические показатели дизеля на основании расчета внешних скоростных характеристик дизеля ЯМЗ-236 при значениях степени сжатия 14,5, 16,5 и 18,5. При каждом значении степени сжатия рассчитывалась мощность двигателя, эффективный вращательный момент, удельный расход топлива и часовой расход топлива.

Ключевые слова: степень сжатия двигателя, технико-экономические показатели двигателя, мощность двигателя, ресурс двигателя.

Polyakov A., Maryanko B., Kvasnevsky S.
Influence of change of compression degree on technical-economic indexes of diesel engine

Dependence of engine compression degree and its power are set. Variants of increase of diesel engine compression degree are considered. Influence of change of engine compression degree is appraised on the technical-economic indexes of diesel engine, on the basis of calculation of external speed descriptions of diesel of YMZ-236 at the values of degree of compression 14,5, 16,5 and 18,5. At every value of degree compressions settled accounts engine power, effective rotatory moment, specific expense of fuel and sentinel expense of fuel by external speed recommendation at the change of frequency of rotation of diesel knee shaft.

Keywords: compression degree of engine, engine technical-economic indexes, engine durability, engine resource.

Поляков А.П. – д.т.н., професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, заступник директора з наукової роботи інституту машинобудування та транспорту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: farv@inmt.vntu.edu.ua.

Маріянюк Б.С. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Квасневський С.О. – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: atm-vntu@ukr.net.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 621.119

ВПЛИВ МАСИ АВТОМОБІЛЯ НА ПОКАЗНИКИ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

Варчук В.В., Варчук І.В.

INFLUENCE OF GAR MASS ON TOXIC INDEXES OF EXHAUST GASES

Varchuk V., Varchuk I.

Розглянуто режими розгону і руху з сталою швидкістю газодизельного автомобіля КрАЗ-256Б1-ГД без вантажу, частково завантаженого та повністю завантаженого. На цих режимах проведено визначення і порівняння таких показників: тривалість розгону з місця з перемиканням передач; шлях, який пройшов автомобіль за час розгону; витрата газового та рідкого палива; викиди дисперсних часток з відпрацьованими газами; димність відпрацьованих газів. Порівнювались також показники при русі автомобіля з максимальною швидкістю на шляху довжиною 100 км. Дослідження проводились при роботі автомобільного двигуна по газодизельному і дизельному циклах.

Ключові слова: автомобіль з газодизелем, викид дисперсних часток з відпрацьованими газами.

Постановка проблеми. Розрахунки шкідливих викидів різними галузями транспорту України показують, що автомобільний транспорт є основним з огляду забруднення навколишнього природного середовища і набагато перевищує викиди інших видів транспорту.

Шкідливий вплив автомобільного транспорту на довкілля має багатосторонній характер. Цей вплив проявляється під час руху автомобілів, їхнього технічного обслуговування, а також у зв'язку з існуванням інфраструктури, що забезпечує функціонування автомобільного транспорту.

Одним з суттєвих джерел викидів шкідливих речовин є відпрацьовані гази автомобільних двигунів.

Для зменшення негативного впливу відпрацьованих газів застосовуються комбіновані види палива, зокрема газодизельне. Однак вплив викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами газодизельних автомобілів недостатньо досліджений.

Так, потребує більш глибокого вивчення залежність величини цих викидів від завантаженості автомобілів і режимів їхньої експлуатації [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Провідні науковці в галузі екології автомобільного транспорту приділяють значну увагу зменшенню

шкідливого впливу відпрацьованих газів на довкілля. Опублікована велика кількість робіт, в яких розглядаються питання аналізу, оцінки та розрахунків показників токсичності викидів рухомого складу автомобільного транспорту в навколишнє природне середовище [2, 3, 4].

Мета. Метою роботи є визначення впливу повної маси газодизельного автомобіля КрАЗ-256Б1-ГД на показники токсичності відпрацьованих газів при розгоні і русі з сталою максимальною швидкістю.

Результати досліджень. Розглядалися режими розгону автомобіля за таких умов: без вантажу, коли повна маса автомобіля з урахуванням маси балонів і газової апаратури становила 11565 кг; частково завантаженого автомобіля з масою 16000 кг; з повним завантаженням, маса автомобіля 23015 кг.

Приймається, що автомобіль розганяється на рівній горизонтальній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям з перемиканням передач з першої до п'ятої і виходом на максимальну швидкість.

Порівняння проводилось при досягненні автомобілем швидкості 60 км/год за такими показниками:

- тривалість розгону з місця з перемиканням передач;
- шлях, який пройшов автомобіль за час розгону;
- витрата газового та рідкого палива;
- викиди дисперсних часток з відпрацьованими газами;
- димність відпрацьованих газів.

Дослідження проводились при роботі автомобільного двигуна за газодизельним і дизельним циклами.

Вимикання зчеплення для перемикання наступної передачі відбувається при частотах обертання колінчастого вала двигуна автомобіля, хв^{-1} : на другу передачу – 1600; на третю – 1700; на четверту – 1800; на п'яту – 1900.

Зведені дані про показники розгонів автомобіля з різною повною масою до однакової швидкості 60 км/год наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Показники розгону газодизельного автомобіля КрАЗ-256Б1-ГД з міся. Газодизельний цикл

Показники	Повна маса автомобіля, кг		
	11565	16000	23015
1. Час розгону, с	32,20	42,60	66,00
2. Шлях, який проїхав автомобіль за час розгону, м	279,65	399,29	679,44
3. Витрата палива за час розгону			
дизельного, г	44,62	65,27	112,83
газового, г	137,59	203,27	352,41
4. Викиди дисперсних часток за час розгону, г	0,087	0,129	0,219

З табл. 1 видно, що із збільшенням повної маси автомобіля збільшуються час і шлях розгону. При розгонах за газодизельним циклом витрачається більше газового палива, ніж дизельного. За масою більше приблизно в 3,08; 3,11 і 3,12 рази в залежності від повної маси автомобіля.

Така велика частка витрати газового палива пояснюється тим, що при розгонах газодизель значну частину часу працює при повній подачі палива, коли основна кількість палива, яке витрачається, становить газ.

Викид дисперсних часток за час розгону збільшується із збільшенням маси автомобіля від 0,087 г при масі автомобіля 11565 кг до 0,219 г при масі автомобіля 23015 кг, тобто в 2,52 рази.

Для автомобіля повною масою 11565 кг димність відпрацьованих газів різко збільшується в початкові періоди розгонів на кожній передачі, а потім зменшується. Максимальне її значення становить 46,5% при розгоні на першій передачі, але цей максимум короточасний, він триває приблизно 0,1 с. На інших передачах максимум димності перебуває на межі 25-30%. Пояснюється стрибок димності на першій передачі тим, що перед початком розгону і на початку рушення автомобіля з міся газодизель працює за дизельним циклом, якому притаманна схильність до підвищення димності відпрацьованих газів.

На інших передачах димність відпрацьованих газів зростає через низькі значення коефіцієнта надлишку повітря на початку розгону газодизеля.

При розгоні автомобіля з повною масою 16000 кг час розгону на кожній передачі став більше, а витрати газу і дизельного палива суттєво зростають.

Найбільший стрибок димності відпрацьованих газів отримано при розгоні на третій передачі, коли її значення сягає 51%. Це відбувається через зменшення коефіцієнта надлишку повітря.

Результати розрахунків розгону автомобіля з повною масою 23015 кг свідчать, що розгони на кожній передачі ще більше сповільнились, а витрати

газу і дизельного палива за час розгону стали ще більшими.

Максимальних значень димність відпрацьованих газів досягає при розгоні на третій передачі – 69,5%. Причина та сама – значне зменшення коефіцієнта надлишку повітря на початку розгону, коли газодизель працює на низьких частотах обертання колінчастого вала при великій подачі газу.

В табл. 2 наведено дані про витрати газового і дизельного палива і викиди твердих часток при русі автомобіля з сталою максимальною швидкістю.

Таблиця 2

Показники газодизельного автомобіля КрАЗ-256Б1-ГД при русі з сталою максимальною швидкістю. Газодизельний цикл

Показники	Повна маса автомобіля, кг		
	11565	16000	23015
1. Максимальна швидкість, км/год	65,98	65,62	64,95
2. Витрата палива на 100 км пробігу, кг			
дизельного	22,06	21,95	21,73
газового	12,31	16,55	23,83
3. Викиди дисперсних часток на 100 км пробігу, г	5,00	6,05	8,92

За таких умов при повній масі автомобіля 11565 кг частка газу становить 38,58% теплоти, яка міститься в обох видах витраченого палива, при масі автомобіля 16000 кг – 45,9%, а при масі автомобіля 23015 кг – 55,24%.

Викиди дисперсних часток зростають від 5,00 г/100 км при повній масі автомобіля 11565 кг до 8,92 г/100 км при повній масі автомобіля 23015 кг, тобто в 1,78 рази.

Перейдемо до розгонів автомобіля при роботі газодизеля за дизельним циклом. Це фактично автомобіль з дизельним двигуном.

Розрахунки показали, що характер зміни розглянутих вище параметрів при розгонах в цьому випадку такий самий, як і в автомобіля з газодизелем. Різниця полягає в чисельних значеннях показників розгонів. Ці показники на розгонах автомобіля з різною масою при роботі газодизеля за дизельним циклом наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Показники розгону газодизельного автомобіля КрАЗ-256Б1-ГД з міся. Дизельний цикл

Показники	Повна маса автомобіля, кг		
	11565	16000	23015
1. Час розгону, с	32,40	43,60	69,80
2. Шлях, який проїхав автомобіль за час розгону, м	284,77	412,11	721,83
3. Витрата дизельного палива за час розгону, г	189,99	280,96	495,19
4. Викиди дисперсних часток за час розгону, г	0,617	0,910	1,591

Як свідчать дані табл. 3, витрата дизельного палива за час розгону зростає у міру збільшення повної маси автомобіля з 189,99 г до 495,19 г відповідно, тобто в 2,61 раза.

Викиди дисперсних часток за час розгону збільшуються із збільшенням повної маси автомобіля від 0,617 г при повній масі автомобіля 11565 кг до 1,591 г при повній масі автомобіля 23015 кг, тобто в 2,58 раза.

Димність відпрацьованих газів зростає на початку розгонів на кожній передачі до 45...50%, а потім на ділянках розгонів на першій, другій, третій і четвертій передачах повільно зменшується до 35...40%, а на п'ятій передачі – до 26% при досягненні максимальної швидкості.

З порівняння даних табл. 1 з даними табл. 3 видно, що при роботі за газодизельним циклом розгон до 60 км/год відбувається швидше і шлях розгону при цьому менше. При повній масі автомобіля 11565 кг час розгону менше на 0,6%, шлях, який проїхав автомобіль, менше на 1,8%, а при повній масі автомобіля 23015 кг відповідно менше на 5,8% і 4,9%. Витрата дизельного палива менше (по мірі збільшення повної маси автомобіля) в 4,26; 4,30 та 4,39 раза. Кількість теплоти, яка міститься у витраченому паливі (для газодизельного циклу сумарна), при роботі за газодизельним циклом менше.

Кращі динамічні показники автомобіля при роботі за газодизельним циклом можна пояснити більш високим значенням запасу крутного моменту і зміщенням максимуму крутного моменту в бік низьких частот обертання колінчастого вала двигуна, а це є суттєвою перевагою газодизеля. При роботі за газодизельним циклом менше теплоти, яка міститься у витраченому паливі, що можна пояснити меншою тривалістю розгону до однієї і тієї ж швидкості.

При розгоні автомобіля за дизельним циклом викиди дисперсних часток з відпрацьованими газами в 6,90...7,09 раза більше, ніж при розгоні за газодизельним циклом.

В табл. 4 наведено показники автомобіля КрАЗ-256Б1ГД при роботі за дизельним циклом на сталій максимальній швидкості.

Таблиця 4
Показники газодизельного автомобіля КрАЗ-256Б1-ГД при русі з сталою максимальною швидкістю.
Дизельний цикл

Показники	Повна маса автомобіля, кг		
	11565	16000	23015
1. Максимальна швидкість, км/год	65,45	65,18	64,72
2. Витрата дизельного палива на 100 км пробігу, кг	34,77	39,04	46,10
3. Викиди дисперсних часток на 100 км пробігу, г	8,67	11,90	20,20

Аналізуючи дані табл. 4, можна дійти висновку, що витрата дизельного палива на пробіг зростає

у міру збільшення повної маси автомобіля з 34,77 кг до 46,10 кг відповідно, тобто в 1,32 раза.

Викиди дисперсних часток за пробіг збільшуються із збільшенням повної маси автомобіля від 8,67 г при повній масі автомобіля 11565 кг до 20,20 г при повній масі автомобіля 23015 кг, тобто в 2,33 раза.

Порівнюючи дані табл. 2 з даними табл. 4, можна зробити висновок, що максимальна швидкість при роботі за дизельним циклом трохи менше, ніж за газодизельним.

Витрата дизельного палива при роботі за газодизельним циклом менше, ніж при роботі за дизельним циклом в 1,56, 1,78 і 2,12 раза, відповідно при збільшенні повної маси автомобіля. Різниця між витратами дизельного палива при роботі за дизельним і газодизельним циклами – це економія дизельного палива завдяки заміщенню його газом.

Кількість теплоти, яка витрачається з паливом на 100 км пробігу за газодизельним циклом, трохи більша, ніж за дизельним у зв'язку з меншим ефективним коефіцієнтом корисної дії газодизельного циклу.

Викиди дисперсних часток з відпрацьованими газами при роботі за газодизельним циклом менше порівняно з роботою за дизельним циклом в 1,73; 1,97 і 2,26 раза відповідно.

Треба зауважити, що при роботі за газодизельним циклом коефіцієнт надлишку повітря менше, ніж при роботі за дизельним циклом. Пояснюється це явище тим, що в циліндри газодизельного двигуна в першому випадку надходить менше повітря, через те, що частина його заміщується газом. Це призводить до підвищення димності відпрацьованих газів на частотах обертання колінчастого вала двигуна нижче 1200 хв^{-1} і до короточасних стрибків димності відпрацьованих газів при розгонах на окремих передачах. Понизити цю димність можна зменшенням самокоректування подачі газу або збільшенням дози запального дизельного палива. Але останнє небажано, адже це призведе до зменшення економії дизельного палива.

Таким чином, розрахунки показують, що економія дизельного палива завдяки заміщенню його природним газом тим більша, чим частіше і довше газодизель працює в діапазоні великих навантажень, коли зростає витрата газу [1, 2].

Висновки. 1. Результати проведених вище досліджень свідчать, що частка заміщеного газом дизельного палива при роботі автомобіля з газодизельним двигуном суттєво залежить від експлуатаційних умов. При розгонах автомобіля вона більше, ніж при сталій швидкості, вона більше в автомобіля з повним завантаженням порівняно з автомобілем без вантажу або з частково завантаженим автомобілем.

2. Викиди дисперсних часток з відпрацьованими газами за час розгону збільшуються із збільшенням маси автомобіля при роботі за газодизельним циклом в 2,52 раза, а при роботі за дизельним циклом – в 2,58 раза. При розгоні автомобіля за дизель-

ним циклом викиди дисперсних часток з відпрацьованими газами в 6,90...7,09 рази більше, ніж при розгоні за газодизельним циклом.

3. За умови сталого руху з максимальною швидкістю викиди дисперсних часток зростають при роботі за газодизельним циклом у міру збільшення маси автомобіля в 1,78 рази, а при роботі за дизельним циклом – в 2,33 рази відповідно. При цьому величина їхніх значень при роботі за газодизельним циклом менше порівняно з роботою за дизельним циклом в 1,73; 1,97 і 2,26 рази відповідно.

4. Димність відпрацьованих газів різко збільшується в початкові періоди розгонів на кожній передачі, а потім поступово зменшується.

Література

1. Колчин Л.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 1980. – 400 с.
2. Екологія та автомобільний транспорт / [Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Меркалов, А.Г. Говорун та ін.]. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
3. Павлова Е.И. Экология транспорта / Е.И. Павлова – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.
4. Рябчинский А.И. Экологическая безопасность автомобиля / А.И. Рябчинский, Ю.В. Трофименко, С.В. Шелмаков. – М., 2000. – 95 с.
5. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко. – М.: Высшая школа, 2003. – 273 с.

References

1. Kolchin L.I. Calculation of automobile and tractor engines / L.I. Kolchin. – M.: Higher School, 1980. – 400 p.
2. Ecology and road transport / [Y.F. Gutarevich, D.V. Merkalov, A.G. Govorun et al.]. – K.: Aristej, 2006. – 292 p.
3. Pavlova E.I. Transport ecology / E.I. Pavlova. – M.: Transport, 2000. – 248 p.
4. Ryabchinskiy A.I. Environmental safety car / A.I. Ryabchinskiy, Y.V. Trofymenko, S.V. Shelmakov. – M., 2000. – 95 p.
5. Lukanin V.N. Industrial and transport ecology / V.N. Lukanin, Y.V. Trofymenko. – M.: Higher School, 2003. – 273 p.

Варчук В.В., Варчук И.В. Влияние массы автомобиля на показатели токсичности отработанных газов

Рассмотрены режимы разгона и движения с постоянной скоростью газодизельного автомобиля КраЗ-256В1-ГД без груза, частично загруженного и полностью загруженного. На этих режимах проведено определение и сравнение следующих показателей: продолжительность разгона с места с переключением передач; путь, который прошел автомобиль за время разгона; расход газового и жидкого топлива; выбросы дисперсных частиц с отработанными газами; дымность отработанных газов. Сравнивались также показатели при движении автомобиля с максимальной скоростью на пути длиной 100 км. Исследования проводились при работе автомобильного двигателя по газодизельному и дизельному циклам.

Ключевые слова: автомобиль с газодизелем, выброс дисперсных частиц с отработанными газами.

Varchuk V., Varchuk I. Influence of car mass on toxic indexes of exhaust gases

Considered dispersal modes and cruising gas-diesel KrAZ-256B1-GD without cargo, partially loaded and fully loaded. In these modes, the comparison of the following factors: the duration of dispersal from a place with a gear change, the way that took the car for acceleration and flow of gaseous and liquid fuels, emissions of particulate matter from the exhaust gases, smoke exhaust. Also compared performance when driving a car with a top speed on the road length of 100 km. Research were repeated when the engine work at gas-diesel and diesel cycles.

Keywords: car with gas diesel, emissions of particulates from exhaust gases.

Варчук В.В. – асистент кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент», ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: ilona-varchuk@mail.ru.

Варчук І.В. – студент кафедри екології та екологічної безпеки, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: ilona-varchuk@mail.ru.

Рецензент: Куліков Ю.А., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 523; 527; 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСКОРЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В КАВИТАЦИОННОМ НАСОСЕ-ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЕ

Нечаев Г.И., Карский В.О., Трухнов В.С.

STUDY OF THE PROCESSES OF ACCELERATION OF CHEMICAL REACTIONS IN THE CAVITATION MASS

Nechaev G., Karsskiy V., Truhnov V.

В работе рассматривается вопрос обработки химических веществ в кавитационном насосе-теплогенераторе с целью ускорения химических реакций. Описаны эксперименты кавитационной обработки медного купороса и метанолята натрия. Приведен анализ зависимости отношения длины каверны от скорости потока кавитационной массы. Рассмотрены факторы, влияющие на давление на границе кавитационного пузырька.

Ключевые слова: кавитационная масса, химическая реакция, реакция замещения, кавитационный теплогенератор.

Постановка проблемы. Время химических реакций в химическом производстве может занимать десятки часов. Это снижает производительность и негативно сказывается на себестоимости продукции.

Анализ последних исследований и публикаций. Традиционный способ ускорения химических реакций – использование различных катализаторов и инициаторов. На этом способе сконцентрированы усилия современных химиков. Для каждого типа реакций эффективны только определённые катализаторы. Часто это дорогостоящие редкоземельные металлы. Их действие зависит от чистоты обрабатываемого вещества. Так, ничтожные следы некоторых веществ вызывают быструю потерю катализатором активности. Кроме того, химики знают: чем выше активность катализатора, тем менее избирательно он действует и тем менее направленно протекает ускоримый им процесс [1].

Второй известный способ ускорения реакций – применение ультразвука. Под воздействием ультразвука в процессах (меднения, никелирования, хромирования, кадмирования, цинкования, серебрения и т.д.) снижается водородная поляризация и облегчается разряд ионов, т.о. обеспечивается повышение катодной плотности тока, ускоряется отложение покрытий. Фактически ультразвук увеличивает активную площадь катода в 3 раза. Покрытие получается равномернее и толще в несколько раз, улучшается

его адгезия к подложке. Технология реализуется с помощью погружных ультразвуковых излучателей с фронтальным типом излучения. К сожалению, к эксплуатации мощного ультразвукового оборудования предъявляются специфические требования безопасности, он вреден для здоровья обслуживающего персонала [2].

Цель работы – показать возможность ускорения химических реакций путем обработки в кавитационном насосе-теплогенераторе [4].

Результаты исследований. Для исследования процессов ускорения химических реакций под воздействием кавитационной массы в кавитационном насосе-генераторе был проведен опыт по восстановлению медного купороса (водного раствора сульфата меди). Сульфат меди (II) CuSO_4 в безводном состоянии представляет собой белый порошок, который при поглощении воды синееет. Поэтому он применяется для обнаружения следов влаги в органических жидкостях. Водный раствор сульфата меди имеет характерный сине-голубой цвет. Эта окраска свойственна гидратированным ионам $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, поэтому такую же окраску имеют все разбавленные растворы солей меди (II), если только они не содержат каких-либо окрашенных анионов. Из водных растворов сульфат меди кристаллизуется с пятью молекулами воды, образуя прозрачные синие кристаллы медного купороса.

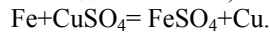
Для опыта было смешано 2 кг химически чистого медного купороса с 20 кг (литрами) воды, раствор был разделен на две равные части – одна для эксперимента, вторая – контрольная.

После запуска теплогенератора через заливную горловину был влит раствор внутрь статора. После достижения раствором температуры 75-80 °С было замечено, что жидкость изменила цвет – осветлилась, стала прозрачнее.

Время нагрева жидкости до 100 °С составило 6 минут. После этого теплогенератор был остановлен.

Раствор стал совершенно прозрачным. Теплогенератор был разобран. Внутренняя часть статора и ротор – все, что соприкасалось с раствором – покрыто рыхлым слоем красной меди.

Можно сделать вывод, что внутри генератора произошел ускоренный процесс химической реакцией замещения: получаем железный купорос (здесь железо вытеснило медь из её соли)



Контрольный образец раствора был оставлен в стальной емкости в течение 30 дней. Цвет не изменился – ярко выраженный синий, обмедненность емкости в местах контакта с жидкостью умеренная. В этом случае происходит реакция замещения с обычной скоростью [3].

Спустя месяц емкость с контрольным раствором медного купороса была подвергнута нагреву при помощи газовой горелки до 100 °С и затем охлаждена. Цвет не изменился. Следовательно температура не имеет отношения к ускорению химического процесса при обработке раствора медного купороса в кавитационном насосе-генераторе.

Каковы же причины, так радикально изменяющие скорость течения реакции в условиях кавитации? Согласно результатам исследований [4-6] следствием увеличения скорости движения жидкости является падение давления в ней.

$$U_r = \sqrt{4\pi r \sigma^* \frac{dz}{dt} + 2 \frac{p_2 - p_k}{\rho} - 2 \frac{u_\varphi^2}{r} dr},$$

$$U_z = \frac{4Q}{\pi(D^2 - 4r^2)},$$

$$\frac{dr}{dt} = U_r; \quad \frac{dz}{dt} = U_z; \quad \frac{d\varphi}{dt} r = U_\varphi,$$

где U_r , U_φ , U_z – проекции скорости жидкости на оси координат, м/с;

p_2, p_k – давление в потоке и в каверне;

σ^* – поверхностное натяжение, Н/м;

Q – расход жидкости, м³/с;

r – радиус кавитационного пузырька;

D – диаметр выходного отверстия сопла Лавала.

При достижении величины давления потока, равной давлению насыщенного пара, в жидкости происходит разрыв с образованием пузырьков насыщенного пара.

При увеличении скорости потока такие пузырьки начинают объединяться в цельную кавитационную каверну.

Длины пробега схлопывающихся кавитационных пузырьков обычно рассчитывают по уравнению движения сферической каверны Левковского:

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \frac{p - p_\infty}{\rho},$$

где p , p_∞ – давление на границе пузырька и в потоке жидкости;

R – радиус пузырька, м.

Несколько факторов определяют давление на границе кавитационного пузырька. Это:

- силы поверхностного натяжения;
- давление насыщенных газов внутри пузырька;
- действие касательных вязких напряжений.

В силу этого уравнение (2) приобретает вид:

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \frac{1}{\rho} \left(p_H - 4\mu \frac{U_y}{R} - \frac{2\sigma^*}{R} - p_\infty \right). \quad (3)$$

Подставляя значения переменных в уравнение (3), можно рассчитать время жизни каверны, учитывая скорость и направление вращения ротора теплогенератора возможно рассчитать ее размеры и координаты кавитационного воздействия [4].

Согласно оценкам Иллинойского университета скорости нагрева и охлаждения жидкости превышают 109 °С/с. Это соответствует скорости охлаждения расплавленного металла при его выплескивании на поверхность, охлажденную до температуры вблизи абсолютного нуля. Это приводит к мгновенному парообразованию, разрыву молекулярных связей и ускорению химических реакций.

Отбор пара можно описывать законом Герца-Кнудсена-Лэнгмюра [7], согласно которому скорость испарения с внешней границы суперкаверны равна:

$$V_u = \frac{P}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot M \cdot k \cdot T_u}}, \quad (4)$$

где V_u – скорость испарения, г/(см²·с);

P – давление насыщенного пара, Па;

M – молекулярный вес частиц пара, г/моль;

k – постоянная Больцмана;

T_u – температура подводящего патрубка кавитационного теплогенератора, °С.

При движении жидкости давление внутри каверны не более 10⁻² Па. При этом давлении, согласно кинетической теории жидкостей и газов Герца-Кнудсена, длина свободного пробега молекул жидкости превышает их размеры. Скорость испарения жидкости в процессе кавитации можно определить с помощью уравнения Ленгмюра:

$$V_u = 7,78 \sqrt{\frac{M \cdot P}{T_u}}. \quad (5)$$

Массу пара в каверне можно определить по формуле:

$$m_n = \frac{4}{3} \frac{C(R, 0)}{K} \pi R_0^3, \quad (6)$$

где m_n – масса газа в кавитационной полости начального радиуса;

$C(R, 0)$ – начальная концентрация пара в слоях жидкости, прилегающих к стенке полости;

K – постоянная Генри;

R_0 – начальный радиус кавитационной полости.

В ходе экспериментов были получены результаты, описывающие изменение размеров каверны в зависимости от скорости потока в генераторе (рис. 1).

Как видно из графика, длина каверны увеличивается с увеличением скорости потока. Небольшие колебания объясняются фазовым переходом (вскипанием) жидкости, что приводит к нарушению сплошности потока и, как следствие, к погрешностям при измерении. Длина каверны l достигает величины 100% от общей длины рабочей камеры кавитатора L уже на скорости 30 м/с, а дальнейший рост скорости потока приводит к дополнительному удлинению за пределы камеры во внешний объем.

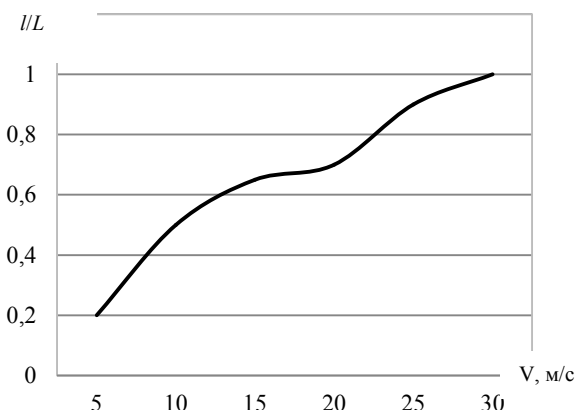


Рис. 1. Зависимость длины кавитационной каверны от скорости потока

Скорость реакции замещения можно определить по изменению концентрации медного купороса в воде. Измерение концентрации медного купороса в воде было произведено выпариванием образцов жидкости, отобранных через каждые 60 сек. После выпаривания сухой остаток был взвешен на электронных весах и составлена пропорция, по результатам замеров был построен график (рис. 2).

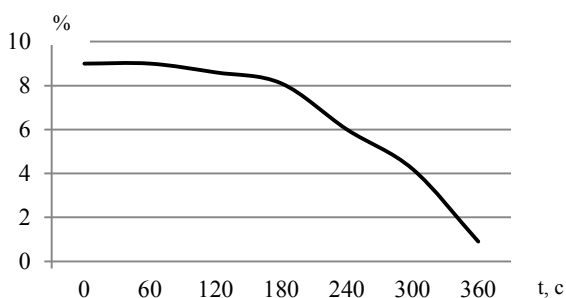
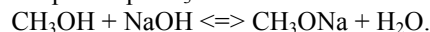


Рис. 2. Изменение концентрации медного купороса в водном растворе при воздействии кавитации в кавитационном насосе-теплогенераторе

Для полной уверенности в действенности и эффективности кавитационного насоса-теплогенератора при смешивании трудносмешиваемых веществ был произведен еще один эксперимент.

При производстве биодизеля (метиловых эфиров жирных кислот) применяется метанолят натрия, который получается путем растворения едкого натра NaOH в метиловом спирте CH_3OH . Едкий натр весьма плохо растворяется в метаноле, перемешива-

ние производится в герметичном миксере от 8 до 24 часов. Для процесса производства биодизеля необходим 12% раствор CH_3ONa .



Для опыта в две одинаковые емкости было помещено по 1,2 кг химически чистого едкого натра и влито по 10 кг метилового спирта. Одна емкость для эксперимента, вторая – контрольная.

После запуска теплогенератора (рис. 3) через заливную горловину был влит раствор внутрь статора. При достижении раствором температуры $78\text{ }^\circ\text{C}$ было замечено, что жидкость стала однородной – растворился едкий натр. Время нагрева жидкости до $100\text{ }^\circ\text{C}$ – 3 минуты. Теплогенератор был выключен.

Раствор был слит в герметичную емкость. Теплогенератор был разобран. Ни в приемной емкости, ни в статоре теплогенератора не было обнаружено следов едкого натра. Следовательно, он полностью растворился в метаноле.



Рис. 3. Кавитационный насос-теплогенератор (используется для ускорения химических реакций)

Можно сделать вывод, что внутри генератора произошел процесс получения метоксида.

Контрольный образец раствора был влит в химический миксер (рис. 4). Миксер был включен. Раствор был подвергнут объемному смешиванию в течение 60 минут. Спустя 60 минут миксер был выключен и разобран. На дне миксера осели крупинки едкого натра.

С целью доказать, что причиной ускорения процесса не является нагрев раствора, метанол был слит и подвергнут нагреву при помощи газовой горелки до $T_{o\text{ кип}}$. Для предотвращения воспламенения и взрыва нагрев был произведен при помощи водяной рубашки. Метанол с воздухом в объемных концентрациях 6,72-36,5% образует взрывоопасные смеси (температура вспышки $15,6\text{ }^\circ\text{C}$). После нагрева метанол был слит в миксер и подвергнут смешиванию в течение 120 минут. После этого миксер был выключен и разобран.

Очевидно, что часть едкого натра уже была растворена, но больше половины его объема все еще находится на дне миксера. Вывод очевиден: причиной ускорения реакции получения метанолята натрия явилась не высокая температура, а процесс кавитации.

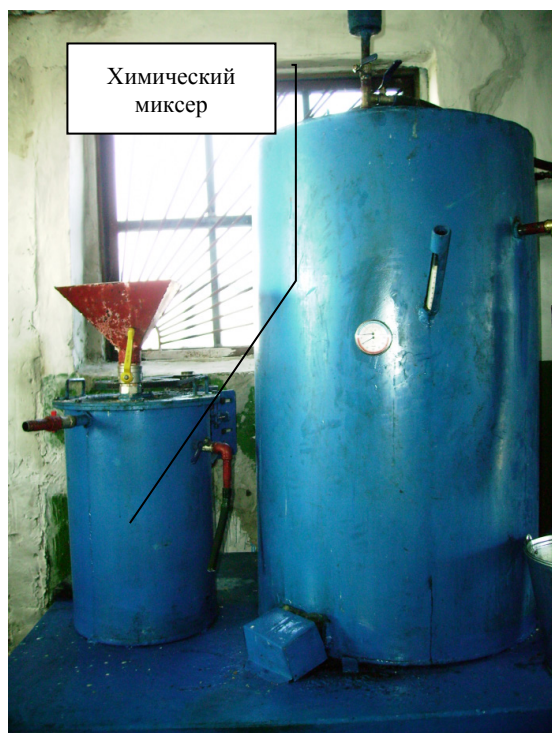


Рис. 4. Установка для производства биодизеля

Выводы. 1. Кавитационный насос-теплогенератор можно использовать для безопасного нагрева химических жидкостей, в том числе пожаро- и взрывоопасных.

2. При обработке химических жидкостей в кавитационном насосе-теплогенераторе химические реакции протекают значительно быстрее, чем в традиционном процессе. Теплогенератор может выполнять роль проточного термохимического реактора.

Л и т е р а т у р а

1. Имянитов Н.С. Системы из нескольких катализаторов в металлокомплексном катализе // Координационная химия. – 1984. – Т. 10. – № 11. – С. 1443-1454.
2. ГОСТ 12.2.05.1. "Система стандартов безопасности труда. Оборудование технологическое ультразвуковое. Требования безопасности".
3. Зайцев И.Д., Асеев Г.Г. Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ. – М.: Химия, 1988. – 416 с.
4. Патент 43571 Украина, МПК В66С 3/00. Кавитационный насос-теплогенератор / С.О. Трухнов, В.С. Трухнов, В.О. Карський, О.В. Карський; заявл. 10.03.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя: Пер. с нем. – М.: Наука, 1974. – 711 с.
6. Башта Т.М., Руднев С.С. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
7. Лукьянов Г.А., Симакова О.И., Быков Н.Ю. Прямое статистическое моделирование процессов образования и роста кластеров при расширении пара от внезапно включенного сферического источника // Журнал технической физики. – 2008, том. 78, вып. 1. – С. 27-33.
8. Яхно О.М., Коваль А.Д., Пищенко Л.И., Паскалов В.П., Яске Н.Н. Кавитация в переработке нефти. – Київ: Світ, 1999. – 263 с.

References

1. Imyinitov N.S. System consisting of several catalysts in metal complex catalysis // Coordination chemistry. – 1984. – Т. 10. – № 11. – P. 1443-1454.
2. State standard 12.2.05.1. "System of labor safety standards. Technological equipment ultrasound. The security requirements".
3. Zaitsev I.D., Aseev I.I. Physico-chemical properties of binary and multicomponent mortars of inorganic substances. – M.: Chemistry, 1988. – 416 p.
4. Patent 43571 Ukraine, ICL B66C 3/00. Kavitacijniy nasos-teplogenerator / S.O. Truhnov, V.S. Truhnov, V.O. Karsskiy, O.V. Karsskiy; Date of Patent: 25.08.2009.
5. Shlihting G. Theory of a boundary layer: Per. s nem. – M.: Nauka, 1974. – 711 p.
6. Tower Tonnes. M., Rudnev With. S. and others. Hydraulics and hydraulic actuators. Publishing house of the machinery. – M, 1982. – 423 p.
7. Lukianoff G.A., Simakova O.I., .Bikoff. N.U. The direct statistical modeling of processes of formation and growth of clusters in expanding vapor from the sudden included spherical source // The journal of technical physics. – 2008. – Т. 78, vol. 1., p. 27-33.
8. Jahno O.M, Koval A.D., Pishtchenko L.I. Cavitation in oil refining. – Kiev: Svit, 1999. – 263 p.

Нечаєв Г.І., Карський В.О., Трухнов В.С. Дослідження процесів прискорення хімічних реакцій у кавітаційній масі

У роботі розглядаються питання обробки хімічних речовин в кавітаційному насосі-теплогенераторі з метою прискорення хімічних реакцій. Описано експерименти обробки кавітації мідного купоросу і метанолята натрію. Наведено аналіз залежності відношення довжини каверни від швидкості потоку маси кавітації. Розглянуто чинники, що впливають на тиск на межі бульбашки кавітації.

Ключові слова: кавітаційна маса, хімічна реакція, реакція заміщення, кавітаційний теплогенератор.

Nechaev G., Karsskiy V., Truhnov V. Study of the processes of acceleration of chemical reactions in the cavitation mass

The paper deals with processing of chemical substances in the cavitation pump-heat source to speed up chemical reactions. Experiments cavitation processing of copper sulfate and sodium methoxide. The analysis of the ratio of the cavity length of the flow velocity of the cavitation mass. Factors affecting the pressure at the cavitation bubble. The article dealt with some issues of safe heating of flammable liquids with cavitation. Proven ability to use the cavitation the pump-heat-generator as a flow thermochemical reactor. The aim of the study was to increase the productivity of chemical processes and, as a consequence of reducing the cost of production.

Key words: cavitation mass, chemical reaction, the reaction of substitution, the cavitation heat generator.

Нечаєв Г.І. – д.т.н., професор, зав. кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Карський В.О. – директор ТОВ «Біодизель-Луганськ», м. Луганськ, Україна, e-mail: biodiesel@list.ru.

Трухнов В.С. – інженер-механік ТОВ «Завод продтоварів», м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 656.073.33

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ С ДОПОЛНЕНИЕМ КРИТЕРИЕВ ЛОГИСТИКИ

Киркин А.П., Киркина В.И.

MANAGEMENT OF TRANSPORT PROCESSES OF DELIVERY OF FREIGHTS IN CITY CONDITIONS WITH ADDITION OF CRITERIA OF LOGISTICS

Kirkin O., Kirkina V.

Повышение эффективности работы транспортных систем включает в себя не только вопросы снижения денежных затрат, но и удовлетворения требований потребителя, соблюдение общепринятых правил доставки и внедрение новейших ресурсосберегающих технологий. Поэтому рассмотрены наиболее острые вопросы в области доставки грузов эко-, энерго- и ресурсосбережения, а также коммерческая целесообразность поставки продукции. Дальнейшее развитие получил логистический подход к управлению транспортными процессами.

Ключевые слова: логистическая система, целевой конфликт, критерии логистики, оптимизация транспортно-го процесса, управление материальным потоком.

Постановка проблемы. В современных рыночных условиях работы предприятиям необходимо постоянно поддерживать свою конкурентоспособность. Достигается это за счет повышения стандартов обслуживания клиентов и применения новейших технологий управления и производства.

В большинстве случаев предприятия придерживаются логистических принципов оптимизации производства. Однако со временем в логистике появились новые её направления: экологистика, городская логистика, виртуальная логистика [1, 2, 3]. Также более детально логистика изучается с позиций коммерческой работы и маркетинга [4].

Развитие эко- и городской логистики связано в первую очередь с общемировым ужесточением требований к экологической безопасности перевозок, их воздействию на жизнедеятельность человека, особенно в городских условиях функционирования.

Развитие виртуальной логистики связано с развитием сети Интернет и накоплением в ней множества логистических ресурсов, способных воспринимать операции удаленного управления и контроля.

Последний аспект развития связан с неудовлетворенностью поставщика (производителя) логистическим принципом работы на получателя, без учета собственной выгоды от проделанной работы.

Таким образом, появилась необходимость дополнить логистические принципы с позиций экологичности, эргономичности в условиях городских перевозок и большей эффективности в коммерческом отношении с добавлением элементов удаленного управления.

Анализ последних исследований и публикаций. Ведущие исследования в области управления транспортными процессами в городских условиях функционирования являются предварительными и касаются формирования концепции экологистики, городской и виртуальной логистики [1, 2, 3].

Меры экологической безопасности требуют государственного регулирования и потому развиваются соответственно законодательству Украины, которое слабо рассматривает вопросы загрязнения окружающей среды и шумовой нагрузки при доставке грузов потребителю.

Однако уже сейчас можно выделить перечень используемых мероприятий, повышающих эффективность работы транспорта в городских условиях: использование электромобилей, выделение полос движения для пассажирского транспорта, устройство перехватывающих парковок, перенос автостанций, кольцевые маршруты транспорта, доставка грузов в ночное время, создание логистических центров, спецмаршруты для грузового транспорта, использование транспортных коридоров и слежение за ТС с использованием ГЛОНАСС.

Что касается коммерческой стороны вопроса, то ее решение напрямую зависит от развития виртуализации, позволяющей удаленно согласовывать и управлять транспортными и грузовыми потоками.

Так, в США для такого вида управления в каждой узловой точке транспортной сети расположены экспедиторы-операторы, цель которых – согласование и корректировка транспортных потоков. При этом стоимость транспортных операций, согласно проведенному исследованию, сокращается до 40%.

Цель. Цель статьи – предложить оптимальную технологию управления транспортными процессами в городских условиях с выполнением требований потребителя, рынка и общественности с дополнением логистических критериев управления для повышения эффективности транспортной системы в сферах рыночной целесообразности, экологичности и ресурсосбережения.

Результаты исследований. Критериальная оценка транспортного процесса при соблюдении вышеназванных требований будет состоять из следующих элементов:

$$K = F(K_c) \cup F(K_t) \cup F(K_n) \cup F(K_m) \cup F(K_k) \cup F(K_s) \cup F(K_e) \cup F(K_{sp}) \cup F(K_v), \quad (1)$$

где K_c – критерий «доставка с наименьшими затратами»;

K_t – критерий «точно во время»;

K_n – критерий «нужного наименования»;

K_m – критерий «нужного количества»;

K_k – критерий «нужного качества»;

K_s – критерий «в нужном месте»;

K_e – критерий «минимального экологического ущерба»;

K_{sp} – критерий «соотношения спроса и предложения»;

K_v – критерий «эргономичности для человека».

Однако возможно разбиение данного выражения на три компонента, так как в основном в логистике используется критерий с наименьшими затратами, тогда как другие выполняют роль ограничений, а критерии эргономичности и экологичности относятся к критериям группы безопасности. Критерий соответствия спроса и предложения привносит новый элемент в критериальную оценку, отличающийся от существующих логистических критериев за счет учета экономической целесообразности для продавца той или иной поставки грузов и рыночной эффективностью реализации продукта на рынке.

Итак, критериальная оценка будет выглядеть как:

$$K = F(K_1\{c, t, n, m, k, s\}) \cup F(K_{sp}) \cup F(K_b(\{e, v\})), \quad (2)$$

где $K_1\{c, t, n, m, k, s\}$ – общая критериальная оценка логистической системы по минимуму суммарных затрат;

$K_b(\{e, v\})$ – общая критериальная оценка по шумовой и экологической безопасности.

Первая группа критериев связана с оптимизацией затрат на доставку и издержек на управление и может быть решена: как обычная задача целевого конфликта, с применением теории графов для планирования и стандартных методов управления: СМО или дифференциальные уравнения состояний. Таким образом, оценку первой группы критериев можно представить как обыкновенную транспортную задачу:

$$K_{opt} = \sum C_i * x_i \rightarrow \min. \quad (3)$$

Однако следует отметить необыкновенность задачи целевого конфликта, т.к. ее решение может носить как конечный результат решения задачи, так

и может быть представлена функцией, в том числе функцией распределения случайной величины. Следовательно, решение задачи может быть использовано в имитационном моделировании.

На рис. 1 представлено графическое решение задачи с оптимизацией параметра x , под которым можно использовать не только цифровые выражения, но и функции от времени t , тогда ось X будет осью времени T . Под Y_i подразумевается критериальная оценка для i -х конфликтующих транспортных процессов.

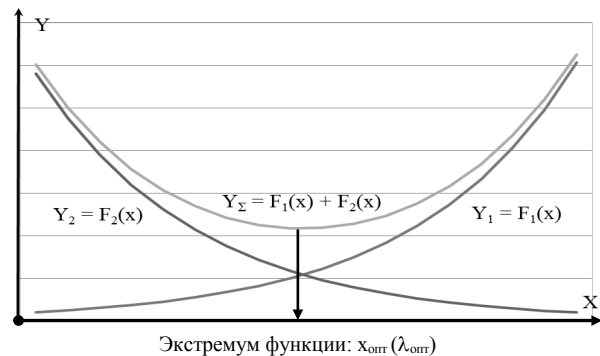


Рис. 1. Целевой конфликт в транспортных задачах с параметрической оптимизацией

Тогда поиск решения заключается в поиске экстремума функции Y_Σ :

$$dY_\Sigma/dx_{opt} = 0. \quad (4)$$

Особое распространение данная модель получила в методах виртуального предприятия, так как позволяет использовать обобщенный показатель работы любых транспортных систем – интенсивность выполнения работ (μ).

При этом для транспортных операций следует учитывать два случая: 1) максимальная интенсивность обслуживания μ_{max} не может быть увеличена и 2) возможность наращивания интенсивности обслуживания за счет дополнительных средств (увеличение числа кранов, автопогрузчиков, полос движения, обслуживающего персонала и т.п.).

В первом случае можно допустить, что выбор осуществляется в зоне резерва (после $\mu_{рез} = \mu_{max} - 1/t_{норм}$), где простой выше нормативного ($t_{норм}$), но использование техники более полно. В частном случае, когда резерв не определен $t_{норм} = \infty$. Тогда целевая функция примет вид:

$$F(\lambda) = C_{пер} * Q/\lambda + C_{дост}/(\mu_{max} - \lambda), \quad (5)$$

где λ – интенсивность поступления материального (грузового, транспортного и т.д.) или информационного потока под обслуживание, т (ед., бит)/ч;

$C_{пер}$ – стоимость одного часа переработки заданного потока на обслуживающем элементе с максимальной интенсивностью (краны, автопогрузчики и т.п.), грн/ч;

$C_{дост}$ – стоимость одного часа подачи на обслуживание заданного потока с максимальной интенсивностью, грн/ч;

Q – заданный поток обслуживания, т (ед., бит);

μ_{\max} – максимально возможная интенсивность обслуживания материального (грузового, транспортного и т.д.) или информационного потока, т (ед., бит)/ч.

Тогда по формуле (4) оптимальная интенсивность потока составит:

$$(C_{\text{пер}} \cdot Q / \lambda + C_{\text{дост}} / (\mu_{\max} - \lambda))^2 = 0; \quad (6)$$

$$C_{\text{дост}} / (\lambda_{\text{опт}} - \mu_{\max})^2 - C_{\text{пер}} \cdot Q / \lambda_{\text{опт}}^2 = 0; \quad (7)$$

$$\lambda_{\text{опт}} = \mu_{\max} - \sqrt{\frac{C_{\text{пер}} \cdot Q}{C_{\text{дост}}}}. \quad (8)$$

Во втором случае целевая функция примет вид:

$$F(\mu) = C_{\text{пер}} \cdot \mu \frac{Q}{\lambda} + C_{\text{ож}} \cdot \lambda \left(\frac{1}{\mu - \lambda} - T_{\text{доп}} \right), \quad (9)$$

где $C_{\text{пер}}$ – стоимость единичной интенсивности переработки заданного потока с интенсивностью μ , грн/ч;

$C_{\text{ож}}$ – стоимость единичной интенсивности поступления требования ожидающего обслуживания при интенсивности обслуживания μ , грн/ч;

$T_{\text{доп}}$ – допустимое время обслуживания, ч;

μ – искомая интенсивность обслуживания материального (грузового, транспортного и т.д.) или информационного потока, т (ед., бит)/ч;

λ – заданная интенсивность входящего материального (грузового, транспортного и т.д.) или информационного потока, т (ед., бит)/ч.

Тогда оптимальная интенсивность обработки составит:

$$C_{\text{пер}} \frac{Q}{\lambda} - C_{\text{ож}} \times \lambda^2 \frac{1}{(\mu_{\text{опт}} - \lambda)^2} = 0, \quad (10)$$

$$\mu_{\text{опт}} = \lambda + \sqrt{\frac{C_{\text{ож}} \cdot \lambda^2}{C_{\text{пер}} \cdot Q}}. \quad (11)$$

Данные формулы справедливы только для однопунктных СМО, при очередях с отказами, приоритетами и для многопунктных систем необходимо использовать соответствующий математический аппарат нахождения времени обслуживания [5]. Так, время (ч) обслуживания в системе с приоритетами примет вид:

$$m_T = \frac{t_n}{1 - \rho_n} + \frac{\lambda_n \cdot \sigma_n^2 + \lambda_n \cdot \sigma_n^2}{2 \cdot (1 - \rho_n) \cdot (1 - \rho_n - \rho_n)}, \quad (12)$$

где t_n – время на обслуживание приоритетного требования, соответственно формуле (5), $t_n = 1 / (\mu_{\max} - \lambda)$;

λ_n, λ_n – соответственно интенсивность поступления приоритетного и неприоритетного требования на обслуживание;

ρ_n, ρ_n – относительная загрузка элемента обслуживания приоритетным и неприоритетным требованиями;

σ_n, σ_n – дисперсия времени обслуживания приоритетного и неприоритетного требования соответственно.

Вторая часть является малоизученной со стороны практики применения в логистике, однако условно подразумевалась в коммерческой логисти-

ке, поэтому и воспользуемся ее методами. Из множества возможных технологических решений выбираются наиболее эффективные для данной организации (у разных организаций разные возможности и способности) и принято допущение, что точка поставки выбирается потребителем исходя из потребностей рынка.

Таким образом, доставка грузов производится в объемах равных точке равновесия спроса и предложения (рис. 2). При этом возможно избежать накопления партий груза, для чего затрагивается соседняя с транспортной сферой деятельность – производственная, так как объемы поставок и производства должны совпадать с наличием небольшого резерва мощностей [6]. При их равновесии по формулам СМО очередь стремится к бесконечности.

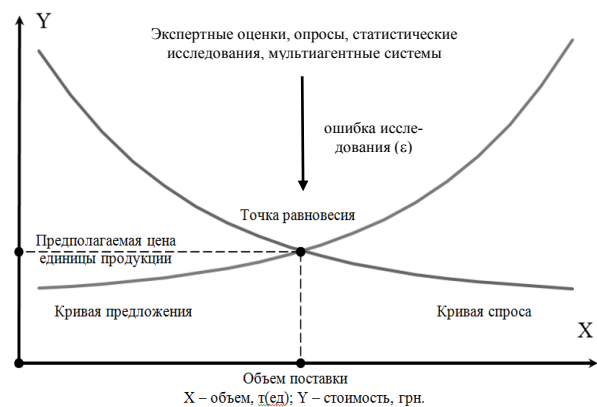


Рис. 2. Кривая спроса и предложения для определенного вида товара

Разобшенность подходов различных специалистов (бухгалтеров, экономистов, предпринимателей, экологов, компьютерщиков, таможенников, транспортников и т.д.) к логистическим проблемам еще таит множество нерешенных задач, таких как различные способы получения доходов и работы с клиентами и т.д. И поэтому для их решения как небольшой винтик, держащий систему, предлагается подход с позиций коммерческого обслуживания, включающий и маркетинг, и менеджмент, и логистику и являющийся частью предпринимательской деятельности.

Тогда можно применить основные формулы ценообразования коммерческой логистики, с добавлением прибыли и удовлетворения потребностей не только покупателя (потребителя), но и поставщика (производителя) и оптимизацией доходов последних. Так как логистический подход действовал только в интересах потребителя, без учета критериев самого поставщика и его ожиданий прибыли. Данная схема сможет работать только при объединении потребителя, перевозчика и производителя в систему с целью получения наибольшего суммарного дохода от реализуемого товара, что является основой экономики, коммерческой деятельности и предпринимательства.

Минимизация ошибок исследования является будущей задачей в данном направлении.

Третья часть критериев имеет нечеткости в системе безопасности и взаимодействия с людьми, поэтому предлагается их оценка с использованием нечетких множеств.

В качестве нечетких переменных задаются характеристики транспортного процесса, непосредственно влияющие на экологию и человека, характеристика транспортных средств и перегрузочной техники и характеристика водителя или работника перегрузочной техники, в качестве оценки: необходимая скорость перемещения или маршрут движения.

Тогда для системы доставки грузов на автомобильном транспорте через сеть городских дорог основными будут следующие термы: скорость доставки, загруженность элементов сети, расход топлива, время доставки и количество транспортных средств на линии. На заключительных операциях рассматриваются элементы погрузки, выгрузки, подачи под обслуживание и стоимость работ с учетом экологической составляющей. Часть из условий может быть задана в определенном виде, то есть без нечеткости.

Допустим, что время, необходимое на перевозку, составляет некую нечеткую величину $\mu_T = \{T_{min}, T, T_{max}\}$, тогда во избежание многокритериальности принимается упрощение в виде ограничения $T_{min} \leq T \leq T_{max}$, при условии, что время доставки не несет в себе дополнительных расходов и ограничений.

Некоторые нечеткие соотношения можно представить автоматами или лингвистическими переменными, полученными в виде экспертных оценок, и являющимися специализацией оцениваемого параметра.

Таким образом, принимая во внимание, что обобщающий показатель – это интенсивность выполнения работ, модель нечеткого поиска оптимального варианта по себестоимости с ограничениями по времени выглядит, как показано на рис. 3.

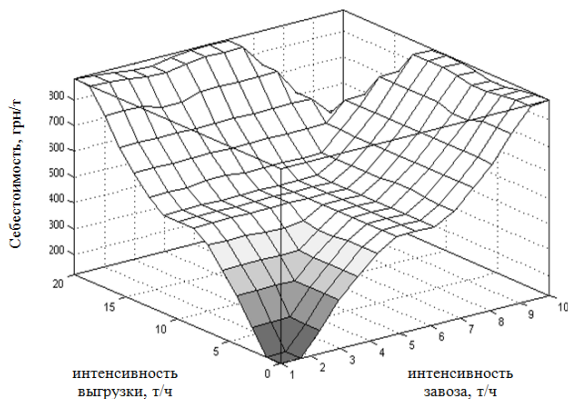


Рис. 3. Поверхность зависимости выходных переменных оценки от непрерывных величин транспортного процесса

Необычность третьей задачи выражается в том, что критерий экологичности в сфере выброса вредных веществ совпадает с традиционным крите-

рием минимума затрат и с ресурсным подходом. Это происходит при минимизации потребления экологически небезопасных веществ в транспортных процессах (в основном горюче-смазочных материалов). Следовательно, ресурсный подход отнесен и к экологическим критериям функционирования, тогда поиск оптимального способа доставки будет дополнен возможностью смены потребляемого ресурса на экологически более выгодный.

Учитывая зарубежный опыт, допускается государственная политика по экологическому регулированию городских и международных перевозок через систему дотаций, ограничений или запретов, тогда регулирование будет осуществляться посредством целевого конфликта между экологическими издержками и дотациями и затратами на доставку грузов (рис. 4).

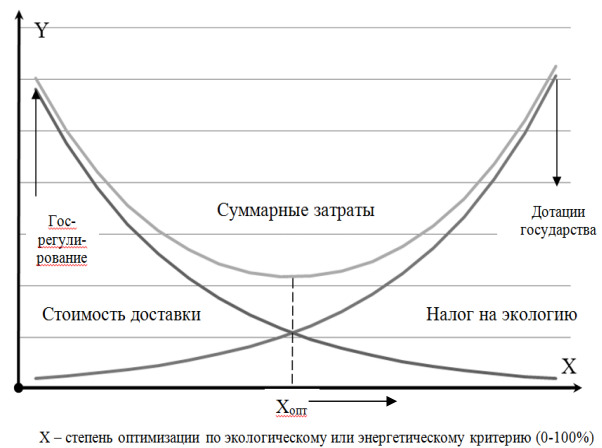


Рис. 4. Целевой конфликт в экологических транспортных задачах

Тогда управление можно представить при помощи модели ЛПР, как показано на рис. 5.

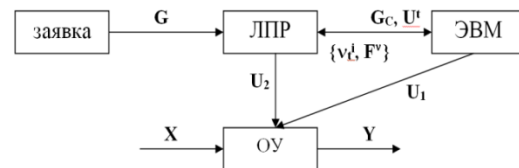


Рис. 5. Работа ЛПР в процессе принятия решений

Критерии выбора практически всех методов основаны на анализе матрицы возможных воздействий – $u_n \in U^t$ при $n = 1, N^t$ параметрах транспортного процесса; альтернатив решений – v_t^i ; и оценки выбранной альтернативы – $f_v^i \in F^v$. Тогда задача поиска технологических решений дополняется элементами предпочтений ЛПР (Z_{VLP}) [7]:

$$Z_{VLP} : N^t \times R \times \Pi_{ij}^n \rightarrow \rightarrow Z_{VLP} : \mathcal{Z}_{ij}^n \times v_t^i \times K_S \times P^M \times F^v \times G^t \times D \rightarrow Y, \quad (13)$$

где Π_{ij}^n – множество целей решения задачи;

\mathcal{Z}_{ij}^n – постановка задач на основании принятых целей решения;

N^t, R, v_t, K_S – множество соответственно ситуаций (состояний транспортной системы и ЛППР); наличных ресурсов; допустимых альтернативных вариантов в зависимости от множества наличных ресурсов; критериев выбора;

P^M – множество методов измерения предпочтений;

F^v – отображение множества допустимых альтернатив в множество критериальных оценок;

G^t – система предпочтений и опыта эксперта;

D – решающее правило, отражающее систему предпочтений;

Y – множество решений по поставленным задачам.

Следует отметить, что в основании работы ЛППР лежит понятие – «эффективность управления», которую невозможно найти без знания реакции системы на управляющее воздействие.

В данном случае для поиска альтернатив решения задачи ЛППР наиболее эффективной моделью поиска решений принято нечеткое моделирование, выделены критерии оптимизации и оценки решения.

При этом основной целью ЛППР является выбор такой возможной стратегии $v_{iU} \in V^i = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ для которой $F(v_i) \rightarrow \max$.

Управление активными системами осуществляется методами поощрения ЛППР за выполнение или оптимизацию заданной работы [8].

Поэтому возможно через денежные поощрения или другие виды мотивации “С” (выговор, благодарность и т.п.) изменить критерий оценки ситуации ЛППР и управляемых элементов в область выгоды мотивирующего органа, при этом на его работу, оказывают влияние нормативно-правовые акты “D”, которые могут и не совпадать, с основной целью работы:

$$G_C \cap U^t \cap D \rightarrow \max . \quad (14)$$

Однако следует учитывать ограничение данной модели $G_C = [0, G_C^{\max}]$ по ресурсам самого человека, так как и стремлении поощрения к бесконечности, наступит период, когда эффективность работы не изменится:

$$G_C^{\max} \cap U^t \cap D = \max , \quad (15)$$

Таким образом, нахождение G_C^{\max} является не тривиальной задачей руководителя и основывается на основании его профессиональных качеств и опыта предыдущих работ (формула 5)

Так как транспортная система находится в условиях неопределенности внешней среды и многокритериальности поставленных задач. В таких условиях целесообразно автоматизировать процесс принятия решений с возможностью решать многокритериальные задачи и учитывать экспертные оценки, а не только личные предпочтения ЛППР. Тогда получаемые автоматизированные решения управляющей системы после контроля ЛППР разрешаются на выполнение.

Оптимальным регулятором по критерию качества будет являться система с расчетом параметров

возмущающего воздействия при идентификации процесса. Наилучший критерий качества для линейных систем ($x' = A \cdot x + B \cdot u$) обеспечивает линейный регулятор вида:

$$u = \pm k \cdot x, \quad (16)$$

где k – вектор-строка значений μ .

После приведенного критериального исследования удаленное управление транспортными процессами примет вид принятия решений ЛППР, представленного на рис. 5 с дополнениями в алгоритме принятия решений:

1) на основании моделей управления и оптимизации первой группы критериев выявляются узкие места или предлагаются стратегии регулирования системы;

2) выбор стратегических альтернатив поиска элементов транспортной системы выполняется при помощи оценивания второй группы критериев;

3) оперативное управление осуществляется при помощи нечетких моделей выбора, включающих первую и третью группы критериев.

Следует заметить, что управление столь разрозненной, сложной системой с независимыми элементами невозможно без применения виртуальной логистики и методов виртуализации [3], так как существующие положения информационной логистики и методов информационных систем не в состоянии решить поставленные задачи.

Задача корректировки и адаптации моделей виртуальных предприятий под новые условия функционирования в городских условиях еще требует дальнейшего решения.

Выводы. 1. Существующие методы управления транспортными процессами и методы виртуализации требуют доработки с позиций ресурсосбережения, коммерческой выгоды и экологической безопасности. Предложено дополнить существующие логистические критерии оценки транспортных процессов и разделить их на три типа: транспортные, коммерческие и экологической безопасности.

2. Экологическая безопасность транспортных процессов может достигаться методом целевого конфликта факторов ущерба внешней среде и населению и стоимости доставки грузов потребителю. При этом большая эффективность достигается при помощи государственного регулирования.

3. Критерии экологической безопасности приносят нечеткость в транспортные задачи, поэтому предложено решение задачи управления транспортными процессами при помощи модели ЛППР с автоматизацией принимаемых решений.

Л и т е р а т у р а

1. Григорьев М.Н. Логистика. Базовый курс: учебник / М.Н. Григорьев, С.А. Уваров. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 782 с. – (Основы наук).
2. Губенко В.К. Городская логистика / В.К. Губенко, А.А. Лямзин // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук. праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2009. – Вип. 19. – С. 271-275.

3. Тимашова Л.А. Организация виртуальных предприятий: монография / Л.А. Тимашова [и др.]. – Луганск: Изд-во СНУ им. В. Даля, 2004. – 368 с.
4. Заенчик Л.Г. Транспортно-экспедиторский процесс в условиях рынка: Методическое пособие / Л.Г. Заенчик [и др.]. – Киев: РВО «Полиграфкнига», 1994. – 168 с.
5. Смехов А.А. Математические модели процессов грузовой работы. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
6. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем. 2-е изд., доп. и перераб. / Под ред. А.В. Кириченко. – СПб.: Питер, 2004. – 506 с.
7. Андрейчиков А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
8. Бурков В.Н. Теория и практика управления активными системами / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков // Измерения, контроль, автоматизация. – 2000. – № 3. – С. 40-54.

References

1. Grigoriev M.N. Logistics. Basic course: textbook / M.N. Grigoriev, S.A. Uvarov. – M.: Publishing house of Yurayt, 2011. – 782 p.
2. Gubenko V.K. City logistics / V.K. Gubenko, A.A. Lyamzin // Visnik Priazov. gov. tehn. un-ty: sb. sciences works / PDTU. – Mariupol, 2009. – Rel. 19. – P. 271-275.
3. Timashova L.A. Organization of the virtual enterprises: monograph / L.A. Timashova [and other]. – Lugansk: Publishing house to the SNU of V. Dal, 2004. – 368 p.
4. Zayenchik L.G. Transport-forwarding process in the conditions of the market: Methodical grant / L.G. Zayenchik [and other]. – Kiev: RVO "Poligrafkniga", 1994. – 168 p.
5. Smehov A.A. Mathematic models processes cargo works. – M.: Transport, 1982. – 256 p.
6. Transportation of export-import freights. Organization of logistic systems. 2nd prod. additional and reslave. / Under the editorship of A.V. Kirichenko. – SPb.: St. Petersburg, 2004. – 506 p.
7. Andreychikov A.V. The analysis, synthesis, planning of decisions in economy / A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova. – M.: Finance and statistics, 2000. – 368 p.
8. Burkov V.N. Theory and practice of management by active systems / V.N. Burkov, D.A. Novikov // Measurements, control, automation. – 2000. – No. 3. – P. 40-54.

Кіркін О.П., Кіркїна В.І. Управління транспортними процесами доставки вантажів в міських умовах з доповненням критеріїв логістики

Підвищення ефективності роботи транспортних систем включає в себе не тільки питання зниження фінансових витрат, але й задоволення вимог споживача, дотримання загальноприйнятих правил доставки і впровадження новітніх ресурсозберігаючих технологій. Через це розглянуті найбільш гострі питання в сфері доставки вантажів еко-, енерго- і ресурсозбереження, а також комерційна доцільність поставки продукції. Подальшого розвитку набув логістичний підхід до керування транспортними процесами.

Ключові слова: логістична система, цільовий конфлікт, критерії логістики, оптимізація транспортного процесу, управління матеріальним потоком.

Kirkin O., Kirkina V., Management of transport processes of delivery of freights in city conditions with addition of criteria of logistics

Increase of overall performance of transport systems, includes not only questions of decrease in monetary expenses, but also satisfaction of requirements of the consumer, observance of the standard rules of delivery and introduction of the latest resource-saving technologies. Therefore, in recent years in the field of delivery of freights most sharply there were questions eco-, power- and resource-saving and also commercial expediency of deliveries of production that demands further development of logistic approach to management by transport processes which allows to pass to adjustment and addition of methods of virtualization and creation of the virtual enterprises has further development.

Keywords: logistic system, target conflict, criteria of logistics, optimization of transport process, management of a material stream.

Кіркін О.П. – к.т.н., доцент кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: apkirkin@yandex.ru.

Кіркїна В.І. – ст. викладач кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна, e-mail: apkirkin@yandex.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 14.04.2013

УДК 656.084

МЕТОДИКА ЗМЕНШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДОВІДКОВИХ ТА РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ В ЗАДАЧАХ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Кашканов А.А.

METHODS OF VAGUENESS DIMINISHING OF CERTIFICATE AND CALCULATION PARAMETERS IN THE TASKS OF MOTOR-VEHICLE EXAMINATION OF TRAFFIC ACCIDENTS

Kashkanov A.

Розглянуто питання невизначеності довідкових та розрахункових параметрів при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод та її вплив на інтерпретацію аналітичних результатів досліджень і розрахунків. Запропоновано методику зменшення невизначеності, яка виникає під час розв'язування типових задач автотехнічної експертизи, що базується на використанні системи узагальнюючих функцій, побудованих на основі аксіом теорії ймовірностей, нечіткої логіки та обробки числових даних.

Ключові слова: система водій – автомобіль – дорога, невизначеність даних, експертиза дорожньо-транспортних пригод.

Постановка проблеми. За даними Центру безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем Департаменту ДАІ МВС України, на дорогах країни в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) гине 5 тис. людей та 38 тис. людей отримує травми різного ступеня важкості [1].

Основними причинами виникнення ДТП на автомобільних дорогах України є недотримання водіями і пішоходами Правил дорожнього руху (ПДР) – перевищення швидкості, порушення правил обгону, маневрування, керування транспортними засобами в нетверезому стані, перехід пішоходом проїзної частини у невідновленому місці; помилки водія в керуванні автотранспортними засобами (АТЗ) – недотримання безпечної дистанції та ігнорування вимог технічних засобів організації дорожнього руху (дорожніх знаків, розмітки тощо); зниження працездатності водія; порушення правил експлуатації АТЗ та їхній незадовільний технічний стан; поганий стан та утримання дорожнього покриття; незадовільна організація дорожнього руху.

За скоєння ДТП передбачена адміністративна чи кримінальна відповідальність згідно з чинним законодавством України. При цьому вирішальне зна-

чення у встановленні об'єктивної та суб'єктивної сторін пригоди, визначенні винності чи невинності водія АТЗ можуть мати висновки експерта-автотехніка.

ДТП можна охарактеризувати як “розлагодження” взаємодії системи водій – автомобіль – дорога. Як правило, пригоди розвиваються за декілька секунд, а інколи за доли секунди. Більшість ДТП викликається не однією, а декількома причинами [2]. Це в значній мірі ускладнює їх аналіз, який повинен виявити умови, що сприяли пригоді, та визначити дії її учасників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна судова автотехнічна експертиза (САТЕ) є експертним дослідженням, що проводиться з метою встановлення механізму і обставин ДТП з врахуванням показників технічного стану АТЗ, якості та параметрів дороги, психофізіологічних характеристик її учасників та інших факторів [3].

Проведення САТЕ, як правило, пов'язано з розрахунками, для яких експерт в якості вихідних даних використовує результати тих чи інших вимірів, наданих йому слідчим або судом, а також типові довідкові дані – параметри і коефіцієнти, числові значення яких вибираються експертом самостійно зі спеціальної науково-технічної і довідкової літератури у відповідності з характером та умовами скоєння ДТП [4]. В перелік таких характеристик і параметрів входять параметри, які характеризують ефективність гальмування АТЗ (час запізнення спрацювання гальмової системи, час наростання сповільнення, усталене сповільнення), час реакції водія; показники якості і стану дорожнього покриття, коефіцієнт зчеплення шин з дорогою, відомості про швидкість руху пішоходів, ухили та радіуси повороту дороги та ін.

Для проведення САТЕ експерту достатньо розрахувати ті чи інші параметри за відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля формулами. Проте отримати надійні і достовірні результати розрахунків можливо лише за умови підстановки у формули достовірних чисельних значень відповідних вихідних розрахункових даних – результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Це має принципове значення, оскільки лише за умови достовірності вихідних даних можна говорити про обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів [2-5].

Мета. Метою роботи є розробка методики зменшення невизначеності довідкових та розрахункових параметрів в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

Результати досліджень. При вирішенні задач автотехнічної експертизи ДТП прийняття рішень відбувається в умовах неповноти інформації, тобто в умовах невизначеності.

В процесі прийняття рішень виникають різні види невизначеності в залежності від причин її появи. Зокрема, розрізняють невизначеність [6]:

- кількісну, зумовлену значним числом об'єктів чи елементів в ситуації;
- інформаційну, обумовлену недостатністю інформації чи її неточністю через технічні, соціальні та інші причини;
- вартісну через надто дорогу чи недоступну плату за визначеність;
- професійну як наслідок недостатнього професіоналізму особи, що приймає рішення;
- обмежувальну (спричинену обмеженнями в ситуації прийняття рішень, наприклад, обмеження в часі та ін.);
- зовнішнього середовища, пов'язану з його поведінкою чи реакцією на процес прийняття рішення.

Крім того, невизначеність може мати стохастичну або нечітку природу. При прийнятті рішень стохастична невизначеність виникає при використанні даних, про які відомі не точні значення, а їхні статистичні оцінки. Нечітка невизначеність властива практично будь-якій ситуації експертного оцінювання і може бути об'єктивною, властивою всім реальним величинам [6] чи суб'єктивною, властивою людській природі в цілому, і особливо можливостям людини оцінювати інформацію. Причинами виникнення суб'єктивної невизначеності є [7]:

- неповнота знань експерта про властивості об'єктів;
- його недостатній ступінь впевненості в правильності свої оцінок;
- суперечливість експертних знань;
- нечіткість представлення інформації;
- семантична невизначеність, пов'язана з неоднозначністю природної мови, недовизначеністю понять і термінів;
- особливості агрегування індивідуальних експертних оцінок тощо.

Отже, умови невизначеності при прийнятті рішень характеризуються відсутністю достатньої кількості інформації для доцільної організації дій. Якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленим вивченням наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

Ступінь неповноти інформації про ситуацію прийняття рішень може характеризуватись різними показниками. Уявляється доцільним використання ентропійного показника невизначеності, який є достатньо загальним як для статистичних, так і для експертних оцінок [7]. Максимальне значення невизначеності характеризується апіорною ентропією H_{anp} , яка відповідає інтервальним оцінкам усіх умов прийняття рішення:

$$H_{anp} = \sum_i \int_{y_{i\min}}^{y_{i\max}} \frac{1}{y_{i\max} - y_{i\min}} \log \frac{1}{y_{i\max} - y_{i\min}} dy_i. \quad (1)$$

Для здійснення розрахунків з використанням нечітких та стохастичних даних можна використати систему узагальнюючих функцій [6, 7], оскільки аналізуючи спільні та відмінні риси стохастичної та нечіткої невизначеності, а також результати, отримані в процесі розробки методу узагальнюючих функцій невизначеності, можна дійти до висновку, що відповідні методи прийняття рішень мають переважно спільні риси, які дозволяють об'єднання в одному підході. Висновок зумовлений такими міркуваннями:

- нечіткі твердження експерта ґрунтуються на його досвіді, який є неформальним (інтуїтивним) усередненням попередніх подій і обставин, які зустрічались експерту;
- методи налаштування (навчання) нечітких систем підтримки прийняття рішень в основному аналогічні методам накопичення статистичних даних, а отже, їхні результати з часом наближаються;
- операції згортки ймовірностей стохастичних даних, як і максимінні композиції функцій належності, є узагальненням операцій над чіткими детермінованими даними, отже, вони мають спільну границю при наближенні невизначеності до нуля.

Узагальнююча функція – це додатно визначена функція на проміжку можливих значень аргумента, яка характеризує можливість π або ймовірність p прийняття аргументом значення з певного інтервалу $[x_1, x_2]$, $x_1 \in B$, $x_2 \in B$, за правилами:

$$p = \frac{\int_{x_1}^{x_2} d[\beta(x)]}{\int_B d[\beta(x)]}; \quad \pi = \frac{\int_{x_1}^{x_2} d[\beta(x)]}{\max_B \int_{[x_{i-1}, x_i]} d[\beta(x)]}, \quad (2)$$

де $x_{i-1}, x_i \in B, i = 1 \dots n, n$ – кількість інтервалів розбиття B .

Узагальнююча функція $\beta(x)$ визначається таким чином.

Для чіткого x , значення якого визначається статистично похибкою Δx , збігається за властивостями із щільністю (диференціальним законом) розподілу ймовірностей.

$$\beta(x) = f_x(x). \quad (3)$$

Для чіткого x , значення якого визначається точно

$$\beta(x) = \delta(x), \quad (4)$$

де $\delta(x)$ – дельта функція Дірака.

Для нечіткого x , значення якого задається функцією належності

$$\beta(x) = \mu_i(x), \quad (5)$$

де $\mu_i(x)$ – нормована функція належності

$$\mu_i(x) = \frac{\mu(x)}{\int_x \mu(x) dx}, \quad (6)$$

з операцією диз'юнкції

$$\begin{aligned} \mu[(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) \cup (x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\})] = \\ = \mu(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) + \mu(x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\}) \end{aligned}$$

і операцією кон'юнкції

$$\begin{aligned} \mu[(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) \cap (x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\})] = \\ = \mu(x_1 \in \{x_1, \bar{x}_1\}) * \mu(x_2 \in \{x_2, \bar{x}_2\}), \mu^R, \end{aligned}$$

де μ^R – характеристика взаємозв'язку нечітких змінних x_1 та x_2 .

Аксиоматична основа системи узагальнюючих функцій базується на множенні аксіом теорії ймовірностей, нечіткої логіки та обробки числових даних:

- аксіоми очікуваної корисності Неймана-Моргенштерна [6];
- аксіоми системи узагальнення стохастичної та нечіткої невизначеності [6, 7];
- аксіоми функціонального аналізу [7].

В якості критерію оптимальності приймається узагальнена ентропія, яка є мірою невизначеності втрат від прийнятого рішення.

$$H_d(d) = \int_G \beta(g/d) \log \beta(g/d) dg, \quad (7)$$

де G – система узагальнюючих функцій переваг (втрат) при прийнятті рішення;

d – рішення;

g – функція невизначених параметрів задачі.

Для ілюстрації ефективності запропонованого підходу розглянемо приклад оцінювання шляху, необхідного для зупинки автомобіля, що виконується в рамках розслідування обставин конкретного ДТП.

Обставини ДТП такі. Автомобілем ГАЗ-3110 збито пішохода, який перетинав проїзну частину дороги зліва направо відносно руху автомобіля.

Потрібно визначити, чи мав технічну можливість водій шляхом гальмування уникнути наїзду за таких умов (інформація з протоколу ДТП):

- тип дорожнього покриття – асфальтобетон;
- стан дорожнього покриття – покритий бруdom;
- тип шин – низького тиску;
- ступінь проковзання шини – кочення з проковзанням;
- зношеність шин – в межах допустимого;
- тиск в шинах – нормальний (0,2 МПа);
- навантаження на колесо – низьке (10%);
- швидкість автомобіля – 55 км/год.

Ділянка дороги горизонтального профілю. Після наїзду до повної зупинки автомобіль ГАЗ-3110 в стані гальмування подолав 9,2 м. З моменту виникнення перешкоди для руху і до моменту наїзду пішохід подолав 5 м зі швидкістю 4,5 км/год. Пішохода збито передньою частиною автомобіля.

Розв'язання. Питання про технічну можливість уникнути наїзду можна вирішити, порівнюючи величину шляху, необхідного для зупинки транспортного засобу (S_0), і відстань, на якій знаходився цей транспортний засіб від місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху (S_a). На основі порівняння (рис. 1) приходимо до висновку:

- а) водій не має технічної можливості шляхом гальмування уникнути наїзду за умови, що шлях, необхідний для зупинки, дорівнює або більший ніж відстань, від транспортного засобу до місця наїзду;
- б) водій має технічну можливість уникнути наїзду за умови, що шлях, необхідний для зупинки, менший ніж відстань від транспортного засобу до місця наїзду.

Очевидно, що в даному контексті невизначеність довідкових та розрахункових параметрів впливає на інтерпретацію аналітичних результатів.

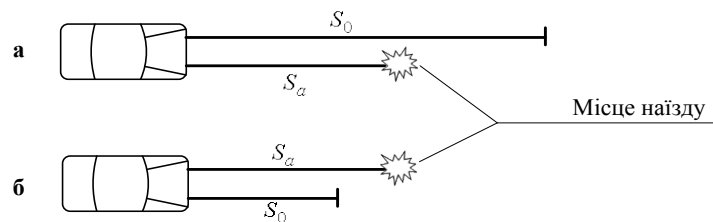


Рис. 1. Порівняння величин шляху, необхідного для зупинки, і відстані від транспортного засобу до місця наїзду:

- а – при $S_0 > S_a$, водій не має технічної можливості уникнути наїзду;
- б – при $S_0 < S_a$, водій має технічну можливість уникнути наїзду

Якщо виходити з припущення, що величину меж відстані від транспортного засобу до місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху було встановлено без врахування невизначеності, при співставленні з верхню межею можливі чотири ситуації (рис. 2):

1. Результат перевищує граничне значення на величину, більшу за розширену невизначеність.
2. Результат перевищує граничне значення на величину, меншу за розширену невизначеність.
3. Результат нижче граничного значення на величину, меншу за розширену невизначеність.
4. Результат нижче граничного значення на величину, більшу за розширену невизначеність.

Випадок 1 звичайно інтерпретується як демонстрація повної впевненості в тому, що водій не мав технічної можливості уникнути наїзду. Навпаки, випадок 4 звичайно інтерпретується як демонстрація повної впевненості в тому, що водій мав технічну можливість уникнути наїзду. Випадки 2 і 3 звичайно потребують окремого поглибленого розгляду. Аналогічні міркування застосовні при роботі з нижньою межею заданого параметра.

Визначимо шлях, необхідний для зупинки автомобіля ГАЗ-3110 в цих дорожніх умовах [2-5]:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26g\varphi}, \quad (8)$$

де t_1 – ситуаційний час реакції водія – 1,0 с;

t_2 – час запізнення спрацювання гальмового приводу – 0,2 с;

t_3 – час наростання сповільнення – 0,2 с;

V_a – швидкість автомобіля – 55 км/год;

g – прискорення вільного падіння – 9,8 м/с².

Визначимо відстань від автомобіля до місця наїзду в момент виникнення небезпеки для руху [2-5]:

$$S_a = \frac{V_a}{V_n} \cdot S_n - \left(\sqrt{\frac{V_a^2}{26 \cdot g \cdot \varphi}} - \sqrt{S_T''} \right)^2, \quad (9)$$

де V_n – швидкість пішохода – 4,5 км/год;

S_n – відстань, яку подолав пішохід з моменту виникнення перешкоди для руху до моменту наїзду – 5 м;

S_T'' – відстань, яку подолав автомобіль під час гальмування після наїзду, до зупинки – 9,2 м.

У формулах для S_0 та S_a є змінна φ – коефіцієнт зчеплення:

а) за діючою методикою (з врахуванням стохастичної невизначеності) [2-5]: $\varphi = 0,25-0,4$;

б) за запропонованим підходом (з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності) [8]: $\varphi = 0,32$.

Області невизначеності величини коефіцієнта зчеплення для даного випадку показано на рис. 3.

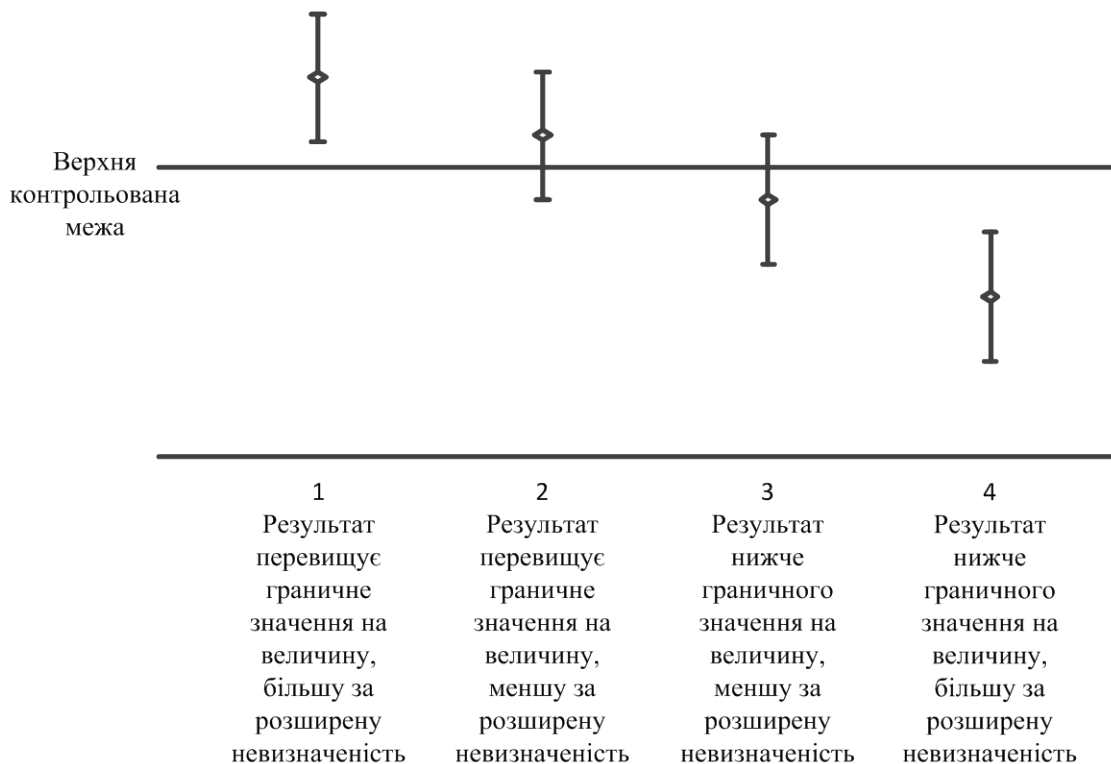


Рис. 2. Невизначеність та відповідність заданим межам

Таблиця 1

Результати розрахунків для прийняття рішення

Методика	Коефіцієнт зчеплення	Зупиночний шлях автомобіля, м	Відстань до перешкоди в момент виникнення небезпеки, м	Рішення про можливість уникнення наїзду
Діюча	0,25	67,3	46,2	не можливо
	0,4	49,5	55,3	можливо
Запропонована	0,32	56,9	51,8	не можливо

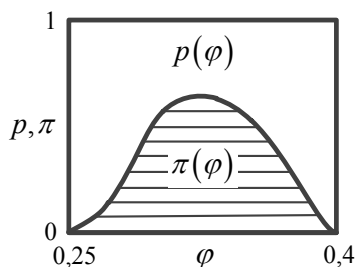


Рис. 3. Области невизначеності величини коефіцієнта зчеплення з врахуванням стохастичної та нечіткої невизначеності

Перетворення нечіткого розв’язку $\pi(\varphi)$ у чітку форму відбувається за одним з методів дефазифікації, найбільш поширеним з яких є метод центру притягання [6, 7]:

$$\varphi = \frac{\int \mu(\varphi) \cdot \varphi d\varphi}{\int \mu(\varphi) d\varphi}, \quad (10)$$

де $\mu(\varphi)$ – функція належності вихідної величини φ .

Результати розрахунків зведено в табл. 1. Останній стовпчик цієї таблиці показує, наскільки важливе точне знання коефіцієнта зчеплення для прийняття рішення.

Висновки. Обґрунтованість, об’єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів можливо забезпечити лише за умови достовірності вихідних даних. Відома методика в багатьох випадках дозволяє оцінити лише діапазон можливих значень вихідних змінних на основі врахування стохастичної невизначеності, що ускладнює об’єктивність прийняття рішення при аналізі причин ДТП. Запропонований вище підхід, на відміну від відомої методики, дозволяє врахувати як стохастичну, так і нечітку невизначеність і звузити діапазон можливих оцінок, що підвищує об’єктивність прийняття рішень та дозволяє рекомендувати його як альтернативу існуючій методиці для застосування в практиці автодорожньої експертизи.

Література

1. Аварійність на автошляхах України – Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем: офіційний web-сайт Департаменту ДАІ МВС України [елект-

ронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>.

2. Туренко А.Н. Автотехническая экспертиза: Учебное пособие / А. Н. Туренко, В. И. Клименко, А. В. Сараев. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – 156 с.

3. Сумець О.М. Основи експертизи дорожньо-транспортних пригод: автотехнічна експертиза: Навчальний посібник / О.М. Сумець, В.Ф. Голодий. – К.: Хай-Тек Прес, 2008. – 160 с.

4. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: Учеб. пособие / Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен, 2003. – 208 с.

5. Тартаковский Д.Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д.Ф. Тартаковский. – СПб.: Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.

6. Дубовой В.М. Модели прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами: монографія / В.М. Дубовой, О.О. Ковалюк. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2008. – 185 с.

7. Дубовой В.М. Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів і систем керування: навчальний посібник / В.М. Дубовой. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308 с.

8. Кашканов В.А. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: монографія / В. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, А.А. Кашканов, В.П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 129 с.

References

1. Avariynist na avtoshlyahah Ukrainy – Center bezpeky dorognogo ruhu ta avtomatyzovanyh system: ofitsiyny web-sayt Departamentu DAI MVS Ukrainy [elektronniy resurs]. – Regim dostupu: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2012.pdf>.

2. Turenko A.N. Avtotekhnicheskaya ekspertiza: Uchebnoe posobie / A. N. Turenko, V. I. Klimenko, A. V. Saraev. – Harkov: HNADU, 2007. – 156 p.

3. Sumec O.M. Osnovy ekspertizy dorojno-transportnih prygod: avtotekhnichna ekspertiza: Navchalny posibnyk / O.M. Sumec, V.F. Golodny. – K.: Hay-Tek Pres, 2008. – 160 p.

4. Suvorov U.B. Sudebnaya dorojno-transportnaya ekspertiza. Sudebno-ekspertnaya ocenka deystviy voditeley i drugih lic, otvetstvennyh za obespechenie bezopasnosti dorojnogo dvijenja, na uchastkah DTP: Ucheb. posobie / U.B. Suvorov. – M.: Ekzamen, 2003. – 208 p.

5. Tartakovsky D.F. Problemy neopredelennosti dannyh pri ekspertize dorozhno-transportnyh proishestviy / D.F. Tartakovsky. – SPb. : Uridichesky centr Press, 2006. – 268 p.
6. Dubovoy V.M. Modeli prynyattya rishen v upravlinni rozpodileny dynamichnyy systemamy: monografiya / V.M. Dubovoy, O.O. Kovalyuk. – Vinnytsya: Universum-Vinnytsya, 2008. – 185 p.
7. Dubovoy V.M. Identyfikacia ta modelyuvannya tehnologichnyh obektiv i system keruvannya: Navchalny posibnyk / V.M. Dubovoy. – Vinnytsya: VNTU, 2012. – 308 p.
8. Kashkanov V.A. Intelktualna tehnologiya identyfikacii koeficienta zcheplyennya pry avtotehnichnyy ekspertyzi DTP: monografiya / V.A. Kashkanov, V.M. Rebedaylo, A.A. Kashkanov, V.P. Kujel. – Vinnytsya: VNTU, 2011. – 129 p.

Кашканов А.А. Методика уменьшения неопределенности справочных и расчетных параметров в задачах автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий

Рассмотрены вопросы неопределенности справочных и расчетных параметров при проведении экспертиз дорожно-транспортных происшествий и ее влияние на интерпретацию аналитических результатов исследований и расчетов. Предложена методика уменьшения неопределенности, которая возникает во время решения типичных задач автотехнической экспертизы, базирующейся на использовании системы обобщающих функций,

построенных на основе аксиом теории вероятностей, нечеткой логики и обработки числовых данных.

Ключевые слова: *система водитель – автомобиль – дорога, неопределенность данных, экспертиза дорожно-транспортных происшествий.*

Kashkanov A. Methods of vagueness diminishing of certificate and calculation parameters in the tasks of motor-vehicle examination of traffic accidents

Considered questions of vagueness of certificate and calculation parameters during realization of examinations of traffic accidents, and her influence on interpretation of analytical results of researches and calculations. The methods of diminishing of vagueness, which arises up during untiing of typical tasks of motor-vehicle examination, which is based on the use of the system of summarizing functions, built on the basis of axioms of theory of chances, fuzzy logic and processing of numeric data, are offered.

Keywords: *system a driver – car – road, vagueness of data, examination of road traffic accidents.*

Кашканов А.А. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, e-mail: kashkanov_a@ukr.net; a.kashkanov@gmail.com.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 14.04.2013

УДК 656.07:330.4

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**Халіпова Н.В.****MODELING OF INTERNATIONAL TRANSPORT LOGISTIC SYSTEMS****Khalipova N.**

Системне вирішення завдання раціонального та оптимального використання ресурсів для логістичної системи можливе завдяки сформульованим критеріям еволюції логістичної системи. Модель макрологістичної системи, описаної на множині задач, доповнена комплексом задач міжнародної торгівлі, митної й іншої сфер міжнародної діяльності, що в процесі аналізу матеріальних потоків дозволить досягти поставлених цілей в керуванні матеріальними потоками. Ефективність пропонованих підходів показує приклад розв'язування задачі з визначення впливу митного режиму та умов поставки Incoterms на ефективність логістичних систем міжнародних перевезень.

Ключові слова: міжнародні перевезення, модель макрологістичної системи, множина задач, оптимальне використання ресурсів.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку логістики характеризується появою фундаментальних змін в організації та управлінні ринковими процесами у всій світовій економіці; можливістю здійснювати моніторинг усіх фаз переміщення продукту завдяки сучасним комунікаційним технологіям; розвитком галузей, які надають послуги у сфері логістики; визнання більшістю учасників логістичних процесів концептуальних положень логістики, її інтеграційної ролі; набуттям цілісного характеру сукупності матеріалопровідних суб'єктів [1].

Тенденції розвитку світового господарства визначаються процесом посилення взаємозв'язку національних економік країн світу, що знаходить своє вираження в утворенні світового ринку товарів і послуг, фінансів; становленні глобального інформаційного простору, виході бізнесу за національні кордони через формування транснаціональних корпорацій та розвитку глобальних макрологістичних систем.

Загальноновизнаного формулювання поняття логістичної системи не існує. М.А. Окландер визначає такі принципи формуванні логістичної системи, як погодженість дій, націленість на інтегральну ефективність, функціональність взаємодії, досягнення синергічного ефекту.

В.Є. Ніколайчук відзначає, що при дослідженні логістичної системи необхідно, насамперед, брати до уваги такі принципи, як синергічність, динамічність, комплексність, гнучкість, ініціативність та доцільність, які визначають характер і природу всього механізму взаємодії в цілому і її окремих елементах.

Глобалізація є однією з основних тенденцій розвитку макрологістичних систем у світі.

Основні ознаки процесу глобалізації проявляються у взаємозалежності національних економік та їхньому взаємопроникненні. Відбувається формування міжнародних макрологістичних систем; зростає єдність та взаємозалежність фінансово-економічних систем країн світу. Масштаби товарообігу збільшуються, при цьому спостерігається інтенсифікація процесів руху товарів, капіталів, трудових ресурсів; в створенні інституцій міждержавного та міжнародного регулювання глобальних проблем, а також в стандартизації міжнародних економічних процесів. Глобальна логістика підкоряється тим законам, що і внутрішньо-національна. Особливості глобальної логістики продиктовані світовим ринком та проявляються в більш тривалому функціональному циклі, в ускладненні логістичних операцій на світовому ринку, підвищенні вимог до інформаційних систем, в створенні глобальних виробничих, логістичних і маркетингових союзів [2].

На розвиток макрологістики суттєво впливають регіональні особливості розвитку економіки. Регіоналізація виявляється як на рівні однієї країни, так і в міжнародному масштабі. Формування численних інтеграційних зв'язків як між регіонами країни, так із закордонними країнами обумовлює необхідність у логістичному управлінні численними міжрегіональними матеріальними і супутніми їм фінансовими й інформаційними потоками.

На процес формування регіональних логістичних систем впливають різні за характером фактори, такі як мета й завдання синтезу логістичної системи у регіоні, вид матеріальних потоків, характеристики

транспортно-дорожнього комплексу регіону, наявності логістичних посередників, стану інфраструктури й виробничо-технічної бази регіональних дистрибутивних мереж [2].

Різноманітність та складність процесів відображається при побудові моделі макрологістичної системи зовнішньо-економічної діяльності. Аналіз логістичної системи потребує системного підходу, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем, що складаються із закономірно структурованих і функціонально організованих елементів [3].

Розглянемо взаємозв'язок логістичних функцій в межах міжнародних логістичних систем. У межах логістичної системи поділ логістики на функціональні галузі передбачає, що ці галузі є частинами єдиного цілого й відображають взаємозалежні ланки єдиного логістичного ланцюга. В роботі [3] виділені базові логістичні функції – постачання, складування, транспортування, інформації, збуту, кадрів, підтримки виробництва й сервісу, які перебувають у взаємозв'язку та взаємній підпорядкованості.

На основі вищезазначеного мінімальна формалізація функціональних галузей логістики наведена в [4].

Міжнародна логістика звичайно розглядається як окрема галузь логістики або як етап розвитку логістики і, в першу чергу, підприємницької логістики. Окремі автори митну логістику пояснюють як прикладний напрям логістики, що з'єднує дві взаємозалежні сфери – логістичну й митну діяльність. Митна логістика при цьому тлумачиться як окремий вид міжнародної логістики [5].

В [6] митна логістика розглядається як функціональна галузь логістики, що займається плануванням, контролем і керуванням транспортуванням, складуванням та іншими матеріальними та нематеріальними операціями, що здійснюються над сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, готовою продукцією в процесі перетину митного кордону, а також передачею, зберіганням та обробкою відповідної інформації. В [6] розглядаються задачі митної логістики, зокрема, задача вибору митного режиму, запропоновано алгоритм розв'язання із використанням основних засад логістики для забезпечення максимальної ефективності прийнятих рішень.

Митниця як одна з державних інституцій, що виконують контролюючі функції й надають послуги, контролює й впливає як на потоки товарів (вантажів), так і на потоки транспортних засобів і людей. Контроль здійснюється й при перетинанні митного кордону та усередині самої митної території. Призначення логістики міжнародної діяльності – дослідження закономірностей руху міжнародних матеріальних потоків і створення методів, способів, інструментів і інших засобів для керування даними потоками. На думку автора, для більш повного й всебічного розкриття місця й призначення митної служби й інших державних інституцій у процесі керування матеріальними потоками, задачі митної логістики необхідно комплексно розглядати з іншими

сферами міжнародної діяльності в процесі аналізу матеріальних потоків шляхом застосування логістичних підходів. Це дозволить досягти поставлених цілей для керування даними потоками [7].

Задачі, які потребують розв'язання на кожному з етапів просування матеріальних потоків, належать до різних функціональних галузей та потребують комплексного розгляду на основі багатьох критеріїв задля раціонального та оптимального використання ресурсів в усій логістичній системі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Дослідження проблем логістики знайшли відображення в роботах вітчизняних учених Є.В. Крикавського, М.А. Окландера, О.М. Сумець, О.В. Крещенка, Л.В. Фролова, А.Г. Кальченко, В.Я. Омельченко, Т.В. Павленко, В.Л. Пілюшенко, Ю.В. Пономарьової, О.М. Тридід та інших. Серед закордонних авторів слід відмітити вклад В.С. Лукінського, О.П. Дюніна, Б.Л. Анікіна, Л.Б. Міротина, Ю.М. Неруш, О.В. Гаджинського, А.І. Семененко, Д.Дж. Бауэрсокса, А. Харрисона, Б. Геттинга, Е. Мате, Д.Дж. Клосса, С. Лофберга, М.Р. Ліндерса, Х.Е. Фірон і ряду інших. Розглянуті в роботах [1-7] підходи показують еволюційний стан логістики, яка як наука перебуває у стані розвитку.

Викладення основного матеріалу.

З врахуванням вищенаведеного задачу аналізу міжнародної логістичної системи можна сформулювати як задачу векторної оптимізації [8]. Вибір оптимального варіанта здійснюється на основі мінімізації часу реалізації логістичного процесу на всьому ланцюзі, мінімізації загальних витрат та в максимальному подовженні життєвого циклу логістичних послуг.

З врахуванням вищенаведеного задачу формалізації завдання еволюції міжнародної логістичної системи можна сформулювати у вигляді «матриць» еволюції логістичної системи:

$$\begin{pmatrix} T_3 & T_B & T_P & T_T & T_C & T_I & T_M \\ T_{з3} & T_{зB} & T_{зP} & T_{зT} & T_{зC} & T_{зI} & T_{зM} \end{pmatrix} \Rightarrow \text{МІНІМАЛЬНИЙ ЧАС}$$

$$(B_3 \ B_B \ B_P \ B_T \ B_C \ B_I \ B_M) \Rightarrow \text{МІНІМАЛЬНІ ВИТРАТИ}$$

$$\begin{pmatrix} T_{жцЗП} & T_{жцВП} & T_{жцРП} & T_{жцТП} \\ T_{жцСП} & T_{жцШ} & T_{жцМП} \end{pmatrix} \Rightarrow \text{МАКСИМАЛЬНИЙ ЖЦП}$$

або:

$$T_3 + T_B + T_P + T_T + T_C + T_I + T_M \Rightarrow T_{\min} \quad (1)$$

$$T_{з3} + T_{зB} + T_{зP} + T_{зT} + T_{зC} + T_{зI} + T_{зM} \Rightarrow T_{\min зб} \quad (2)$$

$$B_3 + B_B + B_P + B_T + B_C + B_I + B_M \Rightarrow B_{\min} \quad (3)$$

$$T_{жцЗП} + T_{жцВП} + T_{жцРП} + T_{жцТП} + T_{жцСП} + T_{жцШ} + T_{жцМП} \Rightarrow T_{\max жц} \quad (4)$$

де вираз (1) являє умову мінімізації часу на закупівлю сировини або комплектуючих у закупівельній логістиці, на безперервне завантаження виробництва сировиною або комплектуючими у виробничій логістиці, на розподіл товару у розподільній (маркетинговій) логістиці, на транспортування у транспортній логістиці, на транспортування в межах складу у складській логістиці, на надання інформації в інформаційній логістиці, на здійснення митних процедур в митній логістиці $(T_3, T_B, T_P, T_T, T_C, T_I, T_M)$;

вираз (2) є умовою мінімізації часу на зберігання на складі відповідно у закупівельній, виробничій, розподільній (маркетинговій) логістиці, на зберігання на транзитному складі (у випадку перевезення транзитом) у транспортній логістиці та на зберігання вантажів на складі у складській логістиці, на зберігання на складі митниці в митній логістиці відповідно ($T_{збЗ}, T_{збВ}, T_{збР}, T_{збТ}, T_{збС}, T_{збМ}$);

вираз (3) є умовою мінімізації логістичних витрат в закупівельній, виробничій та розподільній логістиці, мінімізації витрат транспортної, складської, інформаційної логістики мінімізації витрат при здійсненні митних процедур ($B_3, B_B, B_P, B_T, B_C, B_I, B_M$);

вираз (4) є прагненням до продовження життєвого циклу відповідно закупівельної, виробничої, розподільної, транспортної, складської, інформаційної та митної логістичних послуг ($T_{жцЗП}, T_{жцВП}, T_{жцРП}, T_{жцТП}, T_{жцСП}, T_{жцІП}, T_{жцМП}$).

Розв'язання задач в макрологістичній системі використовує моделювання на множині задач для врахування зв'язку мікрологістичної системи із зовнішнім середовищем. Вирішення даної проблеми започатковано в ряді робіт [9, 10].

Задачі розв'язуються у системній єдності, охоплюючи всі ланцюги логістичної системи. При цьому мікрологістичні задачі включають внутрішні задачі окремих ланцюгів логістичної системи (задачі: планування, прогнозування, кадрове забезпечення усіх ланцюгів, матеріальне забезпечення і т. ін.) Ці задачі по логістичному ланцюгу взаємопов'язані і дозволяють вирішувати та досягати високих кінцевих результатів.

В умовах глобалізації світогосподарських процесів гострою є потреба в врахуванні елементів та завдань митної логістики. Модель логістичної системи можна представити на множині задач $\Omega_{ЛС}$, які описують функції елементів систем $\{\Omega_i\}$ на різних етапах переміщення матеріальних, фінансових та інформаційних потоків.

Ефективність кожної з моделей залежить від постановки та розв'язання задач, які кількісно та якісно характеризують кожний з етапів. Загальна модель логістичної системи має такий вигляд:

$$\Omega_{ЛС} = [\Omega_3, \Omega_B, \Omega_C, \Omega_T, \Omega_P, \Omega_I, \Omega_M, \Omega_{УЛП}, \Omega_{ЦВ}],$$

де $\Omega_{ЛС}$ – множина задач логістичної системи;

Ω_3 – множина задач забезпечення матеріальними ресурсами;

Ω_B – множина задач виробництва матеріальних ресурсів;

Ω_C – множина задач складування матеріальних ресурсів;

Ω_T – множина задач перевезення матеріальних ресурсів;

Ω_P – множина задач розподілу матеріальних ресурсів;

Ω_I – множина задач управління інформаційними потоками;

Ω_M – множина задач управління потоками при перетині державного кордону;

$\Omega_{УЛП}$ – множина задач управління логістичними послугами;

$\Omega_{ЦВ}$ – множина задач цільового використання матеріальних ресурсів.

На основі аналізу літературних джерел сформовані основні задачі, що входять до кожної з множин. Склад кожної множини може доповнюватися або ж узагальнюватися чи деталізуватися в різних випадках [9, 11] та ін.

Проаналізуємо логістичні операції, що утворюють множину задач кожної із складових моделі логістичної системи, вирішення яких потребує застосування методологічного апарату логістики.

Множина задач управління логістикою $\Omega_{УЛП} = [\omega_{УЛП1}, \omega_{УЛП2}, \omega_{УЛП3}]$ складається із задач планування, організації та управління логістичною діяльністю; функціональним призначенням є логістичне адміністрування.

Множина задач документального опрацювання замовлення $\Omega_{ЗД} = [\omega_{ЗД1}, \omega_{ЗД2}, \omega_{ЗД3}, \omega_{ЗД4}, \omega_{ЗД5}, \omega_{ЗД6}, \omega_{ЗД7}]$ складається з задач підготовки замовлення споживача; отримання, попереднього опрацювання інформації про замовлення та оформлення замовлення; перевірка замовлення на наявність товару; перевірка надходження оплати; коректування замовлення; планування термінів виконання замовлення; формування комплекту документації на відвантаження продукції. Логістична функція – надходження, опрацювання та оформлення замовлення.

Множина задач закупівельної логістики функціонально може бути розбита на дві підмножини – закупівля сировини, матеріалів і комплектації ($\Omega_{ЗС}$) та закупівля продукції ($\Omega_{ЗП}$).

Множина $\Omega_{ЗС} = [\omega_{ЗС1}, \omega_{ЗС2}, \omega_{ЗС3}, \omega_{ЗС4}, \omega_{ЗС5}, \omega_{ЗС6}, \omega_{ЗС7}, \omega_{ЗС8}]$ складається з таких задач: розрахунок точки замовлення та оптимального розміру партії замовлення; надання інформації про вимоги до продукції; визначення коштів на закупівлю продукції; пошук і вибір постачальників; проведення переговорів з постачальниками на поставку продукції; розміщення замовлень; узгодження умов договору поставки; підготовка складських приміщень до прийомки продукції.

Множина $\Omega_{ЗП} = [\omega_{ЗП1}, \omega_{ЗП2}, \omega_{ЗП3}, \omega_{ЗП4}, \omega_{ЗП5}, \omega_{ЗП6}, \omega_{ЗП7}, \omega_{ЗП8}, \omega_{ЗП9}, \omega_{ЗП10}, \omega_{ЗП11}, \omega_{ЗП12}]$ складається з таких задач: управління закупками; управління запасами; управління замовленнями; організація доставки; організація зберігання; диспетчеризація матеріального потоку і транспорту; розрахунок графіка (розкладу) поставок; транспортно-експедиційні операції в пункті відвантаження матеріальних ресурсів; підготовка продукції до відвантаження; контроль якості продукції, яка відвантажується; митне оформлення продукції; узгодження й виконання розрахунків з постачальниками.

Множина задач виробничої логістики $\Omega_B = [\omega_{B1}, \omega_{B2}, \omega_{B3}, \omega_{B4}, \omega_{B5}, \omega_{B6}, \omega_{B7}]$ з функцією планування виробництва включає задачі: управління технологічними процесами, управління виробничими запасами, організація внутрішньовиробничого зберігання,

організація внутрішньовиробничого транспортування, підтримка стандартів якості, розробка виробничого плану, визначення потреби в продукції.

Множина задач складської логістики $\Omega_C = [\omega_{C1}, \omega_{C2}, \omega_{C3}, \dots, \omega_{C20}, \omega_{C21}]$ містить ряд задач, функція яких – складування та зберігання продукції. Це обслуговування і забезпечення роботи складського устаткування; завантажувально-розвантажувальні роботи; прийомка продукції по кількості; прийомка продукції на складі і її розміщення на місця зберігання; зберігання продукції; нагляд за станом продукції, що зберігається; проведення профілактичних заходів з попередження її псування; контроль продукції; відвантаження продукції зі складу; відбір продукції; формування запасу продукції; комплектація й підготовка продукції до реалізації; перевірка відповідності відібраної продукції рахункам-фактурам; обгрунтування вибору тари і упакування; упакування продукції в інвентарну тару; зміна тари; наклейка пакувального аркуша; вантажне і транспортне маркування; пломбування інвентарної тари, оформлення відвантажувальних документів і оплата поставок; видача продукції; збір, зберігання і повернення тари постачальникам.

Множина задач розподільної логістики $\Omega_P = [\omega_{P1}, \omega_{P2}, \omega_{P3}, \dots, \omega_{P12}, \omega_{P13}]$ включає задачі організації транспортування в каналах розподілу; вибору виду транспорту, перевізника, укладання договору, визначення вимоги до транспортної тари; організації зберігання в каналах розподілу; управління технологією зберігання; планування каналів розподілу; підтримки стандартів якості продукції; підтримки ціноутворення; управління замовленнями; управління запасами; управління обслуговуванням споживачів; перевірки кількості і якості; видалення відходів і утилізація; оптимізація маршруту доставки вантажу. Основною функцією являється збут продукції.

Основні задачі із множини задач транспортної логістики $\Omega_T = [\omega_{T1}, \omega_{T2}, \omega_{T3}, \omega_{T4}, \omega_{T5}, \omega_{T6}, \omega_{T7}, \omega_{T8}]$ такі: розрахунок і узгодження цін на послуги; розрахунок потреби у транспорті, визначення параметрів; підготовка до доставки; навантаження; транспортування, розробка оптимальних схем руху, оплати перевезення і інших транспортних витрат; прибуття продукції на адресу одержувача-споживача; транспортно-експедиційні операції. Основною функцією є доставка замовлення.

Множина задач інформаційної логістики $\Omega_I = [\omega_{I1}, \omega_{I2}, \omega_{I3}, \omega_{I4}, \omega_{I5}, \omega_{I6}, \omega_{I7}]$ включає керування інформаційними потоками, взаємозалежними з товарними й фінансовими потоками; впровадження новітніх інформаційних технологій, інтегрованих інформаційних систем автоматизації в логістичні процеси; використання інформаційних технологій у закупівельній, виробничій, розподільній, транспортній і складській логістиці; формалізація функціональних (предметних) галузей, створення систем планування, обліку й керування, систем моніторингу (відстеження), що дозволяють інформувати клієнтів про поточний статус доставки, місцезнаходженні

товару в режимі реального часу; планування, контроль і керування транспортуванням; контроль і керування складуванням та іншими матеріальними та нематеріальними операціями; передача, зберігання та обробка відповідної інформації. Задачі виконують функцію підтримки взаємозв'язку між окремими ланками логістичного ланцюга.

Множина задач митної логістики $\Omega_M = [\omega_{M1}, \omega_{M2}, \omega_{M3}, \dots, \omega_{M9}, \omega_{M10}]$ – це задачі вибору умов поставки; вибору митного режиму; вибору гарантії доставки товарів, що перебувають під митним контролем; оптимізація митних процедур; митне очищення; розміщення та оптимізація функціонування вантажних митних комплексів, автопортів, автотерміналів, митних ліцензійних складів та складів тимчасового зберігання; аутсорсингові технології у митній справі; вибір посередника у митній справі; інформаційне забезпечення митної діяльності. Призначенням задач митної логістики є керування матеріальним потоком, який перетинає митний кордон та супутніх фінансового та інформаційного потоків.

Тоді модель логістичної системи представимо у виді

$$\Omega_{LC} = \Omega_{LC}[\Omega_i, i=1, n, \Omega_j = \Omega_j[\Omega_{ij}], j=1, m],$$

за умов (1-3).

Конкретний набір задач, що утворюють ту чи іншу підсистему логістичної системи, методи їх вирішення, критерії для логістичного управління та оптимізації процесів залежать від особливостей вирішуваних задач в конкретній галузі застосування моделі та від мети моделювання. Для отримання ефективних результатів важливо досконало вивчити сам процес переміщення матеріальних та супутніх фінансових та інформаційних потоків, ідентифікувати можливі проблемні сторони та ризики, і лише на основі ґрунтовного аналізу формалізувати дані процеси на рівні моделі. Це дозволить виділити найбільш проблемні сторони об'єкта дослідження та ефективно використовувати наявні ресурси – час, кошти, засоби, людські ресурси та сприяти подовженню життєвого циклу логістичних послуг.

Задачі митної логістики, зокрема, задача вибору митного режиму розглядаються в [6]. На основі запропонованого в роботі алгоритму проаналізуємо ефективність логістичної системи доставки імпортованих вантажів, враховуючи як критерії митний режим та умови поставки Incoterms на собівартість товарів. На умовному прикладі визначимо найбільш ефективну схему ввезення товару.

Приймаємо, що при поставчанні за покупку оптової партії товару знижка становить 20%; попит на товар рівномірний; термін реалізації оптової партії товару становить один рік.

Можливі варіанти митних режимів:

1. Імпорт із закупівлею частинами по мірі необхідності (прийmemo дванадцять партій із закупівлею щомісяця). При цьому знижка на товар відсутня і вартість доставки зростає у дванадцять разів. Митні платежі сплачуємо відразу для кожної партії і в повному обсязі.

2. Імпорт із закупівлею оптової партії. При закупівлі надається знижка на товар, митні платежі сплачуються у повному обсязі за всю партію. Товар розміщується на склад, де буде використовуватись щомісяця по 1/12.

3. Митний склад. Товар розміщується на митному ліцензійному складі. Митні платежі сплачуються по мірі реалізації товару (по 1/12 частині щомісяця).

Приймаємо вихідні дані: умови поставки DAP (кордон з Україною – прикордонна станція А), EXW та СРТ; собівартість одиниці товару становить 4000 грн; величина оптової партії 2500 шт.; вартість перевезення від кордону становитиме 2000 грн; ставка мита 10%; вартість зберігання 1 т вантажу на МЛС за день становить 6 грн/т; вартість зберігання на звичайному складі за день становить 4 грн/т; маса одиниці товару – 40 кг; вартість кредитних коштів приймаємо 24% річних. Для перевезення усієї партії вантажу за один раз необхідно 5 автомобілів вантажопід'ємністю 20 т. Кредит залучаємо на суму, що відповідає вартості зберігання.

Для зручності та наочності вирішення задачі показано на період в один рік. На практиці треба враховувати реальні можливості та законодавчі обмеження стосовно термінів зберігання товарів, вартості залучених інвестицій, тарифів на транспортні перевезення та ін. Результати розрахунку зведені у табл. 1.

Приклад розрахунків для варіанту доставки в режимі імпорт без використання складу:

Фактурна вартість товару

$$V_{\phi} = K * \Pi,$$

де K – кількість одиниць товару в партії;

Π – ціна одиниці продукції.

$$V_{\phi} = 2500 * 4000 = 10000000 \text{ грн.}$$

Вартість перевезення

$$V_{\pi} = K_{\text{їздок}} * V_{\text{їздки}},$$

де V_{π} – загальна вартість перевезень;

$K_{\text{їздок}}$ – кількість їздок для здійснення перевезень;

$V_{\text{їздки}}$ – вартість здійснення однієї їздки.

$$V_{\pi} = 12 * 2000 = 24000 \text{ грн.}$$

Загальна сума митних платежів

$$V_{\text{мп}} = 0,1 * (V_{\phi} + V_{\pi}).$$

$$V_{\text{мп}} = 0,1 * (10000000 + 24000) = 1002400 \text{ грн.}$$

Сума, яку сплачує підприємство у перший місяць,

$$V_1 = V_{\phi}/12 + V_{\pi}/12 + V_{\text{мп}}/12.$$

$$V_1 = 833333 + 2000 + 83533 = 918866 \text{ грн.}$$

В даному варіанті доставки кредит не залучається.

За зберігання товару не сплачуємо, оскільки не залучається склад.

Собівартість одиниці товару без ПДВ та прибутку

$$C = (V_{\phi} + V_{\pi} + V_{\text{мп}}) / K.$$

$$C = (10000000 + 24000 + 1002400) / 2500 = 4411 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо для варіанта доставки в режимі імпорт з використанням складу та доставки в режимі митний склад.

Аналіз результатів показує, що найбільш ефективною схемою ввезення товарів є митний режим «імпорт з використанням складу». Економічний ефект за даних умов розрахунку становитиме 2085000 грн.

Застосування базисних умов постачань Інкотермс у міжнародних перевезеннях дає змогу уникати суперечностей між учасниками міжнародних каналів руху товарів та регулювати процес встановлення цін на продукцію, що реалізується.

Розглянемо приклад розрахунку при митному режимі імпорт за умов купівлі оптової партії знижка зберігається, маємо сплатити митні платежі у повному обсязі за усю партію. Товар розміщується на склад, де буде використовуватись щомісяця по 1/12. За умови поставки DAP (кордон з Україною – прикордонна станція А) маємо собівартість одиниці товару $C = 3567$ грн (табл. 1).

Скоригуємо розрахунки за умови поставки EXW.

Фактурна вартість товару

$$V_{\phi} = K * \Pi - 3,$$

де 3 – знижка за придбання оптової партії (20%).

$$V_{\phi} = K * \Pi - 0,2 * K * \Pi.$$

$$V_{\phi} = 2500 * 4000 - 0,2 * 2500 * 4000 = 8000000 \text{ грн.}$$

Вартість перевезення

$$V_{\pi} = 5 * 4000 = 20000 \text{ грн.}$$

Загальна сума митних платежів

$$V_{\text{мп}} = 0,1 * (V_{\phi} + V_{\pi}).$$

$$V_{\text{мп}} = 0,1 * (8000000 + 20000) = 802000 \text{ грн.}$$

Вартість зберігання товару на складі в перший місяць, грн:

$$V_{z1} = v_c * m_{\text{од}} * K * 30 / 1000,$$

де v_c – вартість зберігання одиниці товару на складі, грн/кг;

$m_{\text{од}}$ – маса одиниці товару, кг;

30 – кількість днів у місяці.

$$V_{z1} = 4 * 40 * 2500 * 30 / 1000 = 12000 \text{ грн.}$$

Поступово з вичерпанням запасу вартість щомісяця знижується на одну тисячу гривень. Таким чином загальна вартість зберігання становитиме $V_z = 78000$ грн.

Сума, яку сплачує підприємство у перший місяць,

$$V_1 = V_{\phi} + V_{\pi} + V_{\text{мп}} + V_{z1}.$$

$$V_1 = 8000000 + 20000 + 802000 + 12000 = 8834000 \text{ грн.}$$

В даному варіанті доставки залучається кредит під 24 відсотки річних. Його вартість розраховується із врахуванням концепції вартості грошей в часі. Через рік сума здорожчання кредиту становитиме $V_k = 18720$ грн.

Собівартість одиниці товару без ПДВ та прибутку

$$C = (V_{\phi} + V_{\pi} + V_{\text{мп}} + V_k + V_z) / K.$$

$$C = (8000000 + 20000 + 802000 + 18720 + 78000) / 2500 = 3567 \text{ грн.}$$

Аналогічні розрахунки проводимо для інших варіантів та зводимо результати в табл. 1.

Порівняльна діаграма собівартості наведена на рис. 1.

Таблиця 1

Розрахунок показників ефективності доставки товарів

Показник	Фактурна вартість товару	Вартість перевезення	Загальна сума митних платежів	Сума, яку сплачує підприємство у перший місяць	Вартість кредиту	Загальна вартість зберігання товару	Собівартість одиниці товару
умови поставки DAP (кордон з Україною – прикордонна станція А)							
Імпорт	10000000	24000	1002400	918866			4411
Імпорт (склад)	8000000	10000	801000	8823000	18720	78000	3567
Митний склад	8000000	10000	801000	8094750	28080	117000	3579
умови поставки EXW							
Імпорт	10000000	48000	1004800	919066			4421
Імпорт (склад)	8000000	20000	802000	8834000	18720	78000	3567
Митний склад	8000000	20000	802000	8104833	28080	117000	3587
умови поставки СРТ							
Імпорт	10000000		1000000	916666			4400
Імпорт (склад)	8000000		800000	8812000	18720	78000	3557
Митний склад	8000000		800000	8084667	28080	117000	3578

Враховуючи обидва критерії, можна визначити ефективність від застосування як митного режиму, так і умов поставки. Так, ефективність варіанта з використанням режиму імпорт (склад) за умов поставки СРТ порівняно із варіантом з використанням режиму імпорт за умов поставки DAP становить 2135000 грн.

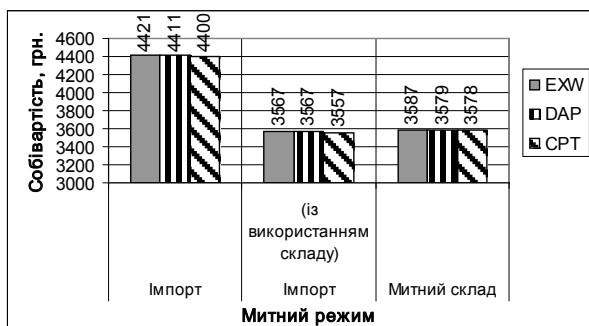


Рис. 1. Діаграма собівартості доставки товарів

З аналізу даних (табл. 1) видно, що, незважаючи на мінімальні витрати на зберігання та транспортування в режими «імпорт» за умов поставки СРТ, які відсутні в даному випадку, цей варіант доставки не є кращим порівняно із іншими з розглянутих варіантів за критерієм собівартості.

Висновки. Системне вирішення завдання раціонального й оптимального використання ресурсів для логістичної системи в цілому можливо завдяки сформульованим критеріям еволюції логістичної системи. Модель макрологістичної системи, описана на безлічі задач, доповнена множиною задач міжнародної торгівлі, митної й іншої сфер міжнародної діяльності. Застосування інтегрованого підходу до аналізу логістичної системи при здійсненні зовнішньоекономічної діяльності з використанням моделі логістичної системи міжнародних перевезень дає

можливість комплексно розв'язувати задачі різного функціонального спрямування (оптимізація партій поставки, вибір перевізника, оптимізація використання коштів та ін.) та отримувати економічне рішення для всієї логістичної системи поставки товарів.

Л і т е р а т у р а

1. Пономарьова Ю.В. Логистика: Навч. посіб. [Текст] / Ю.В. Пономарьова. – К.: ЦНЛ, 2003. – 189 с.
2. Семенов А.И. Логистика. Основы теории: Учеб. для вузов [Текст] / А.И. Семенов, В.И. Сергеев. – СПб.: Союз, 2001. – 544 с.
3. Тридід О.М. Логістика: Навчальний посібник [Текст] / О.М. Тридід та ін. – К.: Знання, 2008. – 566 с.
4. Кретов И.И. Логистика во внешнеторговой деятельности: учеб. пособие [Текст] / И.И. Кретов, К.В. Садченко. – М.: Дело и Сервис, 2006. – 256 с.
5. Таранів М.В. Митна логістика. Мінськ, 2011.
6. Гужевська Л.А. Вибір митного режиму як одна із задач митної логістики [Текст] / Л.А. Гужевська, Т.Ю. Басанець, Л.Т. Веронська // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 2. – К.: НТУ, 2010. – Випуск 21. – 452 с.
7. Яблонскис А. Міжнародна логістика й митна діяльність [Текст] // Тези допов. міжн. наук.-практ. конф. «Перспективи розвитку інформаційних та транспортно-митних технологій у митній справі, зовнішньоекономічній діяльності та управлінні організаціями» Д., Україна: АМСУ, 2 грудня 2011.
8. Босов А.А. Функції множин та їх застосування: Монографія. – Дніпродзержинськ: Видавничий дім «Андрій», 2007. – 182 с.
9. Мельниченко О.І. Системні аспекти формування основних задач логістичного сервісу [Текст] / О.І. Мельниченко, А.В. Бубела // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 2. – К.: НТУ, 2010. – Випуск 21. – 452 с.
10. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / Під редакцією П.Р. Левковця. – К., 2002. – 216 с.

11. Тридід О.М. Логістика: Навчальний посібник [Текст] / О.М.Тридід, К.М. Таньков, Ю.О. Леонова. – К.: «Видавничий дім “Професіонал”», 2008. – 176 с.

References

1. Ponomar'ova Ju.V. Logistika: Navch. posib. [Tekst] / Ju.V. Ponomar'ova. – K.: CNL, 2003. – 189 p.
2. Semenenko A.I. Logistika. Osnovy teorii: Ucheb. dlja vuzov [Tekst] / A.I. Semenenko, V.I. Sergeev. – SPb.: Sojuz, 2001. – 544 p.
3. Tridid O.M. Logistika: Navchal'nij posibnik [Tekst] / O.M. Tridid ta in. – K.: Znannja, 2008. – 566 p.
4. Kretov I.I. Logistika vo vneshnetorgovoj dejatel'nosti: ucheb. Posobie [Tekst] / I.I. Kretov, K.V. Sadchenko. – M.: Delo i Servis, 2006. – 256 p.
5. Taraniiv M.V. Mitna logistika. Mins'k, 2011.
6. Guzhevs'ka L.A. Vibir mitnogo rezhimu jak odna iz zadach mitnoї logistiki [Tekst] / L.A. Guzhevs'ka, T.Ju. Basanec', L.T. Verons'ka // Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu: V 2-h chastinah: Ch. 2. – K.: NTU, 2010. – Vipusk 21. – 452 p.
7. Jablonskis A. Mizhnarodna logistika j mitna dij'al'nist' [Tekst] // Tezi dopov mizhn. Nauk.-prakt.konf. “Perspektivi rozvitku informacijnih ta transportno-mitnih tehnologij u mitnij spravi, zovnishn'oekonomichnij dij'al'nosti ta upravlinni organizacijami” D., Ukraїna: AMSU, 2 grudnja 2011.
8. Bosov A.A. Funkcii mnozhin ta ih zastosuvannja: Monografija. – Dniprodzerzhins'k: Vidavnicij dim «Andrij», 2007. – 182 p.
9. Mel'nichenko O.I. Sistemni aspekti formuvannja osnovnih zadach logistichnogo servisu [Tekst] / O.I. Mel'nichenko, A.V. Bubela // Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu: V 2-h chastinah: Ch. 2. – K.: NTU, 2010. – Vipusk 21. – 452 p.
10. Sistemna efektnist' na transporti. Metodi, modeli i strategii / Pid redakciju P.R. Levkovecja. – K., 2002. – 216 p.
11. Tridid O.M. Logistika: Navchal'nij posibnik [Tekst] / O.M. Tridid, K.M. Tan'kov, Ju.O. Leonova. – K.: «Vidavnicij dim “Profesional”», 2008. – 176 p.

Халипова Н.В. Моделирование логистических систем международных перевозок

Системное решение задачи рационального и оптимального использования ресурсов для логистической системы в целом возможно благодаря сформулированным критериям эволюции логистической системы. Модель макрологистической системы, описанной на множестве задач, дополнена комплексом задач международной торговли, таможенной и другой сфер международной деятельности. Данный подход позволит достичь поставленных целей в управлении материальными потоками в процессе анализа материальных потоков. Эффективность предлагаемого подхода показана на примере решения задачи по определению влияния таможенного режима и условий поставки Incoterms на эффективность логистических систем международных перевозок.

Ключевые слова: международные перевозки, модель макрологистической системы, множество задач, оптимальное использование ресурсов.

Khalipova N. Modeling of international transport logistic systems

Thesis is devoted to investigation of issues of system approaches to the analysis of complex international logistics systems in order to increase interaction efficiency of their elements. Model of macrologistical system, described on the set of tasks supplemented by complex problems of international trade, customs and other areas of international activity, which will achieve its goals in the management of these flows in the analysis of material flows. Complex solution of the rational and optimal utilization of resources to logistic the whole system made possible by evolution criterias, formulated by the logistics system. The effectiveness of the proposed approaches grounded in the process of solving the problem to determine the effect of the customs regime and delivery terms Incoterms on the efficiency of logistics operations for international deliveries using motor transport on example of delivery to Ukraine.

Keywords: international transportations, model of macrologistical system, set of tasks, optimal resources utilization.

Халіпова Н.В. – к.т.н., доцент кафедри транспортних систем, Академія митної служби України, м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: khalipov@rambler.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 629.017

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРОТИВ ЗАНОСА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Клец Д.М.

DEVELOPMENT OF THE VEHICLE AGAINST SKID RESISTANCE SYSTEM ALGORITHM BASED ON THE FUZZY LOGIC

Klets D.

Разработан алгоритм функционирования системы на основе нечеткой логики, позволяющей обеспечивать устойчивость против заноса в тяговом режиме движения в зависимости от типа привода, тягово-скоростных характеристик и параметров взаимодействия колес с опорной поверхностью. При использовании мобильного регистрационно-измерительного комплекса на основе трехкомпонентных акселерометров модели MMA7260QT разработанная система имеет возможность отслеживать изменение дорожной ситуации с частотой 80 раз в секунду и действовать, основываясь на базе из 80 производственных правил.

Ключевые слова: автомобиль, устойчивость, занос, нечеткая логика, акселерометр.

Постановка проблемы. Настоящий этап экономического развития Украины характеризуется увеличением количества эксплуатируемых автотранспортных средств. С ростом скоростей движения, а также плотности транспортных потоков актуальным становится вопрос улучшения эксплуатационных свойств автомобиля, отвечающих за безопасность дорожного движения.

Применение автоматических систем на автомобильном транспорте повышает уровень активной безопасности современных автомобилей, а также адаптивность их к различным условиям эксплуатации [2].

Электронные системы курсовой устойчивости устанавливаются на автомобилях известных зарубежных производителей. Однако в автомобильной промышленности Украины системы управления на основе нечеткой логики до сих пор не получили распространения. Для повышения активной безопасности отечественных автомобилей необходимо разработать аналоги систем активной безопасности зарубежного производства.

Анализ последних исследований и публикаций. Устойчивость является важнейшим эксплуатационным свойством автомобиля, определяющим

безопасность его движения [3, 7]. Устойчивость рассматривается в двух аспектах – против заноса и при заносе. В первом случае рассматриваются условия, которые приводят к появлению заноса, а во втором – вращение автомобиля при боковом скольжении одной из осей.

С увеличением интенсивности транспортных потоков возрастает физиологическая и психическая нагрузка на водителя. Данные факты показывают необходимость облегчения его труда и создания более благоприятных условий для обработки информации, воспринимаемой в процессе вождения автомобиля, что вынуждает искать решение на пути автоматизации труда водителя [4].

Авторы работы [1] выделяют три этапа развития систем управления автотранспортными средствами: классические методы теории автоматического управления, микропроцессорное управление с электронными программируемыми компонентами, интеллектуальные системы управления. Технологии высшего уровня адаптивности предполагают создание комплексных систем, наделенных функциями оценки, диагностирования, контроля и защиты всех систем транспортного средства.

Сотрудниками МГТУ «МАМИ» [1] разработан алгоритм системы управления с использованием нечеткой логики на примере переключения передач в трансмиссии автомобиля. Однако в известных исследованиях алгоритм работы системы обеспечения устойчивости автомобиля против заноса на основе нечеткой логики не приведен, поэтому данный вопрос требует дополнительных исследований.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является разработка алгоритма функционирования системы повышения устойчивости автомобиля против заноса. Для достижения указанной цели необходимо создать базу нечетких правил, а также выполнить моделирование работы разработанной системы.

Разработка алгоритма работы системы, обеспечивающей устойчивость автомобиля с помощью нечеткой логики управления. Рассмотрим принцип работы системы, обеспечивающей устойчивость автомобиля против заноса на основе нечеткой логики управления. В качестве входных переменных примем скорость движения автомобиля (км/час), ускорения автомобиля (m/c^2) и коэффициент сцепления колес с дорогой (см. рис. 1-3). Выходной величиной будет сигнал о необходимости

уменьшения подачи топлива в цилиндры двигателя или отсутствию такой необходимости.

Используя экспертный подход, введем лингвистические термы: «низкая», «средняя», «высокая», «очень высокая». Таким образом, получаем привязку значений величины скорости движения автомобиля к определенному терму (табл. 1). Функции принадлежности для скорости движения автомобиля приведены на рис. 1.

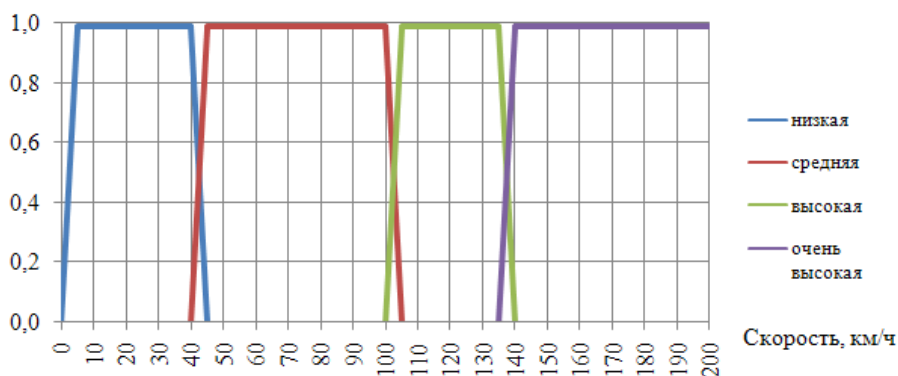


Рис. 1. Функции принадлежности для скорости движения автомобиля

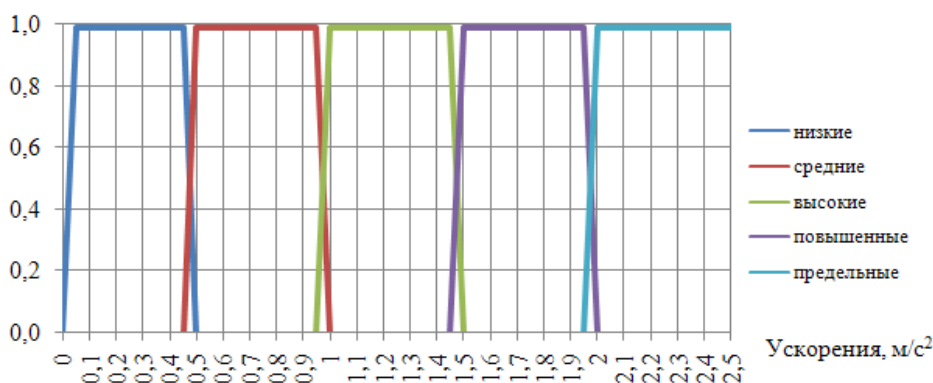


Рис. 2. Функции принадлежности для ускорений автомобиля

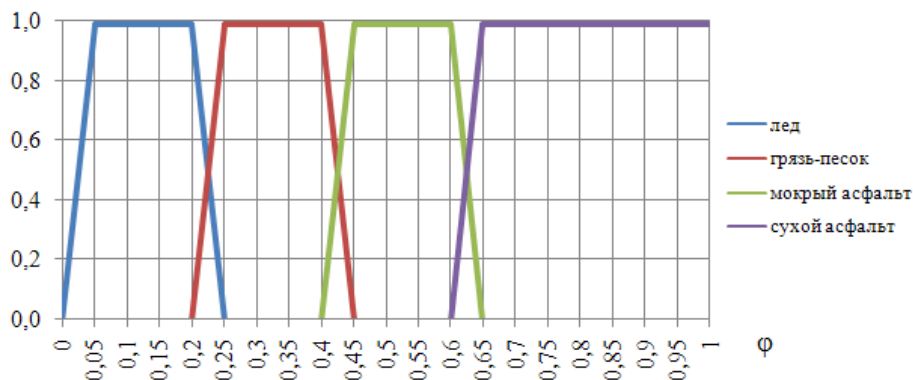


Рис. 3. Функции принадлежности для коэффициента сцепления колес с дорогой

Таблиця 1
Привязка скорости автомобиля к лингвистическим термам

Скорость	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
5	1	0	0	0
10	1	0	0	0
15	1	0	0	0
20	1	0	0	0
25	1	0	0	0
30	1	0	0	0
35	1	0	0	0
40	1	0	0	0
45	0	1	0	0
50	0	1	0	0
55	0	1	0	0
60	0	1	0	0
65	0	1	0	0
70	0	1	0	0
75	0	1	0	0
80	0	1	0	0
85	0	1	0	0
90	0	1	0	0
95	0	1	0	0
100	0	1	0	0
105	0	0	1	0
110	0	0	1	0
115	0	0	1	0
120	0	0	1	0
125	0	0	1	0
130	0	0	1	0
135	0	0	1	0
140	0	0	0	1
145	0	0	0	1
150	0	0	0	1
155	0	0	0	1
160	0	0	0	1
165	0	0	0	1
170	0	0	0	1
175	0	0	0	1
180	0	0	0	1
185	0	0	0	1
190	0	0	0	1
195	0	0	0	1
200	0	0	0	1

Функции принадлежности для V_a (км/ч) описываются следующими выражениями:

«низкая»

$$\mu = 1, \text{ при } 5 \leq V_a \leq 40; \quad (1)$$

$$\mu = \frac{V_a}{5}, \text{ при } 0 \leq V_a \leq 5; \quad (2)$$

$$\mu = \frac{45 - V_a}{5}, \text{ при } 40 \leq V_a \leq 45; \quad (3)$$

«средняя»

$$\mu = 1, \text{ при } 45 \leq V_a \leq 100; \quad (4)$$

$$\mu = \frac{V_a - 40}{5}, \text{ при } 40 \leq V_a \leq 45; \quad (5)$$

$$\mu = \frac{105 - V_a}{5}, \text{ при } 100 \leq V_a \leq 105; \quad (6)$$

«высокая»

$$\mu = 1, \text{ при } 105 \leq V_a \leq 135; \quad (7)$$

$$\mu = \frac{V_a - 135}{5}, \text{ при } 100 \leq V_a \leq 105; \quad (8)$$

$$\mu = \frac{140 - V_a}{5}, \text{ при } 135 \leq V_a \leq 140; \quad (9)$$

«очень высокая»

$$\mu = 1, \text{ при } 140 \leq V_a \leq 200; \quad (10)$$

$$\mu = \frac{V_a - 100}{5}, \text{ при } 135 \leq V_a \leq 140. \quad (11)$$

Затем произведем аналогичные операции для величины ускорений автомобиля. Функции принадлежности для ускорений автомобиля представлены на рис. 2. Введем лингвистические термы: «низкие», «средние», «высокие», «повышенные» и «предельные». Получаем привязку значений величины ускорений к определенному терму. Представим функции принадлежности для ускорений автомобиля в виде уравнений:

«низкие»

$$\mu = 1, \text{ при } 0,05 \leq \dot{V}_a \leq 0,45; \quad (12)$$

$$\mu = \frac{\dot{V}_a}{0,05}, \text{ при } 0 \leq \dot{V}_a \leq 0,05; \quad (13)$$

$$\mu = \frac{0,50 - \dot{V}_a}{0,05}, \text{ при } 0,45 \leq \dot{V}_a \leq 0,50; \quad (14)$$

«средние»

$$\mu = 1, \text{ при } 0,5 \leq \dot{V}_a \leq 0,95; \quad (15)$$

$$\mu = \frac{\dot{V}_a - 0,45}{0,05}, \text{ при } 0,45 \leq \dot{V}_a \leq 0,5; \quad (16)$$

$$\mu = \frac{1,0 - \dot{V}_a}{0,05}, \text{ при } 0,95 \leq \dot{V}_a \leq 1,0; \quad (17)$$

«высокие»

$$\mu = 1, \text{ при } 1,0 \leq \dot{V}_a \leq 1,55; \quad (18)$$

$$\mu = \frac{\dot{V}_a - 0,95}{0,05}, \text{ при } 0,95 \leq \dot{V}_a \leq 1,0; \quad (19)$$

$$\mu = \frac{1,5 - \dot{V}_a}{0,05}, \text{ при } 1,45 \leq \dot{V}_a \leq 1,5; \quad (20)$$

«повышенные»

$$\mu = 1, \text{ при } 1,5 \leq \dot{V}_a \leq 1,95; \quad (21)$$

$$\mu = \frac{\dot{V}_a - 1,45}{0,05}, \text{ при } 1,45 \leq \dot{V}_a \leq 1,5; \quad (22)$$

$$\mu = \frac{2,0 - \dot{V}_a}{0,05}, \text{ при } 1,95 \leq \dot{V}_a \leq 2,0; \quad (23)$$

«предельные»

$$\mu = 1, \text{ при } 2,0 \leq \dot{V}_a \leq 2,5; \quad (24)$$

$$\mu = \frac{\dot{V}_a - 1,95}{0,05}, \text{ при } 1,95 \leq \dot{V}_a \leq 2,0. \quad (25)$$

Произведем аналогичные операции для величины коэффициента сцепления колес с дорогой. Функции принадлежности для коэффициента сцепления колес с дорогой представлены на рис. 3.

Представим функции принадлежности для коэффициента сцепления колес с дорогой в виде уравнений:

«лед»

$$\mu = 1, \text{ при } 0,05 \leq \varphi \leq 0,2; \quad (26)$$

$$\mu = \frac{\varphi}{0,05}, \text{ при } 0 \leq \varphi \leq 0,05; \quad (27)$$

$$\mu = \frac{0,25 - \varphi}{0,05}, \text{ при } 0,2 \leq \varphi \leq 0,25; \quad (28)$$

«грязь-песок»

$$\mu = 1, \text{ при } 0,25 \leq \varphi \leq 0,4; \quad (29)$$

$$\mu = \frac{\varphi - 0,2}{0,05}, \text{ при } 0,2 \leq \varphi \leq 0,25; \quad (30)$$

$$\mu = \frac{0,45 - \varphi}{0,05}, \text{ при } 0,4 \leq \varphi \leq 0,45; \quad (31)$$

«мокрый асфальт»

$$\mu = 1, \text{ при } 0,45 \leq \varphi \leq 0,6; \quad (32)$$

$$\mu = \frac{\varphi - 0,4}{0,05}, \text{ при } 0,4 \leq \varphi \leq 0,45; \quad (33)$$

$$\mu = \frac{0,65 - \varphi}{0,05}, \text{ при } 0,6 \leq \varphi \leq 0,65; \quad (34)$$

«сухой асфальт»

$$\mu = 1, \text{ при } 0,65 \leq \varphi \leq 1,0; \quad (35)$$

$$\mu = \frac{\varphi - 0,6}{0,05}, \text{ при } 0,6 \leq \varphi \leq 0,65. \quad (36)$$

На основе полученных лингвистических термов для входных переменных запишем нечеткие правила вида «IF X, THEN Z». Первая часть правил (перед «THEN») является предшествующей. Вторая часть (после «THEN») является результатом и соответствует управляющему действию. Предшествующая часть содержит лингвистические термы, которые отражают знания эксперта о величине, и определяется как комбинация отдельных условий, использующие логический оператор «AND».

Экспертные данные о соотношениях между тягово-скоростными характеристиками и параметрами взаимодействия колес с опорной поверхностью по условию обеспечения устойчивости против заноса при прямолинейном движении накатом и в тяговом режиме возьмем из работы [6] для автомобиля BMW-318. На рис. 4 изображена схема базы нечетких правил.

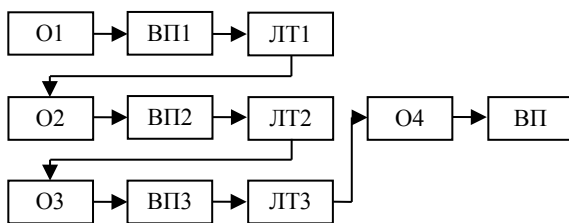


Рис. 4. Схема базы нечетких правил:

O1 – оператор № 1; ВП1 – входная переменная № 1; ЛТ1 – лингвистический терм № 1; O2 – оператор № 2; ВП2 – входная переменная № 2; ЛТ2 – лингвистический терм № 2; O3 – оператор № 3; ВП3 – входная переменная № 3; ЛТ3 – лингвистический терм № 3; O4 – оператор № 4; ВП – выходная переменная

Выполним моделирование работы системы. Предположим, что исследуемый автомобиль движется на 3-ей передаче по грунтовой дороге после дождя (коэффициент сцепления φ равен 0,4). Регистрация осуществляется с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса [5]. В рассматриваемый момент времени скорость равна 80 км/ч, развиваемое ускорение 0,7 м/с². В этом случае согласно рис. 1-3 определяем входные переменные: V_a «средняя», \dot{V}_a «средние», φ «грязь-песок». Указанные входные величины скорости автомобиля, ускорений автомобиля и коэффициента сцепления колес с дорогой полностью соответствуют правилу № 26, следовательно, согласно базе нечетких правил выходной величиной будет являться сигнал об отсутствии необходимости уменьшения подачи топлива в цилиндры двигателя.

Выводы. 1. Электронная система автомобиля, использующая разработанный алгоритм на основе нечеткой логики, позволяет обеспечивать устойчивость против заноса в тяговом режиме движения в зависимости от типа привода, тягово-скоростных характеристик и параметров взаимодействия колес с опорной поверхностью.

2. При использовании мобильного регистрационно-измерительного комплекса на основе трехкомпонентных акселерометров модели MMA7260QT разработанная система имеет возможность отслеживать изменение дорожной ситуации с частотой 80 раз в секунду и действовать, основываясь на базе из 80 продукционных правил.

Л и т е р а т у р а

1. Антипов С.И., Дементьев Ю.В., Калинин А.Е. Нечеткая логика и возможности ее применения в системах управления современного автомобиля / С.И. Антипов, Ю.В. Дементьев, А.Е. Калинин // Материалы международной научно-технической конференции «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров». – М.: МГТУ «МАМИ», 2010. – С. 11-20.
2. Балакина Е.В. Улучшение устойчивости движения колесной машины в режиме торможения на основе предпроектного выбора параметров элементов шасси: дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.05.03 / Е.В. Балакина; ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – 408 с.
3. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
4. Малявин А.А. Разработка системы управления движением автомобиля с использованием нечеткой логики: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / Моск. гос. индустр. ун-т. – Москва, 2011. – 180 с.
5. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00 25.06.2010. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М.А., Коробко А.И., Клец Д.М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – № у 201001136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

6. Подригало М.А. Определение устойчивости автомобиля против заноса при движении в тяговом режиме / М.А. Подригало, Д.М. Клец // Вісник НТУ «ХПІ». Автомобіле- та тракторобудування. – 2007. – Вип. 12. – С. 127-136.
7. Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. Динамика автомобиля. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 426 с.

References

1. Antipov S.I., Dement'ev Ju.V., Kalinin A.E. Nechetkaja logika i vozmozhnosti ee primeneniya v sistemah upravleniya sovremennogo avtomobilja / S.I. Antipov, Ju.V. Dement'ev, A.E. Kalinin // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Avtomobile i traktorostroenie v Rossii: priority razvitiya i podgotovka kadrov». – М.: MGTU «MAMI», 2010. – P. 11-20.
2. Balakina E.V. Uluchshenie ustojchivosti dvizhenija kolesnoj mashiny v rezhime tormozhenija na osnove predproektnogo vybora parametrov jelementov shassi: dis. ... dokt. tehn. nauk: spec. 05.05.03. / E.V. Balakina; VolgGTU. – Volgograd, 2011. – 408 p.
3. Litvinov A.S. Upravljaemost' i ustojchivost' avtomobilja / A.S. Litvinov. – М.: Mashinostroenie, 1971. – 416 s.
4. Maljavin A.A. Razrabotka sistemy upravlenija dvizheniem avtomobilja s ispol'zovaniem nechetkoj logiki: Avtoref. dis... kand. tehn. nauk: 05.13.06 / Mosk. gos. industr. un-t. – Moskva, 2011. – 180 p.
5. Pat. 51031 Ukraїna, MPK G01P 3/00 25.06.2010. Sistema dlja viznachennja parametrov ruhu avtotransportnih zasobiv pri dinamichnih (kvalimetricnih) viprobuvannjah / Podrigalo M.A., Korobko A.I., Klec D.M., Fajst V.L.; zajavnik ta patentovlasnik Harkivs'kij nac. avtom.-dorozhn. universitet. – № u 201001136; zajavl. 04.02.10; opubl. 25.06.10, Bjul. № 12.
6. Podrigalo M.A. Opredelenie ustojchivosti avtomobilja protiv zanosa pri dvizhenii v tjagovom rezhime / M.A. Podrigalo, D.M. Klec // Visnik NTU «HPI». Avtomobile- ta traktorobuduвання. – 2007. – Vip. 12. – P. 127-136.
7. Podrigalo M.A., Volkov V.P., Boboshko A.A., Pavlenko V.A., Fajst V.L., Klec D.M., Red'ko V.V. Dinamika avtomobilja. – Har'kov: Izd-vo HNADU, 2008. – 426 p.

Клец Д.М. Розробка алгоритму функціонування системи забезпечення стійкості автомобіля проти заносу на основі нечіткої логіки

Розроблено алгоритм функціонування системи на основі нечіткої логіки, що дозволяє забезпечувати стійкість проти заносу в тяговому режимі руху залежно від типу приводу, тягово-швидкісних характеристик і параметрів взаємодії коліс з опорною поверхнею. При використанні мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу на основі трикомпонентних акселерометрів моделі MMA7260QT розроблена система має можливість відстежувати зміну дорожньої ситуації з частотою 80 разів на секунду і діяти, ґрунтуючись на базі з 80 продукційних правил.

Ключові слова: автомобіль, стійкість, занос, нечітка логіка, акселерометр.

Klets D. Development of the vehicle against skid resistance system algorithm based on the fuzzy logic.

The algorithm of system based on fuzzy logic, which allows providing skid resistance in the traction mode of motion, depending on the type of drive, traction and speed characteristics and parameters of interaction between the wheels with the ground is developed. A database of fuzzy rules is created. A simulation of the developed system is executed. The output signal value is necessary to reduce the fuel supply to the vehicle engine cylinders. When using mobile measurement system based on the three-component accelerometers MMA7260QT designed system is able to the traffic situation change tracking at 80 times per second, and act on the basis of the 80 production rules.

Key words: vehicle, stability, drift, fuzzy logic, accelerometer.

Клец Д.М. – к.т.н., доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин, ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: prof_777@mail.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.04.2013

УДК 316.422:330.341

ПРІОРИТЕТИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ФАКТОР ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ КРАЇНИ

Бикова Н.В.

PRIORITIES OF INNOVATIVE DEVELOPMENT TO UKRAINIAN ENTERPRISES AS A FACTOR OF ECONOMIC GROWTH

Yukova N.

Проаналізовано існуючу ситуацію в інноваційному розвитку українських підприємств. Оцінено їхню конкурентоспроможність та запропоновано пріоритетні напрямки їхнього інноваційного розвитку як фактору економічного зростання країни. Досліджено алгоритм перспектив розвитку виробництва української інноваційної продукції. Оцінено обсяги реалізації інноваційної продукції українських підприємств протягом 2006-2011 років. Розраховано експортність інноваційної продукції українських підприємств. Визначено шляхи розвитку виробництва інноваційної продукції українських підприємств.

Ключові слова: інноваційний розвиток, конкурентоспроможність, інтегральний метод, кореляційно-регресійний аналіз, рентабельність.

Постановка проблеми. Умови глобалізації економічних процесів диктують постійний пошук шляхів економічного зростання країни. Одним із факторів є розвиток виробництва пріоритетних видів інноваційної продукції. Сьогодні таким видом є виробництво високотехнологічної продукції. Розвиток її виробництва необхідний для економічного зростання країни, адже перехід на високі технології допоможе вітчизняним підприємствам знизити матеріаломісткість та енергоємність продукції.

За даними Державного комітету статистики України частка виробництва високотехнологічної продукції у 2011 році зросла на 23,1% порівняно з 2010 роком, що свідчить про позитивний розвиток впровадження інноваційних процесів у діяльність українських підприємств. Отже, пошук пріоритетних напрямів інноваційного розвитку підприємств України є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наукові підходи до оцінки пріоритетів інноваційного розвитку українських підприємств, обґрунтування механізму їх забезпечення відображено в наукових працях зарубіжних та вітчизняних вчених С.В. Бреуса, О. Васильєва, О.В. Захарової, Д.Г. Лук'яненка, М.Г. Сасенка, Є.Б. Сализової, Л.І. Федулової та інших.

Але не всі аспекти дослідження пріоритетів інноваційного розвитку українських підприємств як фактора економічного зростання країни досліджені щодо глибини та обґрунтованості, що і викликало зацікавленість у такому напрямку дослідження.

Мета статті полягає у дослідженні сучасного стану інноваційного розвитку підприємств в Україні і виявленні на основі проведеного аналізу пріоритетів їхнього розвитку та факторів уникнення кризових явищ.

Результати досліджень. Останніми роками динамічний розвиток зарубіжних підприємств щодо впровадження та виробництва інноваційної продукції завдяки високим технологіям породив неконкурентоспроможність української продукції. Тому нагальною проблемою постало впровадження високих технологій у процес виробництва вітчизняних підприємств.

Формування перспектив розвитку виробництва високотехнологічної продукції нами розроблено на основі його аналізу реалізації, оскільки виробництво в умовах ринкової економіки пропорційно залежить від обсягів реалізації. Аналіз попиту на українську інноваційну продукцію оцінювався в п'ять етапів (рис. 1), а саме:

1. Оцінки динаміки обсягів реалізації інноваційної продукції.
2. Аналізу динаміки структури реалізації інноваційної продукції.
3. Оцінка темпів росту реалізації інноваційної продукції.
4. Аналіз експорту інноваційної продукції.
5. Оцінка пропозиції зовнішнього ринку.

На основі запропонованого методу аналізу реалізації визначалися проблеми розвитку реалізації продукції та послідовно сформувалися перспективи розвитку виробництва інноваційної продукції українських підприємств.

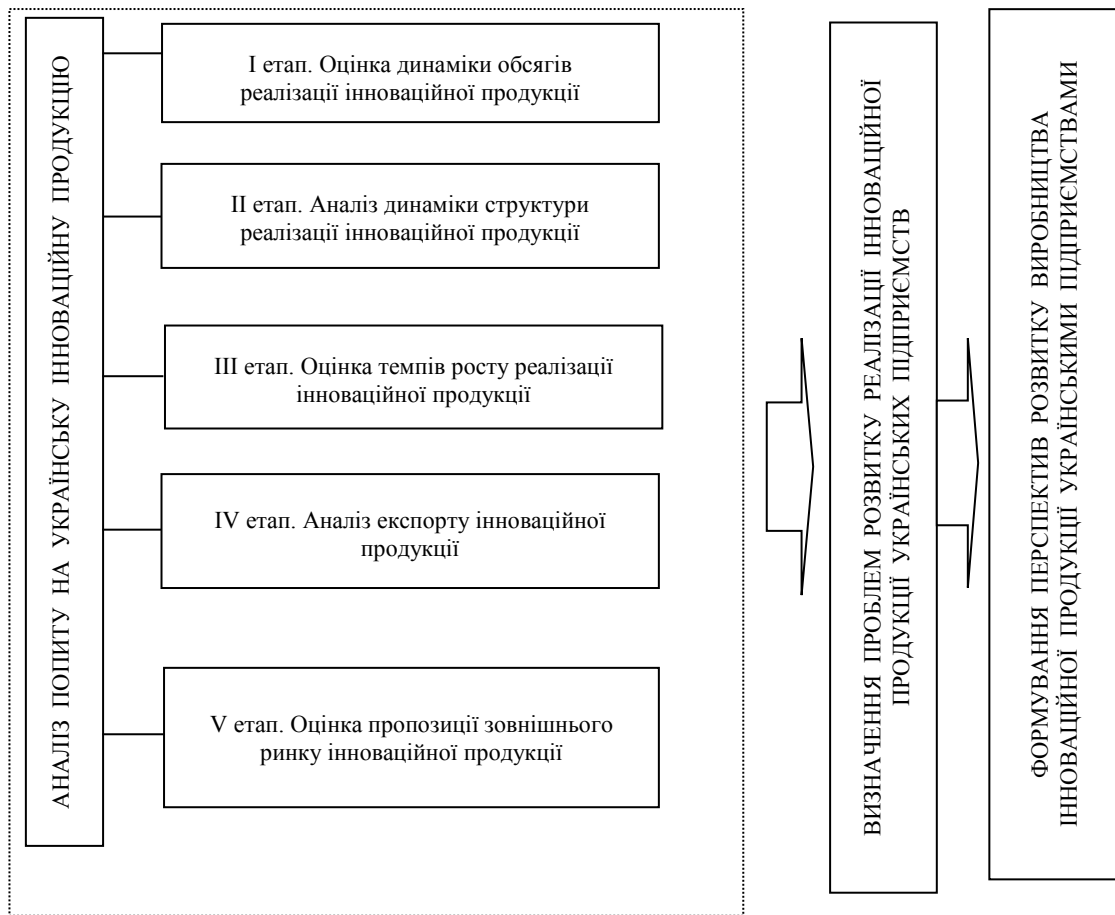


Рис. 1. Алгоритм дослідження перспектив розвитку виробництва української інноваційної продукції

Відповідно до методології Організації економічної співпраці та розвитку (ОЕСР) до інноваційної продукції належить високотехнологічна продукція, яка поділена на такі категорії: аерокосмічна, фармацевтична, виробництво комп'ютерної та радіоелектронної техніки, сучасних мереж зв'язку, оптичних інструментів.

Для формування перспективних шляхів розвитку досліджено обсяги реалізації інноваційної продукції України у відповідності з класифікацією ОЕСР та даними Державного комітету статистики України протягом 2005-2011 років (табл. 1), а також розраховано питому вагу кожного з показників щодо загального обсягу реалізації інноваційної продукції українських підприємств.

Аналіз табл. 1 показав, що у структурі обсягів реалізації інноваційної продукції українських підприємств найбільшу питому вагу протягом 2006-2011 років посідала аерокосмічна продукція (у 2006 році її питома вага становила 27,6%, у 2007 році – 33,3%, у 2008 році – 23,7%, у 2009 році – 24,4%, у 2010 році – 32,2%, у 2011 році – 31,8%). Найнижчу питому вагу в структурі інноваційної продукції українських підприємств посідала комп'ютерна та радіоелектронна техніка (у 2006 році – 7,3%, у 2007 році – 7,8%, у 2008 році – 9,4%, у 2009 році – 8,6%, у 2010

році – 5,3%, у 2011 році – 5,3%). Вважаємо, що низька питома вага комп'ютерної та радіоелектронної техніки щодо обсягів реалізації інноваційної продукції українських підприємств пов'язана ще з тим, що ця продукція не є спеціалізацією нашої країни і технології для її виробництва є застарілими.

Отже, можна зробити висновок, що в Україні дуже низький відсоток виробництва інноваційної продукції, що не дозволяє ефективно розвивати економіку країни. Таке твердження також можна підтвердити тим, що у сучасних умовах глобалізації спостерігається різке зростання обсягів виробництва і зовнішньої торгівлі високотехнологічних товарів. Це обумовлено тим, що збільшується попит споживачів на ці товари. Світове споживання високотехнологічної продукції за останні 10 років виросло більше ніж у 2 рази.

Оцінивши темпи росту реалізації інноваційної продукції українських підприємств (рис. 2), визначено, що протягом 2007-2011 років темпи росту за всіма видами інноваційної продукції були нестабільними: дещо спадали (особливо у 2010 році зниження було за всіма видами продукції), або дещо збільшувалися. Отже, це дуже відрізняється від світових тенденцій [2].

Таблиця 1

Обсяги реалізації інноваційної продукції українських підприємств протягом 2006-2011 років*

Вид продукції	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Обсяги реалізації, млн USD						
Аерокосмічна продукція	627,73	843,88	652,47	716,36	848,81	955,37
Фармацевтична продукція	526,73	596,81	745,65	819,86	793,74	988,69
Комп'ютерна і радіоелектронна техніка	165,92	197,88	259,84	253,02	140,58	158,74
Сучасні мережі зв'язку	439,67	442,53	479,55	462,24	284,65	320,59
Оптичні інструменти	517,42	451,45	612,94	682,24	566,28	582,40
Разом	2277,47	2532,55	2750,45	2933,72	2634,06	3005,79
Структура продукції до загального обсягу, %						
Аерокосмічна продукція	27,6	33,3	23,7	24,4	32,2	31,8
Фармацевтична продукція	23,1	23,6	27,1	27,9	30,1	32,9
Комп'ютерна і радіоелектронна техніка	7,3	7,8	9,4	8,6	5,3	5,3
Сучасні мережі зв'язку	19,3	17,5	17,4	15,8	10,8	10,7
Оптичні інструменти	22,7	17,8	22,3	23,3	21,6	19,3
Разом	100	100	100	100	100	100

* таблицю складено на основі даних Державного комітету статистики України.



Рис. 2. Темпи росту обсягів реалізації інноваційної продукції українських підприємств протягом 2007-2011 років

Наступним етапом аналізу попиту на інноваційну продукцію українських підприємств був аналіз її експорту, проведений нами на основі розрахунку коефіцієнта експортності. Цей коефіцієнт розраховано як відношення загального обсягу реалізації до обсягу експорту інноваційної продукції українських підприємств. Результати розрахунку наведено у табл. 2.

Із результатів розрахунку зроблено висновки, що на зарубіжному ринку попитом української інноваційної продукції користуються такі групи товарів, як аерокосмічна продукція та сучасні мережі зв'язку, тому що їх коефіцієнти мають найнижче значення. Також зазначимо, що ці групи товарів за останні три роки переважно реалізовувалися на зовнішньому ринку (такий висновок зроблено у зв'язку з тим, що значення показників наближено до одиниці).

Необхідно зазначити, що за останні сім років поставка закордонним споживачам інноваційних товарів українських підприємств не перевищувала 4% загального товарного експорту країни [2].

Останнім етапом попиту на інноваційну продукцію українських підприємств була оцінка пропозиції зовнішнього ринку інноваційної продукції. Світовий ринок інноваційної продукції за останні 10 років має тенденцію до значного росту. Аналіз даних Global Insight World Industry Service database показав, що інноваційні галузі привели до економічного зростання США, країни ЄС, Китаю та Японії. За останні 10 років середньорічний світовий дохід інноваційних галузей промисловості становить 8,3% та значно перевищує приріст доходу інших галузей промисловості [2]. Отже, бачимо, що у сучасних світових умовах усі розвинуті країни намагаються збільшувати свої доходи завдяки виробництву та експорту інноваційної продукції.

Таблиця 2

Результати розрахунку показника експортності інноваційної продукції українських підприємств протягом 2006-2011 років*

Вид продукції	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Аерокосмічна продукція	2,6	2,5	1,5	1,8	1,8	1,8
Фармацевтична продукція	30,0	28,4	19,5	21,3	25,0	21,1
Комп'ютерна і радіоелектронна техніка	9,4	8,1	9,5	7,9	5,3	4,3
Сучасні мережі зв'язку	5,0	3,4	1,2	1,1	1,1	1,3
Оптичні інструменти	5,1	4,6	5,1	5,0	4,3	3,9

* розраховано на основі даних Державного комітету статистики України.

Цього не можна сказати про Україну, оскільки продукція, яку виробляють українські підприємства, є матеріало- та енергоємністю, у зв'язку з чим собівартість такої продукції дуже висока та не користується попитом на світовому ринку.

Після проведеного аналізу визначено проблеми розвитку реалізації інноваційної продукції українських підприємств. Як зазначено, першою і найголовнішою проблемою є матеріало- та енергоємність продукції.

Однією з причин низької реалізації інноваційної продукції українських підприємств є низька кількість виробників такої продукції. Відповідно, висновок такий, що попит на неї є, а виробників не вистачає. Виробництвом інноваційної продукції не займаються вітчизняні підприємства у зв'язку з неефективним державним управлінням розвитку пріоритетних шляхів інноваційної діяльності України (інноваційна високотехнічна галузь належить саме до неї), а також створенням національних передових технологій.

Третьою проблемою є низька диверсифікація поставок інноваційної продукції, що показує неви-

соку конкурентоспроможність української інноваційної продукції та вузьке коло споживачів у інших країнах.

Останнім етапом дослідження було формування перспектив розвитку виробництва української інноваційної продукції (рис. 3).

Одним із шляхів розвитку виробництва української інноваційної продукції є її диверсифікація. Її необхідно проводити виробникам інноваційної продукції у зв'язку із непередбачуваними змінами зовнішнього середовища. Це допоможе підприємствам підвищити свою стійкість завдяки маневруванню ресурсами, легко змінити ринкову стратегію, змінити напрямок інвестування у більш нове вигідне виробництво.

Важливою є підтримка виробництва інноваційної продукції на державному рівні. Підприємства, на яких сконцентровано науково-технічний потенціал, державі необхідно фінансувати цільові програми. Це допоможе підприємствам у великих обсягах виробляти інноваційну продукцію та збільшувати обсяг реалізації. Також необхідністю є надання пільгових кредитів на розвиток виробництва такої продукції.

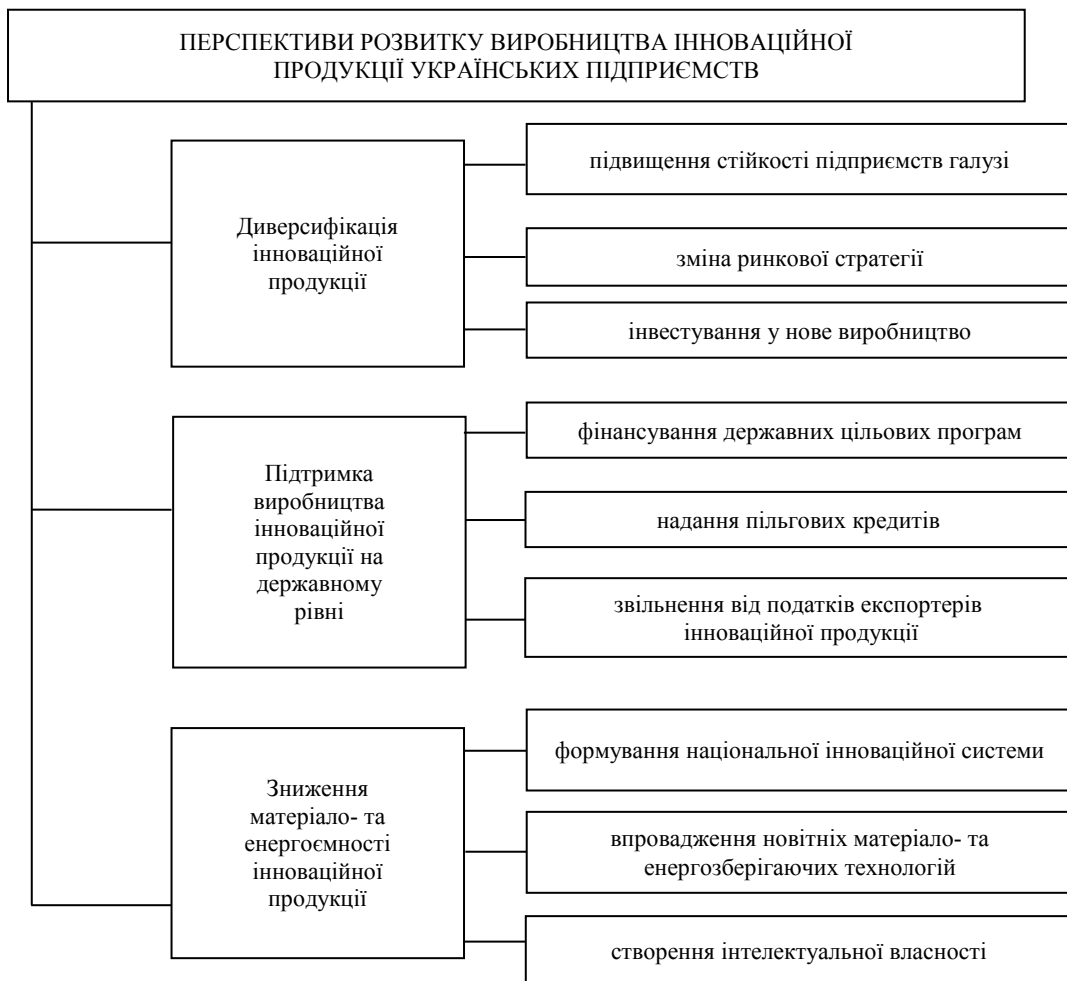


Рис. 3. Перспективи розвитку виробництва інноваційної продукції українських підприємств

Підприємствам, які експортують інноваційну продукцію, держава має надавати звільнення від податків, що допоможе захистити експортерів від комерційних ризиків. Держава має працювати над формуванням національної інноваційної системи. Така система допоможе забезпечити взаємозв'язок із науково-технічними організаціями, вищими навчальними закладами, інноваційними та виробничими підприємствами.

У кінцевому випадку перспективою розвитку виробництва високотехнологічної продукції є зниження матеріало- та енергоємності продукції, що виробляється. Для цього необхідно запозичувати трансфер новітніх технологій. Так само, вітчизняним підприємствам необхідно створювати власні об'єкти інтелектуальної власності, що допоможе їм збільшувати випуск інноваційної продукції та свій прибуток.

Висновки. Отже, дослідження стану виробництва та реалізації української інноваційної продукції показало, що нашій державі необхідно інтенсивно розвивати цю галузь, оскільки у більшості країн саме її розвиток приносить найбільший відсоток прибутку та економічне зростання. Тому лише впровадження вищезпропонованих перспектив розвитку виробництва інноваційної продукції українськими підприємствами допоможе вітчизняним підприємствам збільшити своє виробництво та обсяги реалізації, а також забезпечить економічне зростання економіки України.

Л і т е р а т у р а

1. Наукова та інноваційна діяльність в Україні: стат. зб. / за ред. І.В. Калачова. – К.: ДП ІВЦ Держкомстату України, 2011. – 282 с.
2. Олейников А. Развитие мирового высокотехнологического рынка и пути увеличения присутствия Украины на нем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.inventure.com.ua/main/analytics/security/govs_eurity/napravleniya-razvitiya-mirovogo-vysokotehnologicheskogo-rynka-i-puti-uvelicheniya-prisutstviya-ukrainy-na-nem.

R e f e r e n c e s

1. Research and Innovation in Ukraine: statistical Yearbook / edited by I.V. Kalachova. – Kyiv: State Statistics Committee of Ukraine, 2011. – 282 p.

2. Oleynikov A. The development of the global high-tech market and the ways to increase the presence on it of Ukraine [electronic resource]. – Access mode: http://www.inventure.com.ua/main/analytics/security/govs_eurity/napravleniya-razvitiya-mirovogo-vysokotehnologicheskogo-rynka-i-puti-uvelicheniya-prisutstviya-ukrainy-na-nem.

Быкова Н.В. Приоритеты инновационного развития украинских предприятий как фактор экономического роста страны

В статье проанализирована ситуация, которая сложилась в инновационном развитии предприятий Украины. Оценена их конкурентоспособность и предложены приоритетные направления их инновационного развития как фактора экономического роста страны. Исследован алгоритм перспектив развития производства украинской инновационной продукции. Оценены объемы реализации инновационной продукции украинских предприятий на протяжении 2006-2011 годов. Рассчитана экспортная емкость инновационной продукции украинских предприятий. Определены пути развития производства инновационной продукции украинских предприятий.

Ключевые слова: инновационное развитие, конкурентоспособность, интегральный метод, корреляционно-регрессионный анализ, рентабельность.

Bykova N. Priorities of innovative development to Ukrainian enterprises as a factor of economic growth

The article analyzed the situation that has developed in the innovative development of enterprises in Ukraine. Rated their competitiveness and suggested priorities for their innovative development as a factor of economic growth. At the article analyzed the algorithm of the prospects for the development of Ukrainian production innovative products. It is estimated the sales of innovative product Ukrainian enterprises with a length of 2006-2011. The article calculated export-innovation capacity of Ukrainian products. It's determined the development of innovative products Ukrainian enterprises.

Keywords: innovative development, competitiveness, integrative method, correlation and regression analysis, profitability.

Быкова Н.В. – к.е.н., доцент кафедры економіки підприємства, Чернівецький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: bykova_n@mail.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 621.867.82

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО КАМЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ

Ковалевский С.В., Романуша В.А., Ленич С.В.

PERFECTION OF CONSTRUCTION SMALL CHAMBER FEEDER

Kovalevskiy S., Romanusha V., Lenich S.

Рассмотрена конструкция малогабаритного камерного питателя. Приведены сведения о разработке загрузочного клапана с применением упругого элемента, содержащего полости в виде камер, в которых при контакте с тарелкой клапана находится транспортируемый материал, усиливающий эффект уплотнения и увеличивающий долговечность клапана. Поставлены задачи дальнейшего совершенствования основных функциональных узлов камерного питателя.

Ключевые слова: малогабаритный камерный питатель, пневмотранспорт, энергосбережение, загрузочный клапан, оптимизация технических параметров.

Постановка проблемы. В связи с необходимостью решения задач по энергосбережению и созданию «экологически чистых» технологий на предприятиях Украины проводятся работы по совершенствованию, модернизации и реконструкции действующего пневмотранспортного оборудования и технологий. Особое значение приобретает необходимость проведения таких работ без значительных капитальных затрат, остановки оборудования и снижения уровня производства. Такие работы проводятся путём внедрения новых функциональных узлов в конструкции действующего оборудования, соблюдая при этом требования взаимозаменяемости.

Камерный питатель является наиболее эффективным, экономичным и широко применяется для транспортирования сыпучих материалов на большие расстояния. Поэтому разработка технических решений по уменьшению износа узлов пневмотранспортного оборудования и повышению его надёжности и ремонтпригодности является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованию теории процессов, протекающих при пневматическом транспортировании сыпучих материалов, посвящено большое количество научных работ [1-5], однако в них не решены вопросы конструкции основных узлов, повышения их износостойкости, долговечности, ремонтпригодности

и технологичности при ремонте. В АДИ ДонНТУ под руководством профессора М.Н. Чальцева впервые разработан, создан и внедрен в производство высокопроизводительный малогабаритный камерный питатель производительностью до 60 т/ч, предназначенный для транспортирования угольной пыли в условиях производства Славянской ТЭС (рис. 1).

Цель. Целью данной работы является совершенствование конструкции и определения оптимальных размеров клапана загрузки камерного питателя и повышение его долговечности.

Результаты исследований. Продолжительные производственные испытания малогабаритного камерного питателя и исследования режимов его работы позволили выявить элементы конструкции клапана загрузки, которые подвергаются наиболее интенсивному износу транспортируемым сыпучим материалом. К ним относится сопряжение уплотнения тарелки клапана загрузки с седлом. Износ сопряжения клапана загрузки является основанием для разработки целого ряда конструкций, которые обеспечивают снижение износа контактирующих поверхностей. Увеличение срока службы и надёжности клапана загрузки малогабаритного камерного питателя является актуальной задачей.

Кроме того, в процессе исследований накоплен опыт по совершенствованию конструкции и модернизации питателя и его узлов, а также определены наиболее перспективные направления оптимизации режимов его работы и методов транспортирования сыпучих материалов.

В малогабаритном камерном питателе технологический цикл, то есть процессы подготовки загрузки сыпучего материала, его аэрации, выгрузки, проветривания камеры (сброса остаточного давления из камеры) протекают быстро и транспортировка сыпучего материала осуществляется при высокой концентрации.

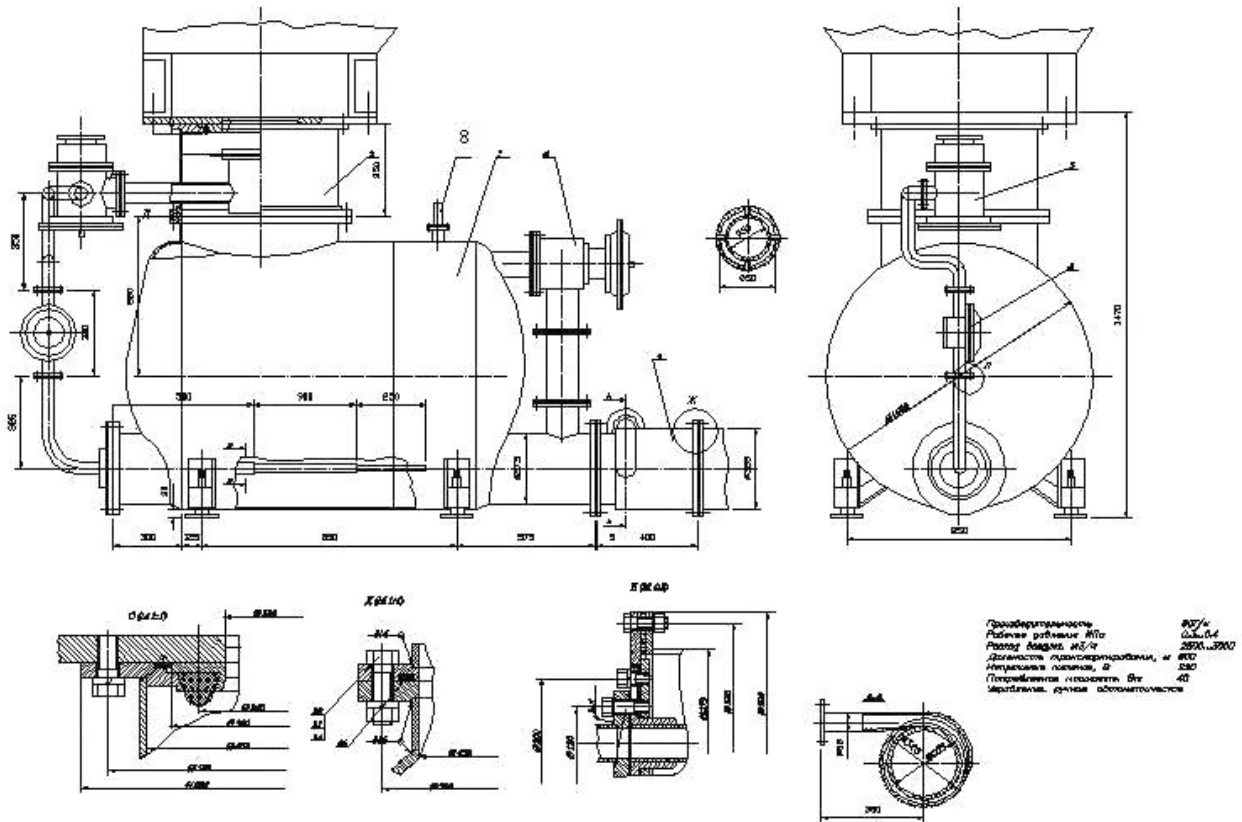


Рис. 1. Малогабаритний камерний питатель:
 1 – камера; 2 – клапан загрузки; 3 – клапан подачи воздуха; 4 – клапан сброса воздуха;
 5 – эжектор; 6 – клапан аэратора; 7 – аэратор; 8 – манометр

Это обеспечивает стабильный поток мелкодисперсного сыпучего материала в жестком во времени форсированном режиме транспортирования. В связи с этим отпадает потребность в большом объеме камеры питателя. Это особенно важно при замене камерными питателями дорогих и сложных в эксплуатации пневмовинтовых насосов ПВН, которые имеют большие габариты при ограниченности по высоте пространства между бункером и основанием.

Проектирование и модернизация пневмотранспортного оборудования основаны на результатах анализа известных теоретических положений [1, 3], экспериментальных и эксплуатационных результатов [5]. Производительность камерного питателя существенно зависит от времени его загрузки. Экспериментальные исследования закономерностей истечения сыпучих материалов из отверстия [5, 6] позволили определить весовой расход:

$$q = cD^a h^b,$$

где q – весовой расход;

D – диаметр отверстия свободного истечения материала;

h – высота столба сыпучего материала;

a, b, c – опытные постоянные, определяемые экспериментально для каждого типа сыпучего материала.

Высота h мелкодисперсного сыпучего материала над отверстием слабо влияет на скорость истечения материала. Существенное влияние оказывает

величина диаметра D отверстия и факторы, характеризующие материал: диаметр частиц мелкодисперсного материала, угол естественного откоса, коэффициент внутреннего трения частиц и др. [5, 7]. Исследователи рассматривают состояние сыпучего материала в зоне выхода из отверстия бункера как интенсивное разрыхление, связанное с резким падением коэффициента внутреннего трения μ . В связи с этим свойства сыпучего материала приближаются к свойствам «идеальной жидкости» и её свободное истечение на участке h подчиняется законам гидродинамики, при этом справедливо дифференциальное уравнение гидродинамики [6]. При постоянной подаче в бункер сыпучего материала в момент истечения получим установившееся движение, при котором весовой расход q и скорость истечения материала V достигают предельных значений. Причем предельная скорость истечения не зависит от высоты h столба сыпучего материала в бункере [5, 6].

$$q = \mu r^2 \sqrt{\frac{gr}{2b}},$$

где q – весовой расход;

r – радиус отверстия истечения;

g – ускорение свободного падения;

μ – коэффициент внутреннего трения материала;

b – коэффициент.

Процесс истечения сыпучего материала не является стационарным, а скорость истечения после

открытия клапана возрастает от нуля и приближается к предельной V_{np} . Экспериментально установлено, что средняя скорость истечения за короткий промежуток времени после открытия клапана определяется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{W_0}{FT},$$

где W_0 – объем сыпучего материала, истекающий из бункера за время T ;

F – площадь отверстия истечения клапана;

T – время истечения.

Экспериментально установлено, что скорость истечения сыпучего материала практически не зависит от высоты столба материала в бункере, а зависит от диаметра отверстия, т. е. расход пропорционален D^a , где D – диаметр отверстия, $a = 2,5-3,0$. Определена зависимость предельной скорости истечения материала от радиуса отверстия [6]:

$$V_{np} = k_1 r^{0,5};$$

для расхода:

$$q = k_1 r^{2,5},$$

где k – опытный коэффициент.

Расчётная оптимальная величина диаметра отверстия загрузочного клапана малогабаритного камерного питателя, определённая на основании методики [5, 6], составляет $D = 250$ мм. Регулируемая величина хода тарелки клапана определяется экспериментально и зависит от требуемой производительности камерного питателя.

Повышение износостойкости сопряжения клапана загрузки с седлом достигается за счёт дополнительного уплотнения упругих элементов седла, которое имеет полости, заполненные транспортируемым материалом (угольная пыль). При подъеме тарелка клапана прижимается к седлу, деформируя упругие элементы и уплотняя находящийся между ними материал. Седло представляет собой упругий элемент, содержащий камеры, разделённые ребрами. В камерах седла при мгновенном подъеме тарелки клапана замыкается транспортируемый материал и уплотняется, усиливая эффект герметизации сопрягаемых поверхностей клапана. Такая конструкция сопряжения клапана усиливает уплотняющий эффект и повышает срок службы узла и ремонтпригодность конструкции. Конструкция клапана загрузки до модернизации приведена на рис. 2, а после усовершенствования элементов уплотнения – на рис. 3.

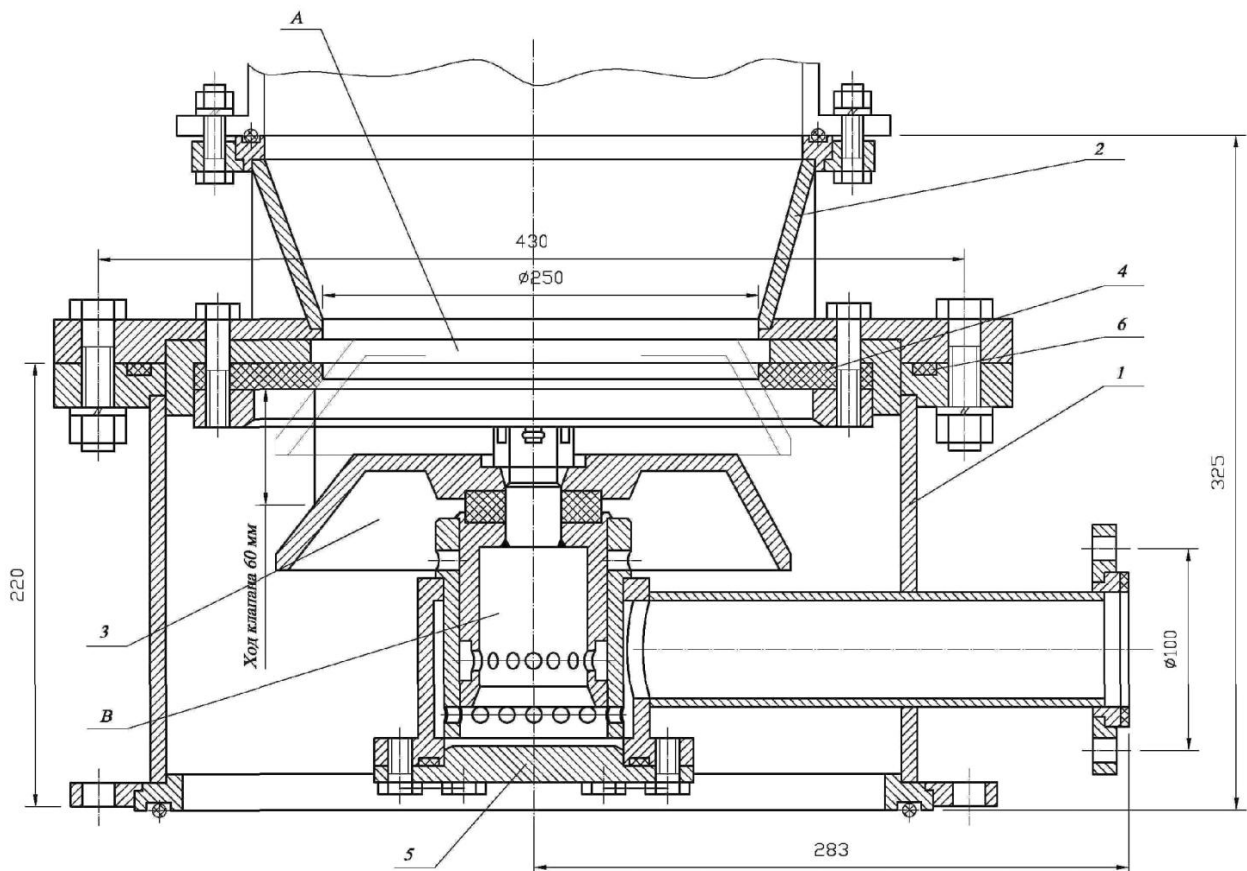


Рис. 2. Клапан загрузки до модернизации:

1 – корпус; 2 – крышка седла; 3 – тарелка клапана; 4 – упругий элемент седла; 5 – опора; 6 – уплотнение;
А – загрузочное отверстие; В – полость подъёма тарелки

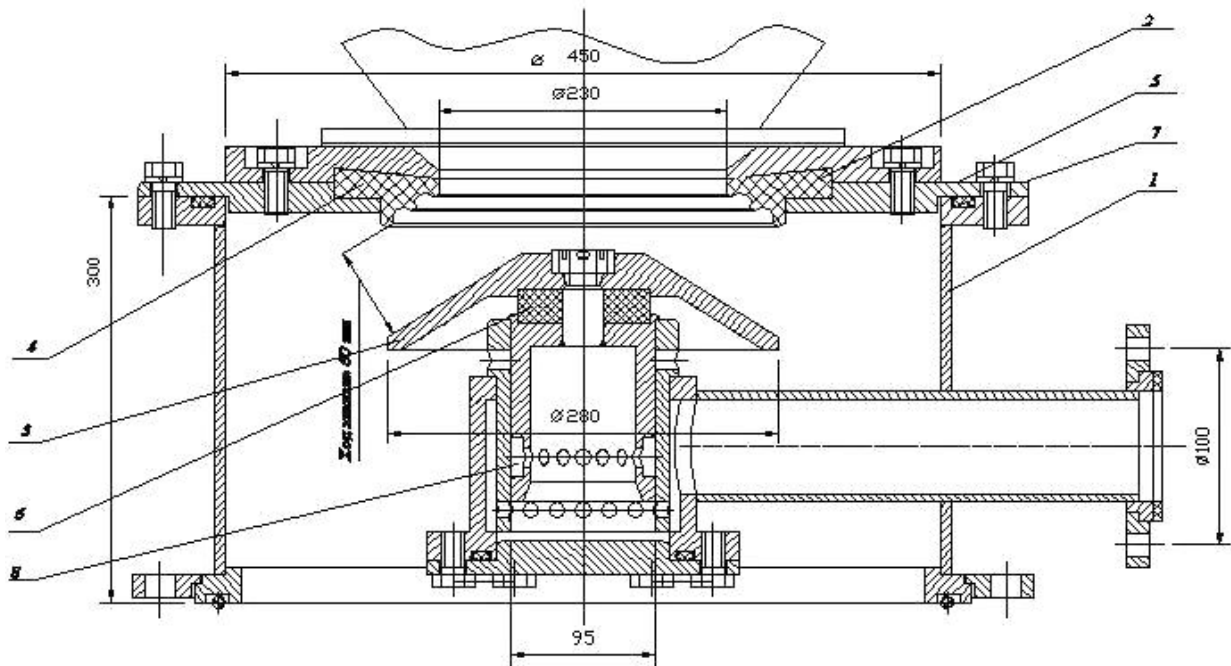


Рис. 3. Клапан заправки после модернизации:
 1 – корпус; 2 – седло; 3 – тарелка клапана; 4 – подушка седла; 5 – опора;
 6 – опора тарелки; 7 – уплотнение; 8 – каналы подачи воздуха

На основании изучения работы камерного питателя в производственных условиях предприятия и анализа результатов проведенных исследований, публикаций, теоретических положений и рекомендаций по повышению экономичности, производительности пневмотранспортного оборудования намечены следующие задачи совершенствования конструкции и модернизации основных функциональных узлов камерного питателя.

Основным из них является:

1) определение оптимальных геометрических параметров малогабаритного камерного питателя на основании исследования закономерностей распределения статических сил и напряжений сыпучего материала по высоте камеры питателя;

2) разработка рациональной формы камерного питателя, исключающей возможность появления «мертвых зон» залегания сыпучего материала с учётом размещения на камере питателя основных функциональных узлов (рис. 1);

3) оптимизация технических параметров дифференциального пневмопривода прямого действия для подачи сжатого воздуха к узлам питателя;

4) расчет оптимальных размеров питающего отверстия загрузочного клапана питателя, разработка его конструкции с учётом использования в качестве дополнительного «запирающего элемента» транспортируемого материала;

5) применение упругого элемента седла с многокамерной системой уплотнения подвижной тарелки клапана для повышения долговечности клапана загрузки.

В результате усовершенствования и модернизации камерного питателя достигнуты следующие результаты.

1. Установка эжектора за клапаном разгрузки непосредственно в транспортный трубопровод соосно с ним и применение быстродействующих клапанов подачи воздуха, загрузочного, разгрузочного и азратора, позволили значительно повысить эффективность очистки камеры и увеличить производительность камерного питателя.

2. Снижена пульсация при транспортировании материала, а также обеспечено поддержание постоянного давления по длине транспортного трубопровода, что исключает возможность возникновения завалов и пробок.

3. Разработана конструкция загрузочного клапана с применением упругого элемента, содержащего полости в виде камер, в которых при контакте с тарелкой клапана находится транспортируемый материал, усиливающий эффект уплотнения и повышающий его долговечность.

Выводы. Технические решения по совершенствованию конструкции камерного питателя позволили обеспечить:

1. Повышение производительности камерного питателя и увеличение долговечности в сопрягаемых элементах клапана загрузки.

2. Повышение технологичности и снижение трудоемкости выполнения ремонтных работ.

3. Расширение возможностей применения камерных питателей в условиях различных производств.

4. В результате приведенных исследований открылась возможность осуществления непрерывного транспортирования сыпучего материала при постоянно открытом загрузочном клапане, что значительно увеличивает производительность камерного питателя. (Однако этот режим был экспериментально установлен на прогревом камерном питателе в процессе длительной его работы и в определенных технологических условиях, при транспортировании угольной пыли на расстояния 600 метров и высоком уровне материала в питающем бункере и давлении в транспортной магистрали 0,3 МПа и производительности компрессорной установки $P = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Л и т е р а т у р а

1. Волошин А.И., Пономарёв Б.В. Механика транспортирования сыпучих материалов. – К.: Наукова думка, 2001. – 521 с.
2. Чальцев М.Н. Исследование и разработка малогабаритных камерных питателей // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. – Кременчуг, 2000. – Вып. 1 (8). – С. 327-329.
3. Герц Е.В. Пневматические приводы. – М.: Машиностроение, 1965. – 359 с.
4. Ковалевский С.В., Голоперов И.В., Ленич С.В. Особенности конструкции и модернизация малогабаритного камерного питателя и его узлов для Слав ТЭС // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2011. – № 5 (159) частина 2. – С. 77-83.
5. Урбан Я. Пневматический транспорт. – М.: Высшая школа, 1980. – 243 с.
6. Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. – М.: Машиностроение, 1968. – 200 с.
7. Успенский Ф.А. Пневматический транспорт. – М.: Машиностроение, 1987. – 367 с.

R e f e r e n c e s

1. Voloshin A.I., Ponomarjov B.V. Mehanika transportirovaniija sybuchih materialov. – K.: Naukova dumka, 2001. – 521 p.
2. Chal'cev M.N. Issledovanie i razrabotka malogabaritnyh kamernyh pitatelej // Problemy sozdanija novyh mashin i tehnologij. Nauchnye trudy KGPI. – Kremenchug, 2000. – Vol. 1 (8). – P. 327-329.
3. Gerc E.V. Pnevmaticheskie privody. – M.: Mashinostroenie, 1965. – 359 p.
4. Kovalevskij S.V., Goloperov I.V., Lenich S.V. Osobennosti konstrukcii i modernizacija malogabaritnogo kamernogo pitatelja i ego uzlov dlja Slav TES // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2011. – № 5 (159) ch. 2. – P. 77-83.

5. Urban Ja. Pnevmaticheskij transport. – M.: Vysshaja shkola, 1980. – 243 p.
6. Gjachev L.V. Dvizhenie sybuchih materialov v trubah i bunkerah. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 200 p.
7. Uspenskij F.A. Pnevmaticheskij transport. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 367 p.

Ковалевський С.В., Романуша В.О., Ленич С.В. Удосконалення конструкції малогабаритного камерного живильника

Розглянуто конструкцію малогабаритного камерного живильника. Наведено відомості про розробку завантажувального клапана із застосуванням пружного елемента, що містить порожнини у вигляді камер, в яких при контакті з тарілкою клапана знаходиться матеріал, що транспортується і який підсилює ефект ущільнення і збільшує довговічність клапана. Поставлено завдання подальшого удосконалення основних функціональних вузлів камерного живильника.

Ключові слова: малогабаритний камерний живильник, пневмотранспорт, енергозбереження, завантажувальний клапан, оптимізація технічних параметрів.

Kovalevskiy S., Romanusha V., Lenich S. Perfection of construction small chamber feeder

The construction of small chamber feeder is considered. The information about development of load valve with the use of resilient element containing cavities as chambers in which at a contact with the dish of valve there is the transported material strengthening the effect of compression and increasing longevity of valve, is resulted. The construction of valve of load before and after modernization of elements of compression is presented. The analysis of the received results is resulted. The tasks of further improvement of basic functional knots of chamber feeder are put.

Key words: small chamber feeder, pneumatic transport, energy-savings, boot valve, improving the technical parameters.

Ковалевський С.В. – к.т.н., доцент кафедри «Електромеханічні системи», ННППІ УПА, м. Артемовськ, Донецька обл., Україна.

Романуша В.О. – к.ф.м.н., доцент кафедри «Електромеханічні системи», ННППІ УПА, м. Артемовськ, Донецька обл., Україна.

Ленич С.В. – ст. викл. кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Ульшин В.О., д.т.н., проф.

Стаття подана 11.04.2013

УДК 621.867

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЯГОВОЙ СИЛЫ НЕПРИВОДНОГО КОНВЕЙЕРА С ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКОЙ ОТ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ

Турушина Н.В., Нечаев Г.И., Турушин В.А.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE TRACTION FORCE NON DRIVE ON THE FACTORS OF THE CONVEYOR WITH AN AIR BAG

Turushina N., Nechaev G., Turushin V.

В статье приведены методика и результаты экспериментальных исследований зависимости от конструктивных и технологических факторов тяговой силы, создаваемой наклонной струей воздуха, выходящего из питающего канала, и расхода воздуха через воздушную подушку в ячейке стеллажного склада, оборудованной транспортным средством с воздушной подушкой.

Ключевые слова: стеллажный склад, воздушная подушка, тяговая сила, планирование эксперимента, экспериментальная установка.

Постановка проблемы. Априорная информация и ранее проведенные теоретические исследования показывают, что использование воздушной подушки для механизации и автоматизации процесса перемещения поддона с грузом при установке его в ячейку стеллажного склада и выдаче его из ячейки позволяет значительно упростить схему автоматизации, повысить коэффициент использования площади зоны хранения груза, сократить капитальные затраты за счет удешевления средств механизации и текущие расходы за счет уменьшения расхода энергии и сокращения обслуживающего персонала.

Анализ последних исследований и публикаций. Ранее проведенные исследования и публикации [1, 2, 3] показали эффективность применения конвейеров на воздушной подушке с наклонными питающими каналами для перемещения штучных грузов с плоской опорной поверхностью или размещенных на плоских поддонах. Разработанная методика [4] позволяет определить основные конструктивные параметры таких конвейеров для частных случаев, когда центр тяжести груза совпадает с геометрическим центром опорной поверхности и высота воздушной подушки во всех точках одинакова. Однако в большинстве случаев центр тяжести смещен, что приводит к смещению точек приложения равнодействующих сил тяги и сопротивления, возникновению крутящего момента относительно вертикальной оси и дополнительных сил сопротивления от трения о направляющие борта, препятству-

ющие развороту поддона. Кроме того, устройство с воздушной подушкой в ячейке стеллажного склада при выдаче груза работает в режиме разгона, что создает дополнительные сопротивления. При движении груза на значительные расстояния такие дополнительные сопротивления могут быть преодолены за счет кинетической энергии движущего груза, что приведет лишь к снижению скорости, но в ячейке склада, где происходит перемещение груза лишь на длину поддона, игнорирование этих сопротивлений приведет к значительным ошибкам и созданию неработоспособной конструкции. Теоретические исследования [3] показали существенное влияние смещения центра тяжести, однако адекватность результатов этих исследований нуждается в экспериментальном подтверждении.

Цель статьи – экспериментальные исследования зависимости тяговой силы и расхода воздуха транспортного устройства с воздушной подушкой с наклонными питающими каналами при внецентренном расположении груза на поддоне и действии в режиме разгона от конструктивных факторов.

Результаты исследований. Исследования проводились на экспериментальной установке (рис. 1), представляющей собой ресивер коробчатой конструкции 2, установленный на четырех ножках с регулировочными винтами 1 для придания исследуемой несущей плите горизонтального положения. Несущие плиты с необходимым набором наклонных цилиндрических каналов 3 устанавливались на ресивере и закреплялись болтами. Сжатый воздух в ресивере подавался от компрессора, через редуктор 5, регулировочный вентиль 6 и ротаметр 7, с помощью которого определялся расход воздуха. Давление в ресивере измерялось с помощью микроманометра 8. Поддон с грузом имитировался пластмассовой плитой размером 200×300 мм с закрепленными по углам четырьмя индикаторами часового типа и установленной на ней гирей, перемещением которой создавался необходимый эксцентриситет центра тяжести относительно центра поддона. С помощью

шнура плита соединялась с концом тензобалки 9, измеряющей тяговое усилие, на которой наклеены тензорезисторы. Сигнал с тензорезисторов регистрировался с помощью аналогово-цифрового преобразователя и персонального компьютера. Камера на опорной поверхности плиты создавалась путем наклеивания узких полос соответствующей толщины по краям опорной поверхности.

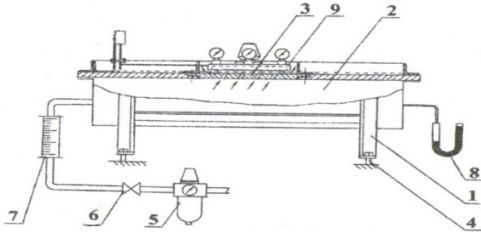


Рис. 1. Экспериментальная установка

В качестве исследуемых факторов, оказывающих влияние на тяговую силу (F_x) и расход воздуха (Q), принимались:

Δb – величина смещения центра тяжести груза относительно геометрического центра опорной поверхности;

φ – угол отклонения оси питающего канала от вертикали;

H – глубина камеры на опорной поверхности поддона;

$\bar{S}_1 = \frac{S_1}{S}$ – относительная площадь питающих каналов;

$C_{y0} = \frac{G}{PS}$ – обобщенный коэффициент подъемной силы.

С целью минимизации количества опытов, необходимых для получения математических моделей исследуемых зависимостей, был использован метод планирования эксперимента [5], для чего выбрана полуреплика пятифакторного эксперимента 2^{5-1} с генерирующим соотношением $x_5 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4$ и определяющим контрастом $+1 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_5$, дополненная для вычисления дисперсии опытов серии

ей из трех опытов на основном уровне. Кодовые значения, уровни и интервалы варьирования приведены в табл. 1.

Связь между исследуемыми величинами и действующими факторами находилась в виде неполного квадратного уравнения:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{14} \cdot x_1 \cdot x_4 + b_{15} \cdot x_1 \cdot x_5 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{24} \cdot x_2 \cdot x_4 + b_{25} \cdot x_2 \cdot x_5 + b_{34} \cdot x_3 \cdot x_4 + b_{34} \cdot x_3 \cdot x_5 + b_{45} \cdot x_4 \cdot x_5.$$

Таблица 1
Кодовые значения, уровни и интервалы варьирования

Характеристика	Факторы				
	Δb , м	C_{y0}	φ , град	\bar{S}_1	H , мм
Кодовые обозначения	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Интервал варьирования	0,01	0,1	10	0,0025	1,0
Основной уровень (код «0»)	0,02	0,5	20	0,0125	1,0
Нижний уровень (код «-1»)	0,01	0,4	10	0,010	0
Верхний уровень (код «+1»)	0,03	0,6	30	0,015	2,0

Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов, их значимость оценивалась по критерию Стьюдента. Оценка адекватности эмпирических моделей осуществлялась по критерию Фишера. В результате обработки экспериментальных данных, замены кодовых значений физическими и соответствующих математических преобразований получены зависимости тяговой силы, F_x , H , от основных действующих факторов (рис. 2):

$$F_x = -0,2258 - 2,21 \cdot \Delta b + 0,518 \cdot C_{y0} + 0,00502 \cdot \varphi + 22,24 \cdot \bar{S}_1 + 0,063 \cdot H - 0,06 \cdot \Delta b \cdot \varphi + 308 \cdot \Delta b \cdot \bar{S}_1 - 0,2 \cdot \Delta b \cdot H - 0,009 \cdot C_{y0} \cdot H - 54,4 \cdot C_{y0} \cdot \bar{S}_1 - 0,118 \cdot C_{y0} \cdot H + 0,356 \cdot \varphi \cdot \bar{S}_1 - 0,00017 \cdot \varphi \cdot H + 2,08 \cdot \bar{S}_1 \cdot H.$$

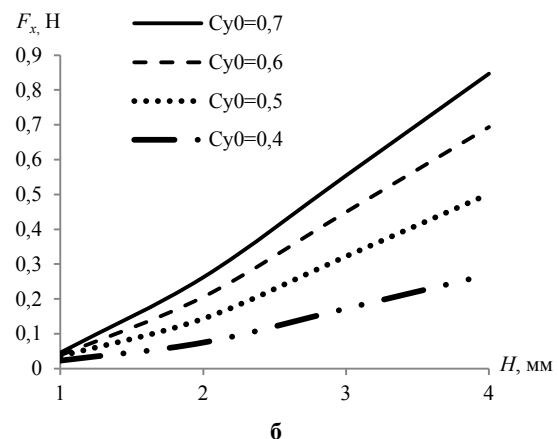
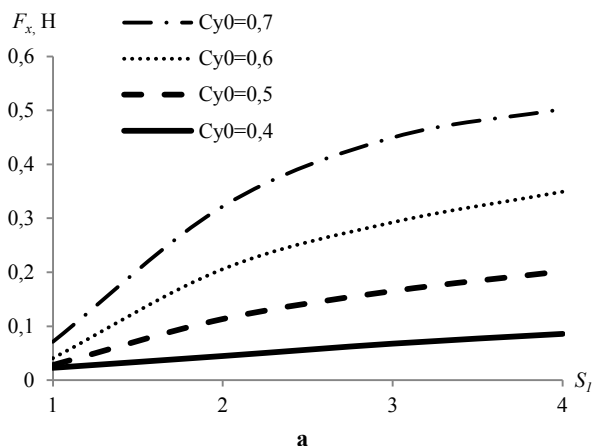


Рис. 2. Графики зависимости тяговой силы от основных факторов

Выводы. Результаты проведенных исследований показывают, что уменьшение значения усредненного коэффициента подъемной силы, которое обуславливается давлением воздуха в ресивере и весом транспортируемого груза, при любом сочетании конструктивных параметров влечет за собой увеличение тяговой силы. Увеличение площади поперечного сечения питающих каналов также способствует увеличению тяговой силы, однако, влечет за собой повышение расхода воздуха, а увеличение глубины камеры более, чем на 2 мм существенного влияния на тяговую силу не оказывает.

Л и т е р а т у р а

1. Турушин В.А., Пронин М.А. Тяговая сила конвейеров на воздушной подушке с наклонными питающими каналами // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2005. – № 6 (88). – С. 230-234.
2. Турушин В.А., Редько А.М., Турушина Н.В. Складские стеллажи с воздушной подушкой // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2010. – № 4 (146) частина 2. – С. 25-27.
3. Турушина Н.В., Турушин В.А. Влияние смещения центра тяжести груза относительно центра поддона конвейера с воздушной подушкой на сопротивление перемещения // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2011. – № 5 (159) частина 2. – С. 298-305.
4. Турушин В.А., Пронин М.А. К вопросу аэродинамического расчета конвейеров на воздушной подушке // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2006. – № 7 (101). – С. 223-225.
5. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М. «Наука», 1976. – 390 с.

R e f e r e n c e s

1. Turushin V.A., Pronin M.A. Tjagovaja sila konvejerov na vozdušnoju podushke s naklonnymi pitajushhimi kanalami // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2005. – № 6 (88). – P. 230-234.
2. Turushin V.A., Red'ko A.M., Turushina N.V. Skladskie stellazhi s vozdušnoju podushkoju // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2010. – № 4 (146) частина 2. – P. 25-27.
3. Turushina N.V., Turushin V.A. Vlijanie smeshhenija centra tjazhesti gruzja odnositel'no centra poddona konvejera s vozdušnoju podushkoju na soprotivlenie peremeshhenija // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2011. – № 5 (159) Ch. 2. – P. 298-305.
4. Turushin V.A., Pronin M.A. K voprosu aerodinamicheskogo rascheta konvejerov na vozdušnoju podushke // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2006. – № 7 (101). – P. 223-225.
5. Zedginidze I.G. Planirovanie eksperimenta dlja issledovanija mnogokomponentnyh sistem. – M. «Nauka», 1976. – 390 p.

Турушина Н.В., Нечаев Г.І., Турушин В.О. Експериментальні дослідження залежності тягової сили неприводного конвеєра з повітряною подушкою від основних факторів

У статті наведено методику та результати експериментальних досліджень залежності від конструктивних та технологічних факторів тягової сили, створюваної похилим струменем повітря, що виходить з живильного каналу, та витрати повітря через повітряну подушку в комірці стелажного складу, обладнаній транспортним засобом з повітряною подушкою.

Ключові слова: стелажний склад, повітряна подушка, тягова сила, планування експерименту, експериментальна установка.

Turushina N., Nechaev G., Turushin V. Experimental study of the traction force non drive on the factors of the conveyor with an air bag

In the article the technique and results of experimental researches depending on the design and technological factors traction force created by the inclined air jet, coming from the header canal, and the air flow whrough the air cushion in the cell of shelving the warehouse, equipped vehicle with an air-bag. A priori information and previously carried out theoretical studies show that the use of an air cushion for mechanization and automation of process of movement of the tray with the load when you install it in a cell of shelving the warehouse and his extradition from the cell can significantly simplify the scheme of automation, raise the utilization ratio of the area of the zone of storage of goods, to reduce the capital costs at the expense of means of mechanization and ongoing costs by reducing energy consumption and the reduction of staff.

Key words: shelf warehouse, airbag, traction force, planning of the experiment, experimental installation.

Турушина Н.В. – аспірантка кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: sun.best@mail.ru.

Нечаев Г.І. – д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Турушин В.О. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 658.382.3

ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ ДОНБАСУ УКРАЇНИ НА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Арнаут І.М., Ключев С.О.

NATURAL FACTORS INFLUENCE ON UKRAINIAN DONBASS LABOUR SAFETY

Arnaut I., Klyuev S.

У статті розглянуті чинники, що впливають на життєдіяльність населення в Донбасівському регіоні, а також рекомендації щодо ліквідації їхніх негативних впливів на навколишнє середовище. Висока концентрація промислового і сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури, у поєднанні з високою щільністю населення, створили надзвичайно високе техногенне і антропогенне навантаження на біосферу – найвищу в Україні і Європі. Основними забруднювачами водних об'єктів є підприємства гірської і металургійної промисловості. Техногенній дії піддаються величезні території від Дону до Дніпра, на яких розташовано більше сотні вугільних шахт.

Ключові слова: природне середовище, атмосфера, повітряний басейн, радіонукліди, мінералізація.

Аналіз стану питання. Донбас – це найбільший промисловий регіон України, в якому налічується декілька тисяч найбільших промислових підприємств, виробничо-промислових об'єднань і підприємств паливно-енергетичного комплексу, гірничодобувної, металургійної, хімічної промисловості і будівельної галузі. Одним з основних чинників, що впливають на екологічну обстановку регіону, є розвиток добувної і перероблювальної промисловості, а також виробництво будматеріалів при застарілих технологіях та пов'язана з цим надмірна урбанізація багатьох районів.

Стан природного середовища визначається також такими специфічними чинниками: посушливим кліматом і маловодністю, відсутністю комплексної системи природоохоронних заходів, залишковим принципом фінансування і матеріально-технічного забезпечення; інтенсивною урбанізацією територій, високим ступенем концентрації промисловості. Тривала дія цих чинників негативно впливає на стан природних екосистем, і умови життя і здоров'я населення [1].

Мета статті – своєчасний аналіз стану атмосферного повітря, водних ресурсів, забруднення гру-

нту, а також аналіз екологічного наслідку масового закриття шахт, необхідних для створення розрахункових моделей зміни навколишнього природного середовища, підготовки рекомендацій для ухвалення рішень щодо запобігання екологічній катастрофі, що істотно змінить умови життєдіяльності в регіоні.

Результати досліджень. Висока концентрація промислового і сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури у поєднанні з високою щільністю населення, створили надзвичайно високе техногенне і антропогенне навантаження на біосферу – найвищу в Україні і Європі. Сумарне техногенне навантаження на одиницю території Донбасівського регіону в 4 рази вище середнього по Україні.

Незважаючи на спад виробництва, в результаті якого загальна кількість викидів і скидань істотно зменшилася, навантаження на біосферу Донбасу, як і раніше, залишається одним з найбільших в Європі. Підприємства регіону викидають біля третини сумарного об'єму забруднюючих речовин в Україні. Високі швидкості і масштаби техногенних процесів, переміщення гірських мас обумовлюють великі об'єми розсіювання хімічних елементів (раніше всього вуглецю і важких металів), викликають накопичення в навколишньому середовищі з'єднань в невластивих природі поєднаннях.

В даний час наш регіон є джерелом до 40% всіх викидів країни. Викиди шкідливих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел, за даними Держкомстату України, складають на рік в Луганській області – 227,5 тис. т, щільність викидів з розрахунку на 1 км² – 8524,7 кг, а в Донецькій області, відповідно, складають 845,1 тис. т і 31871 кг [2].

У структурі шкідливих викидів переважає оксид вуглецю, якого припадає на частку майже 28,8% всіх викидів, сірчаний ангідрид (діоксид сірки) – 21,3%, пил – 15% і легкі органічні сполуки – 13%.

Наднормативні викиди промислових підприємств і автотранспортних засобів завдають значної

шкоди атмосфері великих індустріальних міст, таких як Маріуполь, Донецьк, Алчевськ, Северодонецьк та ін. Це зумовило перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) діоксиду азоту (від 1,2 до 3,3 ГДК), пилу (до 1,3 ГДК), сірчаного ангідриду (до 2 ГДК), оксиду вуглецю (до 1,25 ГДК), аміаку (до 3 ГДК), фенолу (до 3,2 ГДК).

Особливу небезпеку забруднення повітря створюють відвали, що горять. За даними досліджень Макіївського НДІ, в середньому за добу з одного відвалу в навколишнє середовище викидається 150 т діоксиду вуглецю, 10 тонн оксиду вуглецю, 1,5 т діоксиду сірки, 0,4 т сірководню, 0,1 т оксидів азоту.

На вугільних шахтах Луганської області утворилося більше 100 тис. м³ відходів з техногенно-посиленою природною радіоактивністю, які за радіаційними характеристиками мало в чому поступаються відходам уранодобувних і уранопереробних підприємств. Відбуваються викиди і скидання в навколишнє середовище природних радіонуклідів. Встановлено також, що з 1 га поверхні териконів щорічно вітром здувається до 10 т пилу, водними потоками вимивається більше 35 т дрібнозему, значної кількості водорозчинних солей, радіонуклідів, важких металів, фтору. При підтопленні і затопленні територій різко збільшується інтенсивність розчинення техногенних забруднювачів в ґрунтах і підстилаючих ґрунтах, що, у свою чергу, підвищує ризик забруднення поверхневих і підземних водозаборів і гідросфери в цілому [3].

Складна екологічна ситуація негативно впливає на стан здоров'я населення, внаслідок чого знизилася народжуваність і збільшилася загальна смертність населення. Особливо висока смертність в працездатному віці, яка складає 24% від всіх померлих (по Україні – 11%). Коефіцієнт відновлення населення Донбасу найбільший в країні – 0,413, тоді як в Україні в цілому він складає 0,519 [4].

Одна з причин незадовільного стану повітряно-го басейну регіону – недостатнє оснащення джерел виділення забруднюючих речовин високоєфективним газопиловловлюючим устаткуванням і низький рівень їх експлуатації. Так, в Донбасі оснащені очисними установками лише близько 40% джерел викиду шкідливих речовин. Як і в попередні роки, причини незадовільного становища і недостатньої оснащеності джерел викидів газоочисним устаткуванням залишаються колишніми – це відсутність або недолік обслуговуючого і ремонтного персоналу, запасних частин і матеріалів, проблеми фінансування запланованих ремонтних і будівельних робіт.

Водні ресурси регіону формуються завдяки транзитного припливу поверхневих вод, в основному по річці Сіверський Донець завдяки Харківській області, місцевому річковому стоку, стічним, шахтним і кар'єрним водам, а також експлуатаційним запасам підземних вод (1067 тис. куб. м на добу).

Основними забруднювачами водних об'єктів є підприємства гірської і металургійної промисловості. Техногенній дії піддаються величезні території

від Дону до Дніпра, на яких розташовано більше сотні вугільних шахт. Щорічно вони скидають близько 500 млн м³ шахтних вод, забруднених мінеральними солями, зваженими речовинами і бактерійними домішками. У малі річки Донецької і Луганської областей щорічно надходить близько 1,5 млн т солей, що привело до обміління річок за останні роки на один метр.

До категорії основних підприємств-забруднювачів металургійної промисловості слід віднести такі: металургійний комбінат ім. Ілліча і "Азовсталь" в Маріуполі, металургійний і коксохімічний заводи в Єнакієво, Алчевський металургійний комбінат, Алчевський і Стахановський коксохімічні заводи.

Аналіз і зіставлення даних з геохімічної спеціалізації встановлених природно-техногенних типів ґрунтів і основних видів мінеральної сировини, що витягується з надр і споживається виробничими комплексами Донбасу (вугілля, залізних і марганцевих руд, вапняків доломіту та ін.), а також промислових відходів, що утворюються, показують, що змінені техногенними процесами ґрунти, як правило, успадкують геохімічну спеціалізацію від мінеральної або вторинної сировини через промислові відходи. Таким чином, визначається причинно-наслідковий зв'язок в компонентному ланцюгу: сировина – промислові відходи – навколишнє середовище.

Програма реструктуризації вугільної промисловості і у зв'язку з нею – закриття шахт в Луганській і Донецькій областях з'явилося джерелом непередбачених проблем життєдіяльності населення, які за своєю значущістю вийшли на один рівень із соціально-економічними питаннями регіону.

Не викликає сумнівів об'єктивність оцінок учених і фахівців щодо негативних наслідків масового закриття шахт в Луганській і Донецькій областях для стану навколишнього середовища і здоров'я людини, які зводяться до такого:

В результаті сукупної дії негативних чинників при закритті шахт виявляється стійке зростання площ територій з активним розвитком процесів підтоплення житлово-комунальних і промислових об'єктів, сільгоспугідь, комунікаційних об'єктів, транспортних магістралей, і як наслідок цього, активізуються процеси забруднення поверхневих і підземних вод, осідання земної поверхні, накопичення потенційної енергії в затоплених гірських виробленнях з формуванням гідрогеомеханічної напруги і зниженням стійкості порідних масивів.

Міняється структура потоків вибухонебезпечних газів вугільних пластів, що може ускладнити газогеохімічні умови шахт, що діють, і прилеглої промислово-міської агломерації.

Практично повсюдно спостерігається геохімічне забруднення ландшафту промислово-міських і сільськогосподарських районів, що виражається в зростанні концентрацій важких металів, нафтопро-

дуктів і ін. в ґрунтах, сніжному покриві, донних відкладеннях.

Відбувається стійке підвищення мінералізації і забруднення нітратами, важкими металами підземних і поверхневих вод.

Виявляється на окремих ділянках радіохімічне забруднення ґрунтів і підземних вод уран-радіймісними мінералами, в основному в зонах впливу шламонакопичувачів.

Висновки. Дослідження ґрунтів, річок, рослин, аерозольних випадань і медико-біологічні дослідження промислової агломерації Донбасу свідчать про актуалізацію проблем забезпечення життєдіяльності населення, а їх рішення повинне здійснюється шляхом наукового підходу до вивчення їхніх причин.

Основними напрямками в розв'язанні проблеми є:

- зменшення і знищення небезпечних відходів;
- утилізація і знищення відходів промислового комплексу;
- зниження скидань забруднених вод від промислових підприємств і в комунальному секторі;
- розвиток природно-заповідного фонду області;
- екологічна освіта, робота з громадськими організаціями, міжнародна співпраця в галузі екології.

Література

1. Зубков Р.М., Аверин Г.В. Энергетические проблемы деминерализации шахтных вод / Р.М. Зубков, Г.В. Аверин // Зб. допов. I Міжн. наук. конф. асп. та студ. «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів». – Т. 1. – Донецьк: ДонНТУ, 2002. – С. 90-91.
2. Кононов И.Ф., Кононова Н.Б., Денщик В.А. Кризис и самоорганизация; Шахтерские города Донбасса в период реструктуризации угольной промышленности: социальное и экологическое измерения / И.Ф. Кононов, Н.Б. Кононова, В.А. Денщик. – Луганск: Альма-матер, 2001. – 144 с.
3. Материалы «Годового отчета Госуправления экологии и природных ресурсов в Луганской области о состоянии окружающей природной среды за 2000 год».
4. Несмашная А.Е., Андреева Н.А. Динамика почвенных процессов в условиях подтопления шахтными водами / А.Е. Несмашная, Н.А. Андреева // Матер. наук.-практ. конф. «Екологічна безпека техногенно перевантажених регіонів та раціональне використання надр», 17-21 вересня 2001 року, АР Крим, м. Коктебель.

References

1. Zubkov P.M., Averin G.V. Jenergeticheskie problemy demineralizacii shahitnyh vod / P.M. Zubkov, G.V. Averin // Zb. dopov. I Mizhn. nauk. konf. asp. ta stud. «Ohorona navkolishn'ogo seredoviwa ta racional'ne vikoristannja prirodnih resursiv» – Т. 1. – Donec'k: DonNTU, 2002. – P. 90-91.

2. Kononov I.F., Kononova N.B., Denwik V.A. Krisis i samoorganizacija; Shahterskie goroda Donbassa v period restrukturizacii ugol'noj promyshlennosti: social'noe i jekologicheskoe izmerenija / I.F. Kononov, N.B. Kononova, V.A. Denwik. – Lugansk: Al'ma-mater, 2001. – 144 p.
3. Materialy «Godovogo otcheta Gosupravlenija jekologii i prirodnyh resursov v Luganskoj oblasti o sostojanii okruzhajuwej prirodnoj srede za 2000 god».
4. Nesmashnaja A.E., Andreeva N.A. Dinamika pochvennyh processov v uslovijah podtoplenija shahtnymi vodami / A.E. Nesmashnaja, N.A. Andreeva // Mater. nauk.-prakt. konf. «Ekologichna bezpeka tehnogenno perevantazhenih pegioniv ta racional'ne vikoristannja nadr», 17-21 veresnja 2001 roku, AR Krim, m. Koktebel'.

Арнаут И.Н., Ключев С.А. Влияние природных факторов Донбасса Украины на безопасность жизнедеятельности человека

В статье рассмотрены факторы, влияющие на жизнедеятельность населения в Донбасском регионе, а также рекомендации по ликвидации их негативных влияний на окружающую среду. Высокая концентрация промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортной инфраструктуры, в сочетании с высокой плотностью населения, создали чрезвычайно высокую техногенную и антропогенную нагрузку на биосферу – наивысшую в Украине и Европе. Основными загрязнителями водных объектов являются предприятия горной и металлургической промышленности. Техногенному воздействию подвергаются огромные территории от Дона до Днепра, на которых расположено более сотни угольных шахт.

Ключевые слова: природная среда, атмосфера, воздушный бассейн, радионуклиды, минерализация.

Arnaut I., Klyuev S. Natural factors influence on Ukrainian Donbass labour safety

In article the factors influencing ability to live of the population in the Donbass region, and also the recommendation about liquidation of their negative influences on environment are considered. To one of reasons of the unsatisfactory state of air pool of region is an insufficient equipment of sources of secreting of contaminants a high-efficiency gaz-dust equipment and low level of their exploitation. Research of soils, rivers, plants, aerosol falls and medical-biological researches of industrial agglomerations of Donbass testify at actualizations of problems of providing safety functions of population, and their decision must achieve the scientific approach is carried out near the study of their reasons.

Keywords: environment, atmosphere, air pool, radionuclides, a mineralization.

Арнаут И.М. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Ключев С.О. – асистент кафедри охорони праці та БЖД, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: sergistreet@gmail.com.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 10.04.2013

УДК 613

СОЦІАЛЬНІ НЕБЕЗПЕКИ: АЛКОГОЛІЗМ, ТЮТЮНОКУРІННЯ**Гуляєв В.П., Арнаут І.М., Михайлов Д.В.****SOCIAL DANGERS: ALCOHOLISM, TOBACCO SMOKING****Gulyaev V., Arnaut I., Mikhailov D.**

Розглянуто питання впливу алкоголю і тютюнокуріння на організм людини. Особливо шкідливу дію від алкоголю відчуває головний мозок. Найчастіше трапляються такі психічні розлади, як біла гарячка, алкогольний галюциноз, алкогольне марення, епілепсія. Тютюнокуріння – основна причина передчасної смерті. Тютюн – фактор ризику більше ніж 25 хвороб. У тютюновому димі, крім слабого наркотику – нікотину, міститься близько 30 особливо отруйних речовин – чадний газ, бензпірен (сильний канцероген) і багато інших.

Ключові слова: алкоголізм, тютюн, тютюнокуріння.

Постановка проблеми. Формування засад ринкової економіки створило в Україні принципово нову соціальну та економічну ситуацію. Зараз все більшого значення набуває поділ суспільства за рівнем та джерелом багатства, наявністю чи відсутністю приватної власності. Саме прибуток і форма його отримання стають головним структуротвірним чинником українського суспільства, що свідчить про становлення в Україні ринкових відносин та первинного капіталізму.

Одночасно набувають сили і негативні чинники: формування нової соціальної диференціації та відповідних критеріїв її оцінки свідчить про нездорові відносини у суспільстві; надто різкий поділ на бідних та багатих; процеси збідніння та збагачення мають деформований характер.

За таких обставин різко зростають форми та розміри соціальних відхилень (злочинність, самогубства, наркоманія, алкоголізм, тютюнокуріння тощо). Ці та багато інших форм збоченої поведінки в умовах занепаду системи соціального контролю стали загрозливими для суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Алкоголізм – страшна хвороба, яка за розповсюдженням на Землі посідає третє місце після серцево-судинних та ракових захворювань [1]. За даними статистики в Україні, чисельність зареєстрованих людей з алкогольними проблемами становить близько 690 тис. [2].

Від алкоголізму в Україні щороку помирає близько 40 тисяч людей. У 25% випадків це алко-

гольне отруєння (передозування та алкогольні напої підпільного виготовлення). Ще чверть – це серцеві напади від непомірного споживання. А друга половина – інші захворювання, нещасні випадки, пов'язані з вживанням алкоголю. Крім того, фіксується 25-30% випадків патології новонароджених, причиною яких є вживання алкоголю батьками.

У житті сучасного суспільства особливо гостро стали проблеми, пов'язані з тютюнокурінням. Особливо великого поширення воно набуло серед молоді. Шкідливі звички негативно впливають на життя суспільства в цілому, а також на життя та діяльність особи окремо. Наразі ця проблема стала справді глобальною [3]. За статистичними даними, поширення шкідливих звичок у великому масштабі пов'язано з нестабільністю політичної та економічної ситуації, з наявністю великої кількості криз та недосконалістю політичного та економічного механізму. Стосовно нашої країни ця проблема особливо актуальна, і коріння її йдуть глибоко в історію нашого народу, поширення її пов'язане з низькою культурою суспільства. З цією проблемою має боротися не тільки суспільство, а також кожна людина має усвідомлювати для себе велику шкоду куріння і намагатися боротися з ним.

Мета. Метою роботи є аналіз причин алкоголізму та тютюнокуріння в Україні, їхнього впливу на здоров'я нації.

Результати досліджень. П'янство та алкоголізм завдають великої економічної, соціальної та моральної шкоди суспільству. Люди, які п'ють, частіше хворіють, допускають брак у роботі, через них стаються аварії і травми (20% побутового і 46% вуличного травматизму). Через провину п'яних водіїв все частіше трапляються дорожньо-транспортні випадки (72,5%). Важким соціальним наслідком алкоголізму є його тісний зв'язок зі злочинністю – 96% правопорушень здійснюється особами в стані алкогольного сп'яніння.

Всмоктування алкоголю в кров в основному відбувається в шлунку (20%) і тонкому кишечнику (80%). У слизову оболонку шлунку і тонких кишок алкоголь проникає шляхом дифузії, і велика частина його надходить в потік крові в незміненому вигляді.

Швидкість всмоктування алкоголю багато в чому визначається наповненням шлунку і кишечника. Всмоктування алкоголю сповільнюється, якщо шлунок наповнений їжею, при цьому сп'яніння розвивається повільніше. Відразу ж після надходження алкоголю в потік крові починається його окислення і виділення. За численними даними близько 90-95% алкоголю, що всмоктався в кров, окислюється в організмі під дією ферментів до вуглекислоти і води, а 5-10% виділяється в незміненому вигляді нирками, легенями і шкірою.

Прийнято вважати, що окислення і виділення алкоголю відбуваються завжди з однією і тією ж швидкістю незалежно від концентрації алкоголю в організмі. Зростає обсяг крові, що викидається серцем за одне скорочення. За даними багатьох дослідників, швидкість окислення алкоголю становить 6-10 г на годину. Наприклад, після прийому 100 мл горілки, що становить приблизно 40 г чистого алкоголю, останній виявляється в тканинах людини протягом чотирьох-семи годин. Після прийому спиртних напоїв у великих кількостях виділення алкоголю з організму може тривати до двох-трьох діб. Алкоголь, що знаходиться в крові, разом з нею омиває всі органи і тканини організму і проникає в них. Концентрація алкоголю в органах і тканинах багато в чому визначається вмістом у них рідини: чим багатша водою тканина або орган, тим більше міститься в них алкоголю.

Особливо сильну шкідливу дію алкоголю відчуває головний мозок, тому що в нервових клітинах головного мозку є велика кількість ліпідів, в яких алкоголь розчиняється краще, ніж в інших середовищах. Зберігається алкоголь у головному мозку до 90 днів. При важкому отруєнні алкоголем гине декілька тисяч клітин сірої речовини головного мозку.

Зловживання алкоголем призводить до психічних розладів. Найчастіше трапляються такі психічні розлади, як біла гарячка, алкогольний галюциноз, алкогольне марення, епілепсія.

Сучасні дослідження дозволяють обґрунтовано стверджувати, що в організмі немає таких структурних елементів, на яких би не позначалася токсична дія алкоголю. Алкоголь «втручається» у синтез білків, вуглеводів, жирів, порушує ферментний метаболізм, він впливає на мітохондрії, порушує проникність мембран, змінює провідність нервових імпульсів і т.д.

Сьогодні смертність населення України визначається передусім неінфекційними захворюваннями, тісно пов'язаними з широким розповсюдженням факторів ризику, які характерні для поведінки людини. Серед них тютюнокуріння – основна причина передчасної смерті, яку можна запобігти. Тютюн – фактор ризику більше ніж 25 хвороб. За оцінками ВООЗ, біля третини дорослого населення світу – курять. Кожного року в світі тютюн викликає 3,5 мільйонів смертей, або 1000 щодня. За прогнозами глобальна тютюнова «епідемія» забере життя 250 мільйонів сучасних дітей та підлітків.

Нікотин – одна із найсильніших рослинних отрут, основна складова тютюнового диму. Отруй-

ність нікотину відчуває кожний, хто взяв у рот першу в житті цигарку або сигарету. Ніхто не може докурити першої сигарети до кінця, цьому заважають запаморочення і нудота. Поступово організм звикає до нікотину, і куріння не викликає таких неприсмих відчуттів, хоча отруєння організму триває.

При згорянні сигарети нікотин руйнується тільки частково, приблизно на 25%. Вміст нікотину в диму головної струї сигарети від 0,4 до 3 мг – лише 20% від загальної кількості нікотину в сигареті. В недопалку залишається біля 5%, а інші 50% потрапляють у повітря в приміщенні, де палять. Фізична та психологічна залежність від нікотину розвивається набагато швидше, ніж від алкоголю.

Шкідлива дія тютюну не обмежується нікотином. До складу тютюнового диму входить близько 30 отруйних речовин: бензпірен, аміак; синильна кислота; сірководень; чадний газ; радіаційні речовини; тютюновий дьоготь.

При повільному згорянні виділяється дим, який являє собою неоднорідну (гетерогенну) суміш, що складається в середньому з 60% різних газів і 40% мікроскопічних дьогтевих крапель (аерозолі). В газовій фракції диму міститься, крім азоту (59%), кисню (13,4%), ще й оксид вуглецю (IV) (13,6%), оксид вуглецю (II) (4%), водяна пара (1,2%), ціанистий водень (0,1%), оксиди азоту, акролеїн та інші речовини. Аерозольна фракція диму включає воду (1,4%), гліцерин та спирти (0,1%), альдегіди і кетони (0,1%), вуглеводні (0,1%), феноли (0,003%), нікотин (0,002%) та ін. Відповідно з основною дією шкідливі речовини, що містяться в тютюновому димі і впливають на організм, об'єднані в 4 групи: 1) канцерогенні речовини; 2) подразнюючі речовини; 3) отруйні гази; 4) отруйні алкалоїди.

Куріння та його вплив на організм людини стають сьогодні соціальною і медичною проблемами. Доведено, що куріння тютюну є великою небезпекою для здоров'я і призводить до виникнення різних захворювань, які спричиняють передчасну смерть людей. Виявляється, що смертність від раку легень серед курців у 20 разів вища, ніж серед тих, що не курять. Також курці в 13 разів частіше хворіють на стенокардію (захворювання серця) і в 10 разів частіше – на виразкову хворобу шлунку. Як правило, курець живе на 6-8 років менше, ніж його ровесник, який не курить. За даними вчених, 50% обстежених курців в тій чи іншій формі страждають на імпотенцію. Статева функція відновлюється, коли людина припиняє отруєння організму тютюном.

Головною причиною виникнення і розвитку «тютюнового» кашлю стають краплі дьогтю, що осіли в легенях. Речовини, що містяться в тютюновому димі, викликають запалення епітелію, що покривають дихальні шляхи, це призводить до підвищеного виділення секретії та слизу, що пов'язаний із виділенням мокроту при кашлі.

Куріння – один з основних чинників, який призводить до того, що розвивається рак легень. Куріння збільшує ризик захворіти не тільки на рак легень, а й на злоякісні новоутворення інших органів: язика, гортані, стравоходу, сечового міхура.

Тютюн негативно впливає на серцево-судинну систему, репродуктивні органи. Доведено, що більше 50% всіх захворювань, що є причиною смерті курців, випадає на долю серцево-судинних захворювань. Більше 80% хворих, що страждають на хронічне захворювання шлунку та дванадцятипалої кишки, є курцями. Це захворювання найчастіше зустрічається у завязятих курців. Доведено, що куріння негативно впливає і на процес лікування виразки.

Куріння завдає великої шкоди всім, але особливо молодому поколінню, організм яких знаходиться в процесі статевого дозрівання, тому куріння може негативно вплинути на їхніх майбутніх дітей. Куріння є не лише особистою проблемою кожної людини окремо, але й гострою соціальною проблемою, з якою пов'язане майбутнє всього людства.

Особливої шкоди завдає куріння жіночому організму. Серед жінок, які протягом 20 років скурили 26 і більше сигарет за день, 80% померли від коронарних захворювань серця. В цій групі ризик смертельних приступів виявився в 5,4 раза більшим, ніж серед тих, хто не палить. Навіть одна-чотири сигарети на день збільшують ризик коронарних захворювань у 12,4 раза. Абсолютно неприпустиме паління для вагітних жінок – це в 100% випадків призводить до ненормального розвитку дитини, появи аномалій, зокрема й генетичних, передчасного переривання вагітності тощо.

Згубна дія тютюну не обмежується змінами в організмі курця. В закритому приміщенні під час куріння скопчується велика кількість тютюнового диму. Перебуваючи в цьому приміщенні, його вдихають і люди, які не курять.

Підраховано, що людина, яка перебуває протягом години у накуреному приміщенні, вдихає стільки тютюнового диму, мовби скурила чотири сигарети. У людини, яка довгий час перебувала в накуреному приміщенні, виникають ознаки ніотинової отрути: виникає головний біль, нудота, кволість.

Велика організована боротьба з курінням у багатьох країнах привела до зменшення курців. Але необхідно продовжувати політику боротьби з цим явищем.

Висновки. Спокусити людину алкоголем – найпростіший спосіб збити її зі шляху до самовдосконалення і запустити процес деградації як окремої особистості, так і всього суспільства. Куріння є соціальною проблемою суспільства як для частини, що палить, так і для частини, що не палить. Для першої – проблемою є кинути палити, для другої – уникнути впливу суспільства, що палить, і не «заразитися» їхньою звичкою, а також – зберегти своє здоров'я від продуктів куріння, оскільки речовини, що входять в дим, що видихається курцями, не набагато безпечніше того, якщо б людина сама курила і приймала в себе нікотин.

Література

1. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник для студентів вищ. навч. закладів / Є.П. Желібо, Н.М. Заверуха, В.В. Зацарний. За ред. Є.П. Желібо. – 6-е вид. – К.: Каравела, 2010. – 344 с.

2. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник / М.А. Касьянов і др. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2006. – 284 с.
3. Цивільна безпека: Навч. посібник / В.О. Михайлюк, В.О. Халмуратов. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 158 с.

References

1. Bezpeka zhyttjedijal'nosti: Navch. posibnyk dlja studentiv vyshh. navch. zakladiv / Ye.P. Zhelibo, N.M. Zaveruha, V.V. Zaczarnyj. Za red. Ye.P. Zhelibo. – 3-je vyd. – K.: Karavela, 2010. – 344 p.
2. Bezpeka zhyttjedijal'nosti: Navch. posibnyk / M.A. Kas'janov i dr. – Lugansk: Vyd-vo SNU im. V. Dalja, 2006. – 284 p.
3. Cyvil'na bezpeka: Navch. posibnyk / V.O. Myhajljuk, V.O. Halmuradov. – K.: Centr uchbovoi' literatury, 2008. – 158 p.

Гуляев В.П., Арнаут И.Н., Михайлов Д.В. Социальные опасности: алкоголизм, табакокурение

Рассмотрен вопрос влияния алкоголя и табакокурения на организм человека. Особо вредное действие алкоголь оказывает на головной мозг. Чаще всего случаются такие психические расстройства, как белая горячка, алкогольный галлюциноз, алкогольный бред, эпилепсия. Табакокурение – основная причина ранней смерти. Табак – фактор риска более чем 25 болезней. В табачном дыме, кроме слабого наркотика – никотина, содержится около 30 особо ядовитых веществ – угарный газ, бензпирен (сильный канцероген) и многие другие.

Ключевые слова: алкоголизм, табак, табакокурение.

Gulyaev V., Arnaut I., Mikhailov D. Social of danger: alcoholism, tobacco smoking

The question is considered of influence of alcohol and tobacco smoking on a human body. Especially harmful action renders alcohol on a brain. There are such mental frustration, as a delirium tremens, alcoholic delirium, an epilepsy more often. Seduce a man of alcohol - the easiest way to knock it out of the way to self-improvement and start the process of degradation as a separate individual and the whole society. A tobacco smoking – a principal cause of early death. Tobacco – a risk factor more than 25 illnesses. Smoking increases the risk of disease not only to lung cancer, but also for malignant neoplasms of other bodies: the tongue, the larynx, esophagus, bladder. In a tobacco smoke, except a weak drug – nicotine, contains nearby especially poisonous 30 substances – carbonic oxide, benzopyrene (strong carcinogen) and many other things. Tobacco has a negative impact on the cardiovascular system, the reproductive organs.

Keywords: alcoholism, tobacco, tobacco smoking.

Гуляев В.П. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Арнаут І.М. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Михайлов Д.В. – к.т.н., доцент кафедри охорони праці та БЖД, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 18.04.2013

УДК 625.143.482

ИНТЕНСИВНОСТЬ СМЯТИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ НА ПУТЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Заверкин А.В., Кузьменко С.В., Сёмин Ю.Г., Чередниченко С.П.

THE INTENSITY OF THE CRUMPLE OF WOODEN SLEEPERS ON THE PATHS OF METALLURGICAL ENTERPRISES

Zaverkin A., Kuzmenko S., Sjomn Yu., Cherednichenko S.

Исследован характер износа шпал на различных путях промышленных предприятий. Изучены условия износа шпал на специальных путях промышленных предприятий. Предложена методика измерений износа шпал на специальных путях промышленных предприятий. Предложена методика прогнозирования сроков службы деревянных шпал на путях промышленных предприятий. Разработаны зависимости для определения сроков службы деревянных шпал. Предложены эмпирические коэффициенты.

Ключевые слова: промышленное предприятие, грузовой фронт, подъездной путь, верхнее строение пути.

Постановка проблемы. Необходимость исследования вопросов увеличения сроков службы деревянных шпал, уложенных на железнодорожных путях металлургических предприятий, диктуется не только их дефицитом, но и стремлением сократить затраты, связанные с их эксплуатацией.

Цель. Цель работы – исследование износа шпал на подъездных путях промышленных предприятий.

Результаты исследований. В ходе исследования на пяти металлургических заводах (Алчевский, Донецкий, Криворожский, им. Ильича, Енакиевский) выполнены эксплуатационные наблюдения и измерения по определению причин выхода из строя деревянных шпал. Работа выполнялась в двух направлениях:

1) визуальное обследование шпал, изъятых при капитальном ремонте, с целью выявления причин дефектов;

2) определение величин смятия под подкладками различных технологических путей с определенным пропущенным тоннажем.

В первом случае было обследовано 1270 шпал, изъятых при капитальном ремонте. Причины выхода шпал из строя представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, 29% шпал изъято по смятию под подкладкой, 22% – по сквозным торцовым трещинам. Выход из строя шпал по причине поперечного излома и разрушения в результате сходов составляет 17%.

Таблица 1

Основные причины выхода шпал из строя

Дефекты	Количество обследованных шпал					Средний % дефектности
	АМЗ	ДМЗ	КМЗ	им. Ильича	ЕМЗ	
Смятие и загнивание древесины под подкладкой	78/28,8	82/33,0	93/31,0	65/26,0	48/24,2	29,0
Выколы кусков древесины	20/7,4	24/9,4	33/11,0	18/7,0	21/10,3	9,0
Разработка костыльных отверстий	40/15,0	26/10,5	43/14,5	45/18,0	20/9,8	14,0
Поперечные изломы (в т.ч. в рез. схода)	53/19,6	46/18,6	51/17,0	41/16,0	26/13,0	17,0
Сквозные, с торца трещины, длиной не менее 1 м	54/20,0	54/21,5	62/20,5	55/22,5	53/26,7	22,0
Гнилость, при которой шпала не может выполнять своего назначения	25/9,2	18/7,0	18/6,0	26/10,5	32/16	10,0
Общее количество обследованных шпал	270	250	300	250	200	1270

Примечание: В гр. 2-6, в числителе – количество шпал (шт.), в знаменателе – % дефектности.

Анализ результатов осмотра на каждом заводе показывает, что должна существовать зависимость, позволяющая подходить к критериям оценки выхода из строя шпал в зависимости от эксплуатационных условий.

Шпалы на технологических путях работают в сложных и специфических условиях. Специфика выражается главным образом в обращении специального подвижного состава, имеющего высокие осевые и погонные нагрузки (соответственно 250-560 кН и 250-380 кН/м) при малых диаметрах колёс, а также в наличии большого количества участков пути с кривыми малого радиуса (28% путей металлургических заводов уложено в кривых, радиусом 100-300 м). Эти факторы в определённой степени влияют на прочность шпал и срок их службы. Однако не менее важен фактор частоты нагрузок от подвижного состава.

Несущая способность шпал определяется их сопротивляемостью поездным нагрузкам, которая зависит от прочности, уменьшающейся во времени (вследствие эксплуатационных факторов), а также от величины поездной нагрузки и её количества.

В общем случае сопротивляемость шпал поездным нагрузкам обеспечивается при соблюдении следующих условий:

$$\sigma = f(Q_{ш}) \leq [\sigma]; \quad (1)$$

$$h = f(\sigma, T, k) \leq [h]; \quad (2)$$

$$H_{II} = \frac{H_{ш} - Q_{ш} \cdot f_{mp}}{n_{np} \cdot \beta} \leq [H_{II}]; \quad (3)$$

$$\sigma_u = \varphi(Q_{ш}) \leq [\sigma_u], \quad (4)$$

где σ и $[\sigma]$ – нормальные действующие и допускаемые напряжения в шпале под подкладкой;

$Q_{ш}$ – нагрузка от рельса на шпалу;

h и $[h]$ – возникающие и допускаемые углубления в шпалах под подкладками, возникающие за период пропуска определённого тоннажа;

k – коэффициент, учитывающий условия работы шпал (род балласта, конструкцию скрепления и т.п.);

H_{II} и $[H_{II}]$ – горизонтальная действующая и допускаемая нагрузка на один прикрепитель;

$H_{ш}$ – горизонтальная нагрузка, передаваемая рельсом на подкладку;

f_{mp} – коэффициент трения подкладки по шпале;

n_{np} – число прикрепителей на одной подкладке;

β – коэффициент неодновременности работы прикрепителей в сопротивлении горизонтальным силам;

σ_u и $[\sigma_u]$ – действующие и допускаемые крайние изгибные напряжения в шпалах.

Как видно из этих условий, одним из основных параметров, определяющих сопротивляемость шпал, является величина углубления под подкладками.

В условиях эксплуатации путей металлургических заводов шпала за период своей службы в пути в среднем 12 млн раз загружается колёсами подвижного состава. За срок службы шпалы, равный от 8 до 20 лет, эксплуатационные работы шпалы (нагрузка на ось, интенсивность движения, род балласта, эпюра шпал и др.) часто значительно меняются. В этих условиях чрезвычайно трудно установить даже некоторые закономерности выхода из строя шпал по тем или иным условиям эксплуатации. Это положение усугубляется ещё и тем, что на заводах отсутствует практически какой-либо учёт, связанный со сменой шпал. Шпала, снятая при капитальном ремонте одного участка, может быть уложена (после отбраковки) на любой другой участок завода с совершенно новыми эксплуатационными условиями.

Анализ ряда исследований, выполненных в отношении шпального хозяйства, свидетельствует, что одним из основных критериев в прогнозировании выхода из строя деревянных шпал является установление различных эксплуатационных закономерностей врезания в шпалы концов подкладок. На основании этого установлены допускаемые напряжения на шпалы под подкладками.

На указанных заводах выполнены измерения смятия древесины под подкладками для различных условий эксплуатации.

Цель измерений – определение величины смятия шпалы под подкладками в зависимости от пропущенного тоннажа. Измерения выполнялись в прямых участках пути и в кривых радиусом $100 \leq R \leq 300$. На каждой шпале измерение выполнялось в двух точках, в прямых участках пути – под внутренними кромками подкладок, в кривых – под наружными, т.е. в местах максимального врезания. Технологическая характеристика участков измерения дана на рис. 1.

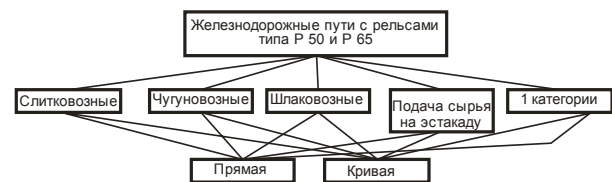


Рис. 1. Структура обследования участков пути

По данным измерений построены фактические кривые зависимостей смятия древесины под подкладками от пропущенного тоннажа (млн т брутто) рис. 2.

Из графиков видно, что смятие древесины под подкладками неравномерно: на кривых участках пути подкладки врезаются более интенсивно, чем в прямых. Величина неравномерности для внекатегорийных путей с нагрузкой от 350 до 500 кН на ось составляет от 15 до 30%, а для путей 1 категории и путей подачи сырья на бункерную эстакаду – от 25 до 43%.

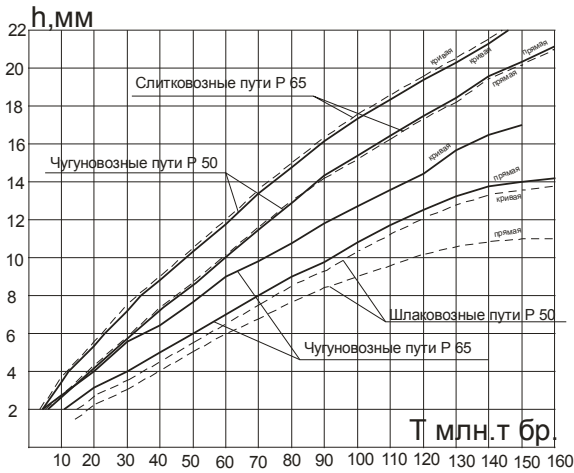


Рис. 2. Смятие древесины под подкладками при костыльном скреплении в зависимости от пропущенного тоннажа

Разницу в величине смятия для рельсов Р50 в сравнении с Р65 для одних и тех же условий удалось установить только для чугуновозных путей. Смятие

для рельсов Р50 с подкладками Д2-50 в 1,35 раза больше, чем для рельсов Р65 с подкладками Д2-65. В этом случае сказывается разница в величине площади опирания.

По измеренным величинам смятия древесины под подкладками произведена аппроксимация зависимости величины $h_{мм}^*$ от пропущенного тоннажа T . При аппроксимации кривых была выбрана формула:

$$h = a \cdot T^n,$$

где h – величина смятия древесины под подкладками при костыльном скреплении;

T – пропущенный тоннаж, млн т брутто;

a, n – эмпирические коэффициенты.

Зависимости интенсивности смятия приведены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что смятие на первом этапе эксплуатации проходит более интенсивно, величина его зависит от категории пути.

Таблица 2

Интенсивности смятия древесины под подкладками

Участки пути	Р50		Р65	
	Прямая	Кривая	Прямая	Кривая
Слитковозные	-	-	$h = 0,403 \cdot T^{0,776}$	$h = 0,541 \cdot T^{0,744}$
Чугуновозные	$h = 0,574 \cdot T^{0,732}$	$h = 0,338 \cdot T^{0,818}$	$h = 0,357 \cdot T^{0,725}$	$h = 0,572 \cdot T^{0,889}$
Шлаковозные	$h = 0,354 \cdot T^{0,67}$	$h = 0,366 \cdot T^{0,714}$	-	-
Подачи сырья на бункерную эстакаду	$h = 0,383 \cdot T^{0,635}$	$h = 0,456 \cdot T^{0,681}$	-	-
1 категории	$h = 0,337 \cdot T^{0,623}$	$h = 0,404 \cdot T^{0,851}$	$h = 0,337 \cdot T^{0,823}$	-

Выводы. 1. На железнодорожных путях металлургических заводов деревянные шпалы в большой степени выходят из строя в результате смятия под подкладками и растрескивания, т.е. в результате механического износа.

2. Полученные зависимости смятия древесины под подкладками могут быть использованы для прогнозирования сроков службы деревянных шпал, так как наиболее полным и достаточным критерием допускаемых напряжений на шпалы под подкладками является допускаемая величина накопления в них углублений.

Заверкін А.В., Кузьменко С.В., Сьомін Ю.Г., Чередниченко С.П. Інтенсивність зм'яття дерев'яних шпал на коліях металургійних підприємств

Досліджено характер зносу шпал на різних коліях промислових підприємств. Вивчено умови зносу шпал на спеціальних коліях промислових підприємств. Запропоновано методику вимірювань зносу шпал на спеціальних коліях промислових підприємств. Запропоновано методику прогнозування термінів служби дерев'яних шпал на коліях промислових підприємств. Розроблено залежності для визначення термінів служби дерев'яних шпал. Запропоновано емпіричні коефіцієнти.

Ключові слова: промислове підприємство, вантажний фронт, під'їзна колія, верхня будова колії.

Zaverkin A., Kuzmenko S., Sjomn Yu., Cherednichenko S. The intensity of the crumple of wooden sleepers on the paths of metallurgical enterprises

The character of warning contact railway sleepers on different paths of industrial enterprises. The conditions of warning contact railway sleepers on special paths of industrial enterprises. Proposed a method for measuring warning contact railway sleepers on special paths of industrial enterprises. Proposed a method for of measurements when assessing warning contact of wooden sleepers. The technique of forecasting the service life of wooden sleepers on the paths of industrial enterprises. Were developed depending to determine the time frame life of wooden sleepers.

Keywords: industrial enterprise, cargo front, driveway, track structure.

Заверкін А.В. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Кузьменко С.В. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Сьомін Ю.Г. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Чередниченко С.П. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 621.836.7

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЧАСУ ВИСТОЮ І ЗАКОНУ РУХУ КОМБІНОВАНОГО МЕХАНІЗМУ МАЛЬТІЙСЬКОГО ХРЕСТА

Пасіка В.Р., Філь П.В.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF TIME OF STANDING AND OF LAW OF MOTION OF COMBINED MECHANISM OF MALTESE CROSS

Pasika V., Fil P.

Розглядається експериментальна установка механізму мальтійського хреста зі змінною довжиною водила. Довжина водила змінюється за допомогою нерухомого кулачка. Профілем кулачка задається закон руху хреста і коефіцієнт часу роботи. Експериментально визначено заданий циклоїдний закон руху хреста і коефіцієнт часу роботи. Перевірено наявність ділянок і кута додаткового вистюю хреста. Проведено порівняння експериментальних даних з теоретичними. Результати порівняння є задовільними і лежать в межах інженерних похибок.

Ключові слова: мальтійський механізм зі змінною довжиною водила, коефіцієнт часу роботи, експериментальні дослідження.

Теоретичні дослідження мальтійського механізму зі зменшеним часом повороту хреста були проведені у роботі [1]. У даній роботі наведено результати експериментальних досліджень таких механізмів і порівняно з теоретичними даними.

Основною метою роботи було перевірити закон руху хреста і порівняти його з вихідним циклоїдним законом. Необхідно також було перевірити наявність ділянок і кута додаткового вистюю хреста.

Для експериментальної перевірки було сконструйовано і виготовлено комбінований механізм мальтійського хреста (ММХ) (рис. 1) зі зменшеним часом повороту хреста і такими даними: число пазів – $z = 4$, довжина водила у взаємно перпендикулярному положенні осі водила і осі пазу хреста $l_{oa} = 0,1$ м, нерухомий кулачок синтезовано і спроектовано за умовами руху хреста за вихідним циклоїдним законом, для якого константа піка кутового пришвидшення становить $C = 2\pi$, необхідний коефіцієнт часу роботи $k_p = 0,22$ (для вихідних маль-

тійських механізмів $k_p = \frac{z-2}{z+2} = 0,333$), обмежувальна величина синтезованого радіуса кулачка на ді-

лянці зупинки хреста $\lambda_{rc} = 0,12$ м. Частота обертання водила становила $n \approx 42$ хв⁻¹.



Рис. 1. Експериментальна установка комбінованого ММХ

Наклеєний на вал мальтійського хреста датчик через кабель був з'єднаний з керуючим пристроєм і комп'ютером. При обертанні водила інформація передавалась безпосередньо на комп'ютер, де і оброблялась. Реєстрація показів з тензометричного датчика здійснювалась з використанням цифрового осцилографа та самописця USB3000. Під'єднання самописця до комп'ютера відбувалось з використанням USB інтерфейсу. Для підсилення сигналу використано підсилювач, виконаний на мікросхемі AD620BN. Коефіцієнт підсилення задавався резистором в межах від 1 до 10000.

Дослідження проводились на кафедрі поліграфічних машин Української академії друкарства.

На рис. 2 наведена залежність моменту сил інерції при одному повороті хреста.

На рис. 2 чітко проглядаються квазігоризонтальні ділянки вистою хреста на початку і у кінці графіка. Експериментальна залежність апроксимована поліномом V ступеня (штрихова крива), яка між точками $x = 2118...14030$ нагадує синусоїду.

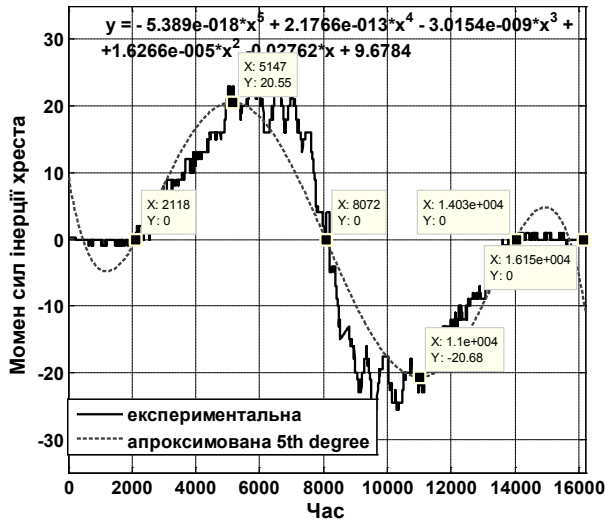


Рис. 2. Результати експериментальних досліджень

Наскільки точно апроксимована крива відповідає синусоїді, показано на рис. 3. Суттєвих відмінностей немає.

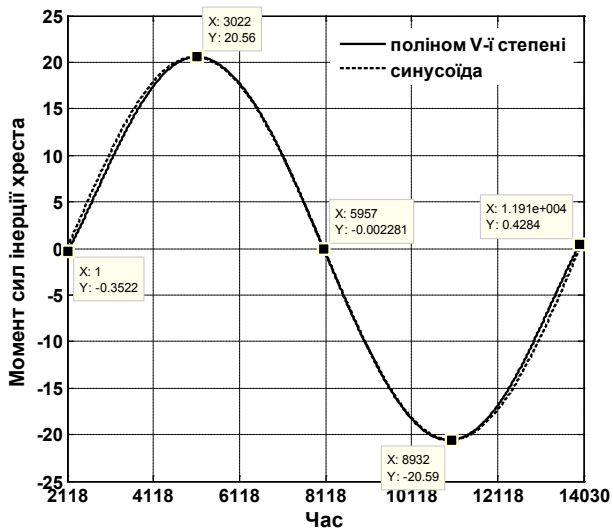


Рис. 3. Порівняння апроксимованої кривої моментів із синусоїдою

Згідно з рис. 2 від моменту входження пальця кривошипа в паз хреста і до його виходу на монітор прийшло 16150 точок. Вистій хреста становить $2118 + 2120 = 4238$ точок, що дорівнює $\frac{4238}{16150} \cdot 100\% =$

$= 26,24\%$ і при 4-пазовому хресті відповідає куту $\Delta\varphi = 0,5 \cdot 0,2624 \cdot 90^\circ = 11,81^\circ$. Теоретичне значення кута $\Delta\varphi_i$ при закладеному коефіцієнті часу роботи k_p обчислюємо за даними роботи [1].

Обчислюємо коефіцієнт додаткового вистою хреста

$$k_\delta = \frac{z - 2 - k_p(z + 2)}{(z - 2)(1 + k_p)} = 0,2787,$$

а потім і сам кут вистою $\Delta\varphi_i = k_\delta \varphi_{1\Sigma} / 2 = 12,54^\circ$. Похибка за кутом вистою становить $5,82\%$.

Кутову швидкість обертання водила обчислюємо за очевидною залежністю $\omega_1 = \Delta\varphi / t_b = 4,42 \text{ с}^{-1}$ ($n_1 = 42,2 \text{ хв}^{-1}$), де $t_b = 2118 / 46080 = 0,046 \text{ с}$ – час вистою хреста; 46080 – кількість точок, які прийшли на монітор за 1 с. Похибка за часотою обертання водила становить $\delta_\omega = 0,48\%$.

Теоретично максимум кутового пришвидшення хреста обчислимо за виразом [(3), 1], враховуючи, що константа піка пришвидшення для вихідного циклоїдного закону руху становить $C = 2\pi$, кут повороту хреста і водила при додатковому вистою хреста становлять $\varphi_{2\Sigma} = 90^\circ + 2\Delta\varphi$ і $\varphi_{1\Sigma} = 90^\circ - 2\Delta\varphi$, відповідно

$$\varepsilon_\tau = C \frac{\varphi_{2\Sigma}}{\varphi_{1\Sigma}^2} \omega_1^2 = 360 \frac{(90^\circ + 2\Delta\varphi) \cdot \omega_1^2}{(90^\circ - 2\Delta\varphi)^2} = 181,4 \text{ с}^{-2}.$$

При таруванні шлейфу було визначено, що максимальне значення моменту сил інерції становить $M_{ин} = 1,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Зведений момент інерції мальтійського хреста при довжині $l_b = 180 \text{ мм}$ і діаметрі $d_b = 20 \text{ мм}$ вала, зовнішньому діаметрі $d_x = 180 \text{ мм}$ і товщині $h = 3 \text{ мм}$ мальтійського хреста становить $I \approx 0,0067 \text{ кгм}^2$. Максимальне пришвидшення хреста обчислюємо за очевидною залежністю:

$$\varepsilon_e = M_{ин} / I = 164,2 \text{ с}^{-2}.$$

Похибка за кутовим пришвидшенням становить $\delta_\varepsilon = 9,4\%$.

Висновки. 1. Результати експериментальних досліджень комбінованого ММХ показали задовільний збіг з теоретичними результатами.

2. За коефіцієнтом часу роботи похибка становить $5,82\%$, а за максимальним пришвидшенням хреста похибка становить $\delta = 9,4\%$.

3. Форма кривої кутового пришвидшення практично точно відповідає вихідному циклоїдному закону руху хреста.

Л і т е р а т у р а

1. Пасіка В.Р. Синтез комбінованих мальтійських механізмів з метою зменшення коефіцієнта часу роботи і забезпечення заданого закону руху хреста // Вісник СУНУ ім. Даля. – № 12 (118). – 2007. – С. 177-186.

R e f e r e n c e s

1. Pasika V.R. A synthesis of the combined Maltese mechanisms is with the aim of reduction of coefficient of time of work and providing of the set law of motion of cross // An announcer of SUNU is the name of Dahl. – № 12 (118). – 2007. – P. 177-186.

Пасіка В.Р., Филь П.В. Экспериментальная проверка времени выстоя и закона движения комбинированного механизма мальтийского креста

Рассматривается экспериментальная установка механизма мальтийского креста с переменной длиной водила. Длина водила изменяется неподвижным кулачком. Профилем кулачка задается требуемый закон движения креста и коэффициент времени работы. Проверено наличие участков и угла дополнительного выстоя креста. Проведено сравнение экспериментальных данных с теоретическими. Результаты сравнения удовлетворительные и находятся в рамках инженерных ошибок.

Ключевые слова: мальтийский механизм с программированной длиной водила, коэффициент времени работы, экспериментальные исследования.

Pasika V., Fil P. Experimental verification of time of standing and of law of motion of combined mechanism of Maltese cross

The experimental setting of mechanism of the Maltese cross is examined with variable length led. Changes length of crank an immobile fist. The profile of fist is setting the law of motion of cross and coefficient of time of work. The cycloid law of motion of cross and coefficient of time of work are certainly set experimentally. The presence of zone and corner of the additional standing of cross is tested. Comparing of experimental data is conducted with theoretical. Results of comparison are satisfactory and lie within the limits of engineering errors.

Keywords: the Maltese mechanism with the programmed length led, coefficient of time of work, experimental researches.

Пасіка В.Р. – д.т.н., професор кафедри інженерної механіки Української академії друкарства, м. Львів, Україна, e-mail: paswr@meta.ua.

Филь П.В. – к.т.н., доцент кафедри машинознавства, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Носко П.Л., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 378

ПОВЫШЕНИЕ ПРЕСТИЖА МОРСКИХ ПРОФЕССИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Гаркуша Г.Г., Гаркуша А.Н.

ENHANCING THE PRESTIGE OF MARITIME PROFESSIONS AS A FACTOR IN IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION

Garkusha G., Garkusha A.

Обозначена взаємозв'язок якості освіти та підвищення престижу морської професії шляхом створення творчої середовища всім учасникам педагогічного процесу, їх активного співробітництва, посилення мотиваційних аспектів навчання. Розвиток морської індустрії потребує професійного кадрового забезпечення. Проаналізовані проблеми навчання моряків та запропоновані способи їх вирішення. Підвищення престижу морських професій во многом залежить від національних програм розвитку морської галузі.

Ключевые слова: *качество, образование, профессия, моряк, развитие.*

Постановка проблемы. Сегодня мировое судостроение развивается очень большими темпами. Флот продолжает пополняться сложнейшими высокотехнологичными и экологически безопасными судами различного назначения. В рамках международной морской организации продолжается разработка целевых стандартов проектирования и постройки новых судов. Строятся самые современные нефтеналивные и навалочные суда с расчётным сроком службы в 25 лет, пригодные к эксплуатации в жестких условиях северного флота.

На фоне очевидных достижений в морской индустрии всё чаще возникает вопрос: кто поведёт эти суда в море и будет управлять сложнейшей техникой, всё ли предусмотрено для полноценного укомплектования экипажей профессионалами и обеспечения безаварийной эксплуатации судов?

Направив основные усилия на разработку и внедрение технических требований, обеспечивающих безопасность мореплавания и защиту окружающей среды, сегодня морская отрасль столкнулась с беспрецедентной проблемой недостатка кадров.

Анализ последних достижений и публикаций. Совершенно очевидно, что нормальное функционирование мировой экономики невозможно без участия морского торгового флота, а самому флоту необходимо устойчивое пополнение квалифицированными кадрами.

Осуществляемый в настоящее время Международной морской организацией масштабный пере-

смотр конвенции и Кодекса ПДНВ, а также стандартов безопасного минимального укомплектования судов экипажами поможет учесть особенности работы на специализированных и высокотехнологичных судах и связанные с ними повышенные требования к подготовке персонала. Кроме того, в дальнейшем будет увеличиваться доля судов с высокой степенью автоматизации, то есть судов с малочисленными экипажами на борту [1].

Цель статьи – обозначить первоочередные задачи для повышения качества образования и престижа морских профессий.

Материалы и результаты исследования. Вышеперечисленные проблемы требуют совершенствования методов и технологий обучения специалистов морской отрасли, а именно:

- оптимизации содержания и организационных форм обучения на принципах циклично-модульного, эффективной реализации принципов непрерывного образования;
- использования различных форм обучения и контроля качества, повышения интенсивности учебного процесса путем усиления его прикладной составляющей;
- создания творческой среды всем участникам педагогического процесса, их активного сотрудничества, усиления мотивационных аспектов обучения;
- преобладания синтеза непрерывного и дискретного контроля качества результатов обучения (рейтинговые, тестовые и прочие наукоёмкие системы оценивания) над контролем самого процесса обучения;
- усиления внутри- и междисциплинарных связей, наличия в учебных планах различных ступеней обучения;
- активного внедрения информационных технологий как обучения (в том числе и дистанционного), так и контроля над управлением учебным процессом.

Качество – один из самых актуальных вопросов морского образования.

Существуют определённые подходы к реализации критериев и методов оценки качества образования, это:

- система менеджмента качества образования;
- организация и планирование учебного процесса;
- разработка и внедрение новых инновационных образовательных технологий;
- обратная связь «выпускник – вуз».

Совокупность этих факторов вместе позволяет удовлетворить требованиям существующих критериев оценки качества образования различных образовательных структур, однако немаловажным фактором повышения качества образования является мотивация обучающегося.

На долю нашей страны приходится 5,3% всех моряков торгового флота мира. Этим можно гордиться, ведь каждый двадцатый моряк в мире – украинец.

Однако подавляющее большинство украинских моряков работают на иностранных судах. И в силу этого они традиционно не интересны нашим государственным структурам, поскольку не платят налоги непосредственно в Украине.

Моряки, по отечественным меркам, – высокооплачиваемые люди. Минимальная ставка для матроса, определенная Международной федерацией транспортников, 1200 долл. в месяц. Командный состав получает в несколько раз больше (правда, оплачиваемая работа у них в году может быть не двенадцать, а шесть или восемь месяцев). Десятки тысяч моряков привозят и инвестируют в экономику нашей страны большие деньги. По оценкам экспертов, эти суммы достигают 500 млн долларов ежегодно. Для сравнения, все украинское судостроение в прошлом году произвело продукции на 400 млн долларов (точнее, на 2071 млн гривен) [2].

В отношении моряков государство должно занять более конструктивную позицию. Нужно законодательно установить обязательные нормы налогообложения. С интересной инициативой выступил Профсоюз работников морского транспорта Украины, который предлагает, чтобы моряки, работающие на иностранных судах, возвращаясь домой, платили налоги с суммы, равной среднему заработку по отрасли морского транспорта. Сегодня этот заработок составляет порядка 1600 гривен в месяц. Установление подобной нормы вывело бы из тени наших моряков и позволило получить дополнительные средства в бюджет.

А фактом вхождения Украины в число лидеров по поставкам моряков на морской международный рынок труда можно и нужно гордиться.

Необходимо совершенствовать подготовку украинских моряков, в частности руководящего звена. Моряки – носители не только профессиональных знаний и умений, они носители морских традиций, без которых не может существовать морская держава. Морские кадры – важнейшая предпосылка, шанс для возрождения в Украине морского торгового флота. Для того чтобы построить судно, достаточно нескольких месяцев или года. А для того чтобы под-

готовить квалифицированного судоводителя или механика, необходимо минимум десятилетие [2].

Выводы. В заключение необходимо отметить, что, только решая проблемы в комплексе, можно возродить высокую репутацию морской отрасли и, соответственно, повысить престиж морских профессий. Опыт мировых лидеров в поставках морской рабочей силы на рынок труда очень показателен. Власти этих стран активно рекламируют морские профессии, внедряют инновационные технологии в процесс обучения, способствуют организации морских учебных заведений и центров подготовки и переподготовки.

Необходима национальная программа развития морского образования и трудоустройства моряков.

Л и т е р а т у р а

1. Решетов Н.А. Повышение престижа морских профессий: общий взгляд на проблему / Н.А. Решетов // Морское образование. – 2008. – № 5-6.
2. Ильницкий К. Победы объединяют профессионалов / К. Ильницкий // Порты Украины. – 2011. – № 3.

R e f e r e n c e s

1. Reshetov N.A. Povishenie prestiga morskikh professij: obshij vzglyad na problemu / N.A. Reshetov // Morskoe obrazovanie. – 2008. – № 5-6.
2. Ilnickij K. Pobedi obedenyaut professionalov / K. Ilnickij // Porti Ukraini. – 2011. – № 3.

Гаркуша Г.Г., Гаркуша О.М. Підвищення престижу морських професій як фактор підвищення якості освіти

Позначено взаємозв'язок якості освіти і підвищення престижу морської професії шляхом створення творчого середовища всім учасникам педагогічного процесу, їх активної співпраці, посилення мотиваційних аспектів вчення. Розвиток морської індустрії вимагає професійного кадрового забезпечення. Проаналізовано проблеми вчення моряків і запропоновано способи їх вирішення. Підвищення престижу морських професій багато в чому залежить від національних програм розвитку морської галузі.

Ключові слова: *якість, освіта, професія, моряк, розвиток.*

Garkusha G., Garkusha A. Enhancing the prestige of maritime professions – as a factor in improving the quality of education

Denotes the relationship of education quality and raise the maritime profession by creating a creative environment to all participants of the educational process, their active collaboration and motivational aspects of learning; use of various forms training and quality control, increasing the intensity of educational process by enhancing his applied part. The development of the maritime industry requires professional staffing. The problems of seamen's training and suggest ways to solution them. Enhancing the prestige of maritime occupations depends on the national development of the maritime industry.

Keywords: *quality, education, occupation, seaman, development.*

Гаркуша Г.Г. – к.т.н., проф., заст. директора з НІР АМІ ОНМА, м. Маріуполь, Україна, e-mail: garkusha_g@mail.ru.
Гаркуша О.М. – к.е.н., доцент кафедри «Економіка і управління морським транспортом», АМІ ОНМА, м. Маріуполь, Україна.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 18.03.2013

УДК 614.841

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

Михайлов Д.В.

MATHEMATICAL MODELLING OF DYNAMICS OF TEMPERATURE FIELDS AT THE INITIAL STAGE OF THE FIRE INDOORS

Mikhailov D.

Рассмотрены вопросы математического моделирования изменения температурных полей на начальной стадии пожара в вентилируемом помещении. Наиболее информативным и перспективным методом моделирования пожаров является полевой метод, использующий численное решение уравнений сохранения массы и уравнений переноса для различных физических параметров, позволяя получать распределение во времени и пространстве таких величин, как скорость, температура, тепловые потоки и т.п. Для математического описания взаимодействия конвективных и вентиляционных потоков при пожаре в помещении применяется теория подобия.

Ключевые слова: пожар, математическое моделирование, температурное поле, вентиляционный поток.

Постановка проблемы. Пожар с теплофизической точки зрения – сложный нестационарный процесс тепло- и массообмена, поскольку сопровождается горением, турбулентным переносом, наличием в потоке дисперсной фазы, интенсивным тепловым излучением [1]. Как следствие, математическое моделирование пожара является междисциплинарной областью, в которой используются результаты механики сплошных сред, теории горения, теплообмена, численного анализа. Каждый пожар представляет собой единственную в своем роде ситуацию, определяемую различными событиями и явлениями, носящими случайный характер. Поэтому точно предсказать развитие пожара во всех деталях не представляется возможным. Пожар можно рассматривать как открытую термодинамическую систему, обменивающуюся с окружающей средой веществами и энергией. Все пожары отличаются друг от друга своими параметрами [2].

Для повышения эффективности применения автоматических установок пожаротушения (АУП) необходимо определить зоны резкого возрастания температуры на начальной стадии пожара, на расположение которых влияют турбулентные потоки, возникающие при взаимодействии конвективных

потоков с вентиляционными, в свою очередь возникновение турбулентности в пространстве создает условия для эффективной либо неэффективной подачи огнетушащего порошка в зависимости от расположения зоны турбулентности и направления перемещения газозвдушного потока.

Анализ последних исследований и публикаций. Большинство действующих нормативных документов по пожарной безопасности учитывают упрощенные методики расчета огнетушащих концентраций, влияющие на выбор параметров элементов АУП и в полной мере не отражают сложную термогазодинамическую картину реального пожара, которая характеризуется существенной трехмерностью и нестационарностью.

В существующих интегральных и зонных математических моделях [3-9] не учитывается взаимодействие вентиляционных потоков воздуха с конвективными потоками дымовых газов, а расчетные методики не дают конкретных рекомендаций по размещению элементов АУП и подаче огнетушащих веществ с учетом параметров воздушных потоков, вызываемых приточной или вытяжной вентиляцией в защищаемых помещениях. Поэтому актуальной задачей является исследование влияния указанных факторов на процесс развития пожара, что позволит повысить достоверность математического моделирования с помощью трехмерных моделей при проектировании АУП. При этом достигается существенное повышение надежности и эффективности средств обеспечения противопожарной защиты объектов при реальном снижении затрат за счет качественного обоснования выбора как типа пожарных извещателей, реагирующих на первый по времени опасный фактор пожара, так и других элементов АУП, чем обеспечивается реализация оптимального по времени срабатывания и создания необходимой огнетушащей концентрации варианта размещения всех элементов АУП на объекте.

Цель. Целью работы является разработка математической модели динамики температурных полей на начальной стадии пожара в помещении.

Результаты исследований. На начальной стадии пожара происходит нарастание температуры в помещении и снижение плотности газов в нем. При этом количество удаляемых газов через проемы больше, чем количество поступающего воздуха вместе с перешедшими в газообразное состояние горючими материалами и веществами. Воздух и продукты горения в помещении увеличиваются в объеме, создается избыточное давление до нескольких десятков паскалей, в результате чего газовая смесь выходит из него через неплотности в стыках строительных конструкций, зазоры в притворах дверей, окон, воздухопроводы и другие отверстия [3]. Горение поддерживается находящимся в помещении кислородом воздуха, концентрация которого постепенно снижается. Если помещение достаточно изолировано от окружающей среды, например, не нарушено остекление оконных проемов, плотно закрыты двери и перекрыты заслонки на воздухопроводах, развитие процесса горения в нем может замедлиться или прекратиться вообще.

В противном случае на начальной стадии пожара горение распространяется на значительную площадь помещения, прогреваются конструкции и материалы, среднеобъемная температура в помещении поднимается до 200-300 °С, происходит интенсивное дымовыделение. В зависимости от объема помещения, степени его герметизации и распределения пожарной нагрузки начальная стадия пожара продолжается 5-40 мин. В связи с тем, что линейная скорость распространения пламени величина непостоянная и зависит от множества факторов, а также от стадии развития пожара, при практических расчетах геометрических параметров пожара в расчете сил и средств тушения в первые 10 минут развития в закрытых помещениях она принимается с коэффициентом 0,5 [4].

Агрегатное состояние вещества или материала оказывает значительное влияние на температуру горения. Чем выше дисперсность вещества, тем лучше оно перемешивается с окислителем, тем выше скорость горения и полнота сгорания, а значит, и температура горения. Температура окружающей среды оказывает определенное влияние на процесс развития пожара и его температурный режим. Это происходит потому, что воздух, попадая в пространство, примыкающее к зоне пламени, охлаждает его.

Одним из главных процессов, происходящих на пожаре, являются процессы теплообмена [5]. Нагрев продуктов горения вызывает движение газовых потоков. Особенностью распределения температур при внутренних пожарах является то, что нарастание температуры по высоте помещения происходит весьма резко [6]. Это наиболее заметно в помещениях, имеющих незначительную высоту. При слабом вентиляционном потоке большая часть тепла отдается верхним слоям газа. При наличии сильного по-

тока обстановка усложняется, так как восходящий поток нагретых газов значительно отклоняется от вертикали. Чем выше скорость движения конвекционных потоков и чем выше температура нагрева продуктов сгорания, тем больше тепла передается в окружающую среду [7]. Наиболее интенсивно тепло передается по нормали к факелу пламени, с увеличением угла отклонения от нее интенсивность передачи тепла уменьшается. Процесс теплообмена горячих газов, факела пламени и ограждающих конструкций носит сложный характер и осуществляется одновременно тепловым излучением, конвекцией и теплопроводностью.

На процесс газообмена в помещении большое влияние оказывают высота помещения, геометрические размеры проемов, скорость и направление вентиляционных потоков. Процесс газообмена при пожаре в помещении на уровне средних по его объему термодинамических параметров (давление, плотность, температура) базируется на законах естественного газообмена, возникающего вследствие разности плотностей (гравитационных давлений) наружной и внутренней (в помещении) газовых сред.

Для математического описания взаимодействия конвективных и вентиляционных потоков при пожаре в помещении воспользуемся теорией подобия. Подобными называются явления, происходящие в геометрически подобных системах, если у них во всех сходственных точках отношения одноименных величин есть постоянные числа. Эти отношения, так называемые константы подобия, не могут быть выбраны произвольно, так как величины, характеризующие явление, вообще говоря, не независимы друг от друга, а находятся в определенной связи, обусловленной законами природы. Во многих случаях эта связь может быть выражена в виде уравнения. Для подобных между собой явлений оно должно иметь одинаковый вид. Наличие такого «уравнения связи» между физическими величинами, характеризующими явление, налагает определенное ограничение на выбор констант подобия.

Критерий подобия – безразмерная величина, составленная из размерных физических параметров, определяющих рассматриваемое физическое явление. Равенство всех однотипных критериев подобия для двух физических явлений и систем – необходимое и достаточное условие физического подобия этих систем. Критерии подобия, представляющие собой отношения одноименных физических параметров системы (например, отношения длин), называются тривиальными и при установлении определяющих критериев подобия обычно не рассматриваются: равенство их для двух систем является определением физического подобия. Нетривиальные безразмерные комбинации, которые можно составить из определяющих параметров, и представляют собой критерии подобия. Всякая новая комбинация из критериев подобия также является критерием подобия, что даёт возможность в каждом конкретном

случае выбрать наиболее удобные и характерные критерии. Число определяющих нетривиальных критериев подобия меньше числа определяющих физических параметров с различными размерностями на величину, равную числу определяющих параметров с независимыми размерностями.

Если известны уравнения, описывающие рассматриваемое физическое явление, то критерии подобия для этого явления можно получить, приводя уравнения к безразмерному виду путём введения некоторых характерных значений для каждого из определяющих физических параметров, входящих в систему уравнений. Тогда критерии подобия определяются как безразмерные коэффициенты, появляющиеся перед некоторыми из членов новой, безразмерной системы уравнений.

Когда уравнения, описывающие физическое явление, неизвестны, критерии подобия отыскиваются при помощи анализа размерностей, определяющих физические параметры. Каждый из критериев подобия имеет определенный физический смысл как величина, пропорциональная отношению однотипных физических величин.

В гидромеханике одним из важнейших критериев подобия является число, или критерий Рейнольдса (Re):

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot l}{\mu} = \frac{u \cdot l}{\nu}, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости или газа, $кг/м^3$;

l – характерный размер, м;

u – скорость течения, м/с;

μ – динамическая вязкость среды, $Н \cdot с/м^2$;

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ – кинематическая вязкость среды, $м^2/с$.

Число Рейнольдса – безразмерная величина, характеризующая отношение нелинейного и диссипативного членов в уравнении Навье-Стокса, также считается критерием подобия течения вязкой жидкости. Оно определяет, в частности, переход от ламинарного режима к турбулентному.

Число Re характеризует отношение инерционных сил при движении жидкости или газа к силам вязкости. Для каждого вида течения существует критическое число Рейнольдса, Re_{cr} , которое, как принято считать, определяет переход от ламинарного течения к турбулентному. При $Re < Re_{cr}$ течение происходит в ламинарном режиме, при $Re > Re_{cr}$ возможно возникновение турбулентности. Критическое значение числа Рейнольдса зависит от конкретного вида течения (течение в круглой трубе, обтекание шара и т. п.). Например, для течения воды в круглой трубе $Re_{cr} = 2300$.

Число Рэлея (Ra) – безразмерное число, определяющее поведение жидкости (газа) под воздействием градиента температуры:

$$Ra = \frac{g\beta\Delta TL^3}{\nu\chi}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения;

L – характеристический размер области газа;

ΔT – разность температур между стенками газа;

ν – кинематическая вязкость газа;

χ – температуропроводность газа;

β – коэффициент теплового расширения газа.

Если число Рэлея больше некоторого критического значения, равновесие газа становится неустойчивым и возникают конвективные потоки. Возникает бифуркация в динамике жидкости (вилочная бифуркация). Критическое значение числа Рэлея является точкой бифуркации для динамики газа.

Турбулентность, турбулентное течение – явление, заключающееся в том, что при увеличении скорости течения жидкости или газа в среде самопроизвольно образуются многочисленные нелинейные фрактальные волны и обычные, линейные различных размеров, без наличия внешних, случайных, возмущающих среду сил и/или при их присутствии. Для расчёта подобных течений были созданы различные модели турбулентности. Для возникновения турбулентности необходима сплошная среда, которая подчиняется кинематическому уравнению Больцмана, Навье-Стокса или пограничного слоя. Уравнение Навье-Стокса (в него входит и уравнение сохранения массы или уравнение неразрывности) описывает множество турбулентных течений с достаточной для практики точностью.

Обычно турбулентность наступает при превышении некоторого критического параметра, например, числа Рейнольдса или Рэлея. Турбулентность возникает самопроизвольно, когда соседние области среды следуют рядом или проникают один в другой, при наличии перепада давления или при наличии силы тяжести, или когда области среды обтекают непроницаемые поверхности. Она может возникать при наличии вынуждающей случайной силы. Обычно внешняя случайная сила и сила тяжести действуют одновременно. Мгновенные параметры потока (скорость, температура, давление, концентрация примесей) при этом хаотично колеблются вокруг средних значений. Зависимость квадрата амплитуды от частоты колебаний (или спектр Фурье) является непрерывной функцией. Турбулентность можно создать: увеличив число Рейнольдса (увеличить линейную скорость или угловую скорость вращения потока, размер обтекаемого тела, уменьшить первый или второй коэффициент молекулярной вязкости, увеличить плотность среды); увеличив число Рэлея (нагреть среду); увеличив число Прандтля (уменьшить вязкость).

При больших числах Рейнольдса скорости потока от небольших изменений на границе зависят слабо. Вследствие нелинейных волн любые параметры среды (скорость, температура, давление, плотность) могут испытывать хаотические колебания, изменяться от точки к точке и во времени непериодически. Они очень чувствительны к малейшим изменениям параметров среды. В турбулентном течении мгновенные параметры среды распределены по случайному закону. Этим турбулентные течения отличаются от ламинарных течений.

Турбулентное течение с большим числом Рейнольдса называют развитой турбулентностью. При

разных граничных условиях оно всегда приводит к созданию одного и того же профиля скоростей. Это свойство независимости параметров от числа Рейнольдса называют автомодельностью течения.

При процессах горения или химических реакциях на явление турбулентности накладываются множество других физических и химических процессов. Например, эффект конвекции, автоколебаний, гистерезиса. В этом случае говорят о турбулентной конвекции. Обычно принимается, что переход от ламинарного течения к турбулентному происходит при достижении критического числа Рейнольдса (Re). Критическое значение Re зависит от конкретного вида течения, его коэффициента вязкости, который зависит от температуры и давления.

Уравнения Навье-Стокса представляют собой систему дифференциальных уравнений в частных производных, описывающую движение вязкой ньютоновской жидкости. Уравнения являются одними из важнейших в гидродинамике и применяются в математическом моделировании многих природных явлений и технических задач. Система состоит из двух уравнений: уравнения движения, уравнения неразрывности. В векторном виде для несжимаемой жидкости они записываются таким образом:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f}, \quad \nabla \cdot \vec{v} = 0, \quad (3)$$

где ∇ – оператор Гамильтона;

Δ – оператор Лапласа;

t – время;

ν – коэффициент кинематической вязкости;

ρ – плотность;

p – давление;

$\vec{v} = (v^1, \dots, v^n)$ – векторное поле скоростей;

\vec{f} – векторное поле массовых сил.

Неизвестные p и \vec{v} являются функциями времени t и координаты $x \in \Omega$, где $\Omega \subset R^n$, $n = 2, 3$ – плоская или трёхмерная область, в которой движется жидкость. Обычно в систему уравнений Навье-Стокса добавляют краевые и начальные условия, например: $\vec{v}|_{\partial\Omega} = 0$, $\vec{v}|_{t=0} = \vec{v}_0$.

Иногда в систему уравнений Навье-Стокса дополнительно включают уравнение теплопроводности и уравнение состояния. При учёте сжимаемости уравнение Навье-Стокса принимает такой вид:

$$\begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_k \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \\ + \frac{\partial}{\partial x_k} \left\{ \mu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{i,k} \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \right) \right\} + \\ + \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\zeta \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \delta_{i,k} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости (сдвиговая вязкость);

ζ – «вторая вязкость», или объёмная вязкость;

$\delta_{i,k}$ – дельта Кронекера.

Нахождение общего аналитического решения системы Навье-Стокса для пространственного или плоского потока осложняется тем, что оно нелинейное и сильно зависит от начальных и граничных условий. До сих пор решения этих уравнений найдены лишь в некоторых частных случаях. В настоящее время существует несколько ситуаций (обусловленных простой геометрией), которые решены в аналитическом виде. В остальных случаях используется численное моделирование.

Основные свойства системы Навье-Стокса:

1) При превышении числа Рейнольдса выше некоторого критического числа аналитическое точное решение для пространственного или плоского потока имеет хаотический вид (так называемая турбулентность). В частном случае оно связано с теорией Фейгенбаума или другими сценариями перехода к хаосу. При уменьшении числа Рейнольдса ниже критического решение опять принимает нехаотический вид.

2) Исключительная чувствительность к изменению коэффициентов уравнения при турбулентном режиме: при изменении числа Re на 0,05% решения совершенно отличаются друг от друга.

Существует мнение, что это уравнение является приближённым. Это обосновывается использованием при выводе уравнения Навье-Стокса линейного уравнения для нахождения давления p как функции его нелинейных компонентов. Такая позиция объясняет существование различных значений числа Рейнольдса (для различных частных задач), в пределах которого линейный закон осреднения корректен. Будучи дополненной уравнениями переноса тепла и переноса массы, а также соответствующих массовых сил, система уравнений Навье-Стокса может описывать конвекцию, термодиффузию в жидкостях, поведение многокомпонентных смесей различных жидкостей и т.п.

Вариации уравнения Навье-Стокса используются для описания движения воздушных масс атмосферы, в частности при формировании прогноза погоды. Для описания реальных течений в различных технических устройствах приемлемую точность численного решения можно получить только при такой расчётной сетке, ячейки которой меньше самого мелкого вихря. Это требует очень больших затрат расчётного времени на современных компьютерах. Поэтому были созданы различные модели турбулентности, упрощающие расчёт реальных потоков.

Согласно полученным зависимостям формируется математическая модель взаимодействия вентиляционных потоков с конвективными потоками от очага пожара, включающая в себя нестационарные трехмерные уравнения сохранения массы, импульса и энергии в эйлеровых координатах, осредненные по Рейнольдсу.

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho v_i)}{\partial x_i} = 0, \quad (5)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

t – время, с;

x_i – i -я пространственная координата, м;
 u_i – i -я компонента скорости течения воздуха, м/с;
 $i = 1, 2, 3$.

Уравнение Навье-Стокса, осреднённое по Рейнольдсу:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \\ + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_{eff}^u \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\delta_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_{eff}^u \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \right) + \frac{\partial(\rho k)}{\partial x_i} - \delta_{ij} \rho g, \end{aligned} \quad (6)$$

где Γ_{eff}^u – коэффициент диффузии для переменной u , кг/м·с;

k – кинетическая энергия турбулентности, м²/с²;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

p – давление, Па.

Перенос теплоты описывается уравнением:

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i h)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_{eff}^h \frac{\partial h}{\partial x_i} \right) + Q, \quad (7)$$

где h – удельная энтальпия, Дж/кг;

Q – теплонапряженность Вт/м³.

Перенос кинетической энергии турбулентности определяется уравнением:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i k)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_{eff}^k \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G^k + G^b - \rho \varepsilon, \quad (8)$$

где G^k, G^b – скорость создания турбулентности, кг/м·с³;

ε – скорость диссипации турбулентной энергии, м²/с³.

Скорость диссипации турбулентной энергии определяется уравнением:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i \varepsilon)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_{eff}^\varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) + \\ + \frac{\varepsilon}{k} \left(C_1 (G^k + G^b) - C_2 \rho \varepsilon \right), \end{aligned} \quad (9)$$

где C_1, C_2 – константы k - ε модели турбулентности.

Скорость образования турбулентности:

$$G^k = 2\mu_t \left(\sum_i \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right)^2 \right) + \mu_t \left(\sum_{i>j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \right)^2 \right), \quad (10)$$

где μ_t – турбулентная динамическая вязкость, кг/м·с.

$$G^b = \mu_t g \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x_3}, \quad \mu_t = C_\mu \frac{\rho k^2}{\varepsilon}, \quad \mu_{eff} = \mu_t + \mu_l, \quad (11)$$

где μ_{eff} – эффективная динамическая вязкость, кг/м·с;

μ_l – ламинарная динамическая вязкость, кг/м·с.

$$\Gamma_{eff} = \frac{\mu_{eff}}{\sigma}, \quad (12)$$

где σ – число Шмидта.

Для оценки отношения энергии конвективных и вентиляционных потоков в каждой точке пространства вводится коэффициент:

$$K = \frac{T \cdot \rho \cdot C \cdot u_k \cdot u_g^2}{Q \cdot g \cdot l^2}, \quad (13)$$

где T – температура газовой среды, К;

ρ – плотность газовой среды, кг/м³;

C – теплоемкость газовой среды, Дж/кг·К;

u_k – скорость конвективного потока, м/с;

u_g – скорость вентиляционного потока, м/с;

Q – теплосодержание объема, Вт/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

l – характерный размер, м.

Начальными условиями для решения уравнений математической модели являются: начальное распределение скоростей, давлений и температур воздуха по помещению. Граничные условия определяются геометрией помещения, воздушными потоками на границах, условиями непроницаемости поверхностей оборудования и строительных конструкций, равенством нулю скорости на поверхностях и теплообменом на поверхностях. Для упрощения моделирования вся совокупность горючего материала заменялась одним эффективным горючим с усредненными характеристиками горения (скоростью горения, тепло- и массовыделением).

При использовании k - ε модели турбулентности добавляются переменные k – кинетическая энергия турбулентных пульсаций и скорость её диссипации ε . В работе используется модифицированная k - ε модель турбулентности, позволяющая более корректно, по сравнению со стандартной k - ε моделью, проводить расчеты сложных течений. Для возможности расчета пожара в помещениях сложной конструкции (непрямоугольной формы) уравнения переноса записываются в криволинейных координатах, согласованных с границами расчетной области.

Решение исходной системы дифференциальных уравнений переноса основано на использовании консервативного метода контрольных объемов с применением устойчивых разностных схем повышенного порядка аппроксимации. Так как основные уравнения связаны друг с другом и нелинейны, то для получения решения системы уравнений требуется использование глобальных итераций. При высоких температурах значительная доля теплообмена осуществляется за счет радиационного переноса, поэтому в уравнение энергии входит источниковый член, описывающий радиационный обмен. Расчет радиационного члена проводится на основе метода Монте-Карло, при этом радиационные свойства среды вычисляются в процессе итераций по мере развития пожара. Для получения решения разработанная математическая модель реализована на ПЭВМ в виде прикладной программы в среде пакета Delphi.

Вывод. Обобщены результаты теоретических исследований физических процессов, протекающих при развитии пожара в помещении с наличием вен-

тиляционных потоков, выявлены их закономерности, влияние различных факторов на динамику пожара. Обоснована необходимость использования при математическом моделировании взаимодействия вентиляционных потоков с конвективными потоками от источника горения трехмерных полевых моделей. Разработана комплексная математическая модель, позволяющая определять пространственно-временные характеристики газовой среды в помещении, которая, в отличие от известных, использует критерии Рейнольдса, Рэлея и коэффициент соотношения энергии вентиляционных и конвективных тепловых потоков, что позволило более точно воспроизводить динамику параметров газовой среды помещения, определять зоны с резким возрастанием температур.

Л и т е р а т у р а

1. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС, 2000. – 118 с.
2. Драйсдейл Д. Введение в динамику пожаров / Д. Драйсдейл. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
3. Брушлинский Н.Н. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Изд. «Пожнаука», 2000. – 482 с.
4. Снитюк В.Е. Аспекты нечеткости при моделировании процессов распространения пожара на особо опасных объектах / В.Е. Снитюк, А.А. Быченко // АСУ и приборы автоматизи. – 2006. – Вып. 134. – С. 89-93.
5. Никитин Е.В. Особенности прогнозирования основных параметров пожара в замкнутых объемах / Е.В. Никитин // Зб. наук. пр. УкрНДІПБ, ЛІПБ «Пожезна безпека – 2001». – Львів: СПОЛОМ, 2001. – С. 336.
6. Смагин А.В. Моделирование выделения и распространения токсичных газов при пожарах в зданиях и сооружениях для обоснования их объемно-планировочных решений с целью обеспечения безопасной эвакуации людей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.26.03 «Строительство» / А.В. Смагин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. – 24 с.
7. Снитюк В.Е. Эволюционное моделирование процесса распространения пожара / В.Е. Снитюк, А.А. Быченко // In Proceedings of the XIII Int. Conf. "Knowledge-Dialogue-Solution", Varna, 2007. – P. 247-254.
8. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.
9. Молчадский И.С. Пожар в помещении / И.С. Молчадский. – М.: ВНИИПО, 2005. – 456 с.

R e f e r e n c e s

1. Koshmarov Ju.A. Prognozirovanie opasnykh faktorov požara v pomeshhenii / Ju.A. Koshmarov. – M.: Akademija GPS, 2000. – 118 p.
2. Drajdsdej D. Vvedenie v dinamiku požarov / D. Drajdsdej. – M.: Strojizdat, 1990. – 424 p.
3. Brushlinskij N.N. Modelirovanie požarov i vzryvov / Pod obshh. red. N.N. Brushlinskogo i A.Ja. Korol'chenko. – M.: Izd. «Pozhnauka», 2000. – 482 p.
4. Snitjuk V.E. Aspekty nechetkosti pri modelirovanii processov rasprostraneniya požara na osobo opasnykh ob'ektah / V.E. Snitjuk, A.A. Bychenko // ASU i pribory avtomatiki. – 2006. – Vyp. 134. – P. 89-93.

5. Nikitin E.V. Osobennosti prognozirovaniya osnovnykh parametrov požara v zamknutykh ob'emah / E.V. Nikitin // Zb. nauk. pr. UkrNDIPB, LIPB «Pozhezhna bezpeka – 2001». – L'viv: SPOLOM, 2001. – P. 336.
6. Smagin A.V. Modelirovanie vydeleniya i rasprostraneniya toksichnykh gazov pri požarah v zdaniyah i sooruzheniyah dlja obosnovaniya ih ob'emno-planirovochnykh reshenij s cel'ju obespecheniya bezopasnoj jevakuacii ljudej: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: spec. 05.26.03 «Stroitel'stvo» / A.V. Smagin. – M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2008. – 24 p.
7. Snitjuk V.E. Jevoljucionnoe modelirovanie processa rasprostraneniya požara / V.E. Snitjuk, A.A. Bychenko // In Proceedings of the XIII Int. Conf. "Knowledge-Dialogue-Solution", Varna, 2007. – P. 247-254.
8. Puzach S.V. Metody rascheta teplomassoobmena pri požare v pomeshhenii i ih primenenie pri reshenii prakticheskikh zadach požarovzryvobezopasnosti / S.V. Puzach. – M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2005. – 336 p.
9. Molchadskij I.S. Požhar v pomeshhenii / I.S. Molchadskij. – M.: VNIPO, 2005. – 456 p.

Михайлов Д.В. Математичне моделювання динаміки температурних полів на початковій стадії пожежі у приміщенні

Розглянуто питання математичного моделювання зміни температурних полів на початковій стадії пожежі у вентилярованому приміщенні. Найбільш інформативним і перспективним методом моделювання пожежі є польовий метод, що використовує чисельне рішення рівнянь збереження маси і рівнянь переносу для різних фізичних параметрів, що дозволяє отримувати розподіл у часі і просторі таких величин, як швидкість, температура, теплові потоки і т.д. Для математичного опису взаємодії конвективних і вентиляційних потоків при пожежі у приміщенні застосовується теорія подібності.

Ключові слова: пожежа, математичне моделювання, температурне поле, вентиляційний потік.

Mikhailov D. Mathematical modelling of dynamics of temperature fields at the initial stage of the fire indoors

Questions of mathematical modelling of change of temperature fields at an initial stage of a fire in a ventilated premise are considered. Fire from warmly physical point of view – difficult non-stationary process warmly- and weight- of an exchange as it is accompanied by burning, turbulent carrying over, presence to a stream of a disperse phase, intensive thermal radiation. Mathematical modelling of a fire is interdisciplinary area in which results of mechanics of continuous environments, burning theories are used, warmly- and weight- of an exchange, the numerical analysis. The most informative and perspective method of modelling of fires is the field method using the numerical decision of the equations of preservation of weight and the equations of carrying over for various physical parameters, allowing to receive distribution in time and space of such sizes as speed, the temperature, thermal streams, etc. For the mathematical description of interaction convective and ventilating streams at a fire is indoors applied the similarity theory.

Keywords: a fire, mathematical modelling, a temperature field, a ventilating stream.

Михайлов Д.В. – к.т.н., доцент кафедри охорони праці та БЖД, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Нечасев Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 16.04.2013

УДК 613

ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА**Арнаут И.Н., Михайлов Д.В., Гуляев В.П.****INFLUENCE OF THE FOODSTUFF ON ABILITY TO LIVE OF THE PERSON****Arnaut I., Mikhailov D., Gulyaev V.**

Рассмотрены вопросы влияния продуктов питания на здоровье человека, а также основные правила питания. Физическое здоровье человека на 50% зависит от его образа жизни (характер питания, вредные привычки, условия профессиональной деятельности и др.), на 20% – от состояния окружающей среды, на 20% – от наследственности, и только на 10% – от медицинского обеспечения. Следовательно, здоровье человека в значительной степени определяется его пищевым статусом и может быть достигнуто и сохранено только при условии полного удовлетворения физических потребностей в энергии и пищевых веществах.

Ключевые слова: питание, витамины, белки, углеводы, жиры, здоровье.

Постановка проблемы. Уже ни для кого не является секретом, что Украина переживает демографический кризис. Интенсивно снижается уровень здоровья населения. В то же время здоровье человека в первую очередь зависит от полноценного питания. Повседневный рацион питания большинства украинцев – это «пища бедняков»: углеводистожировая, с недостаточным количеством животного белка, дефицитом витаминов, микроэлементов.

Наиболее характерными чертами дисбаланса пищевых рационов являются большое потребление хлеба, картофеля, жиров животного происхождения и недостаточное потребление основных источников полноценного питания – животного белка (мясо, рыба, молоко, яйца), растительных масел, свежих овощей и фруктов.

Анализ последних исследований и публикаций. Физическое здоровье человека на 50% зависит от его образа жизни (характер питания, вредные привычки, условия профессиональной деятельности и др.), на 20% – от состояния окружающей среды, на 20% – от наследственности, и только на 10% – от медицинского обеспечения [1]. Из всех факторов, действующих на организм человека, важнейшим является питание, обеспечивающее физическую и умственную работоспособность, здоровье, продолжительность жизни, так как пищевые вещества в про-

цессе метаболизма превращаются в структурные элементы клеток нашего организма, обеспечивая его жизнедеятельность [2]. Нарушения в питании приводят к отрицательным последствиям – заболеваниям сердечно-сосудистой, желудочно-кишечной систем, онкологии, нарушению обмена веществ и преждевременному старению [3].

Цель. Цель работы – создать систему полноценного питания человека и сформулировать правила питания.

Результаты исследований. Сохранение здоровья населения является одной из задач государственной важности. Питание за всю историю существования человека всегда было наиболее сильным и устойчивым фактором среды, оказывающим постоянное влияние на состояние здоровья. Анализируя образ жизни украинцев, нельзя ограничиться признанными характеристиками: рациональное питание, оптимальная двигательная активность, отказ от вредных привычек и т.д. Эта категория включает и некоторые социально-экономические характеристики, культуру межличностных отношений и т.д. Каков досуг, таков и образ жизни, а значит, и здоровье. Болезни, связанные с недостаточным питанием, вызываются неудовлетворительным обеспечением организма железом, тиаминем и кальцием, что, в частности, приводит к развитию гиповитаминозов и гипомикроэлементозов.

Значительный ущерб здоровью причиняет недостаток в пище витаминов С и В₁. Витамин С защищает от переохлаждения, улучшает работу печени, задерживает развитие инфекционных болезней, интоксикаций. Назначается при холецистите, кариесе зубов, переломах костей. С витамином С связан белковый обмен в организме. Суточная потребность данного витамина – 100 мг. Содержится он в шиповнике, черной смородине, яблоках.

Витамин В₁ (тиамин) содержится в печени, мясе, в т.ч. курином, крупах, хлебе из муки грубого помола. При недостатке витамина В₁ накапливаются избыточные углеводы и ввиду их схожести с моле-

кулой жира легко в него переходят. Как следствие – жировые отложения. Повысить поступления тиамина с пищей можно, употребляя больше хлеба грубого помола (зерновой и белково-отрубной), круп с частично удаленными оболочками.

Всемирная организация здравоохранения отмечает, что человек должен употреблять не менее 60-85 г. белков в сутки, столько же жиров и 400-500 г. углеводов. Сущность полноценной системы питания – это прежде всего введение в рацион более высококачественных продуктов, например, замена свинины и говядины более постной телятиной.

Белки играют важнейшую роль в жизнедеятельности человеческого организма, ведь они участвуют в производстве клеток, образовании ферментов, выработке гормонов и антител, кроме того, если организму не хватает энергии от жиров и углеводов, то белки расщепляются и служат дополнительным источником энергии. Основным источником белков и аминокислот являются продукты животного происхождения, в них есть все незаменимые для человеческого организма аминокислоты. Но из продуктов растительного происхождения также можно подобрать продукты, содержащие все необходимые белки. Определенные белки отвечают за свертываемость крови (фибриноген, фибрин), сокращение мышц (миозин, актин), поступление кислорода в кровь (гемоглобин) и т.д.

Но не все белки одинаково полезны. В мире существует всего 120 видов, но человеку нужны не все, а только 20 из них, причем 12 из 20-ти человеческий организм способен синтезировать сам, поэтому с пищей он должен получать минимум 8, поэтому они называются незаменимыми.

Белковая пища должна составлять 10-15% дневного рациона, недостаток и избыток белка опасны одинаково. Самые лучшие источники белка – рыба, мясо, яйца, молоко и молочные продукты. Лучше всего усваивается белок из яиц, он больше всего похож на структуру белка в организме человека. Белки молока и кисломолочных продуктов также хорошо усваиваются организмом, почти на 90%. Но это не значит, что нужно употреблять только продукты животного происхождения, ведь также есть растительные источники белка, в основном это бобовые (горох, фасоль, чечевица, соя), есть также в злаках, но в меньшем количестве.

Полезность белка зависит не только от того, какие он содержит аминокислоты, но и от того, в каком сочетании, особенно из триптофана, метионина и лизина. Оно должно примерно соотноситься следующим образом: 1:3,5:5,5. Наиболее похожую структуру имеет белок мяса. Поэтому желательно, чтобы мясо присутствовало ежедневно в рационе человека. Очень важно правильное употребление белков в продуктах при снижении веса и соблюдении диеты, важно следить за тем, чтобы употреблять их в достаточном количестве, т.к. многие диеты предполагают ограничение в рационе жиров и углеводов, поэтому белковая пища может стать источ-

ником энергии. Если же в рационе не хватает белков в продуктах, то человеческий организм начинает тратить на энергию свои собственные белки и аминокислоты. Сначала они начинают расходоваться из мышечной ткани. Это может быть причиной усталости, повышенной утомляемости, слабости. Если вы почувствовали такие симптомы, вам стоит пересмотреть свой рацион. Особенно важно правильно и в достаточном количестве принимать белковую пищу детям в период роста, когда дефицит белка особенно опасен: это может сказаться на умственных способностях и даже способствовать физическим и умственным дефектам.

Минеральные вещества – это кальций, фосфор, натрий, хлор, калий, магний, сера и микроэлементы, содержащиеся в организме человека и продуктах питания в небольших количествах. Среди микроэлементов – это медь, железо, йод, цинк, марганец, фтор, селен и другие. Они выполняют очень много функций в организме человека и являются необходимыми в рационе питания. Нельзя допускать их дефицита или, наоборот, преувеличения их нормы, это может нарушить обмен веществ или способствовать развитию некоторых заболеваний.

Дефицит или избыток минеральных веществ в организме может произойти по причине монотонного питания без разнообразия. Например, молоко и другие молочные продукты богаты кальцием, но недостаточно содержат магния, железа, цинка поэтому при длительном употреблении молочных продуктов в ущерб другим продуктам может развиваться недостаток магния, железа, что может послужить причиной для развития анемии. Неправильное соотношение между собой, избыток или нехватка белков, углеводов, витаминов или жиров могут влиять на всасывание и усвоение минеральных веществ из продуктов питания.

Кальций способствует хорошему строению костной ткани, хорошей сократительности мышечной ткани, а также возбудимости нервной системы. Он обязательно входит в состав крови и клеток. Больше всего кальция в молочных продуктах (сыре, молоке, кефире, йогурте и других). Суточная норма кальция – 800 мг.

Фосфор необходим для обеспечения практически всех процессов жизнедеятельности, в частности, он регулирует обмен веществ, а также положительно влияет на нервную систему и мозг, двигательную активность мышц, нормализует деятельность печени, почек, а также образование костной ткани. Больше всего фосфор содержится в продуктах животного происхождения – мясе, печени, также его много и в бобовых, зерновых, но он плохо усваивается из растительных продуктов. Суточная потребность – 1200 мг.

Калий участвует в обмене веществ внутри клетки, регулирует кислотно-щелочной баланс, положительно влияет на деятельность сердечно-сосудистой системы, способствует выведению солей натрия из организма. Большинство продуктов рас-

тительного походження містять калій, але найбільше його в овсяній крупі, картоплі, яблуках, також він є в м'ясі та рибі. Щоденна потреба – 3 г.

Натрій необхідний нашому організму, щоб регулювати разом з калієм обмін речовин в клітині, а також, щоб сприяти нормалізації кислотно-щелочного балансу. Натрій з калієм діють як антагоністи, тим самим підтримують кислотно-щелочний баланс і осмотичний тиск в крові та тканинах. Багато знають, що натрій міститься в звичайній кухонній солі. Також його достатньо в капусті (особливо багато в квашеній), мінеральних водах, мучці, хлібі. Не варто перевищувати щоденну норму натрію, так як він здатний затримувати рідину в організмі, що може викликати набряки. Щоденна норма натрію – 10-15 г.

Магній дуже важливий для діяльності нервової системи, а також для м'язів серця. Він розширює судини та сприяє нормалізації артеріального тиску, стимулює моторику кишечника. Достатню кількість магнію можна знайти в гречневій крупі, овсяній крупі, отрубях, горіхах, сухофруктах, морській капусті, сухофруктах, моркві. Щоденна потреба – 400 мг.

Железо бере участь в перенесенні кисню до клітин та тканин через кров та сприяє виробленню гемоглобіну. Железо багато в м'ясі, печінці, бобових, овсяній та гречневій крупі. Краще железу засвоюється з продуктів тваринного походження. Щоденна потреба відрізняється для чоловіків та жінок. Для жінок вона становить 18-20 мг, а для чоловіків – 10-12 мг.

Йод регулює діяльність щитовидної залози, також грає важливу роль в мозковій діяльності. Для поповнення його запасів можна використовувати йодировану сіль або такі продукти, як морська риба та морепродукти (наприклад, морська капуста). Щоденна норма – 0,1-0,2 мг.

Говорячи про ролі мінералів, важливо пам'ятати, що при захворюваннях або зниженні імунітету, а для жінок в період вагітності, менструації або годування груддю, щоденна норма певних мінеральних речовин може змінюватися в ту або іншу сторону.

Углеводи – основний джерело енергії для організму людини. Якщо постійно їсти недостатню кількість вуглеводів, це може призвести до захворювання печінки (накопичення жиру в її клітинах), а також зміни її функцій. Надмірне вживання вуглеводів може призвести до підвищення потреби інсуліну в крові для зниження рівня глюкози в ній. Дуже важливо стежити за рівнем вживання вуглеводів людьми, хворим на цукровий діабет. Якщо людина не має такої хвороби, але надмірно їсть вуглеводну їжу, то він піддається величезній ризикованості для розвитку цього захворювання. Особливо підвищується ризик набуття цукрового діабету при неправильному режимі харчування: якщо людина їсть голодним довгий час, а по-

тім набрасується на вуглеводну їжу, то відбувається різкий стрибок глюкози в крові, що при однократному впливі в результаті такої поведінки призведе до діабету.

Крім усього іншого, такий тип харчування може призвести до жирових відкладень та захворювань шлунково-кишкового тракту (гастрити, гастродуоденіти тощо).

Углеводи бувають прості (моносахариди та дисахариди) та складні (полісахариди). Прості углеводи характеризуються тим, що дуже швидко засвоюються організмом та при великому їх вживанні надають велику навантаження на підшлункову залозу для вироблення інсуліну. Основним прикладом простого вуглевода є глюкоза, яку частіше зустрічають в овочах та фруктах. Особливо багато її в таких продуктах, як виноград – 7,8%, вишня – 5,5%, малина – 3,9%, земляника – 2,7%, слива – 2,5%, арбуз – 2,4%. Серед овочів особливо багаті глюкозою тыква – 2,6%, білокачанна капуста – 2,6%, а також морква – 2,5%. Іншим прикладом простого вуглевода є сахароза – всім відомий цукор.

Такий простий вуглевод, як фруктоза – найпоширеніший серед вуглеводів фруктів. Він безпечний для діабетиків, так як для того щоб проникнути з крові в клітини організму, він не потребує вироблення інсуліну. Клітини печінки здатні перетворювати фруктозу на глюкозу, тому вона також може сприяти підвищенню глюкози в крові, але це відбувається в значно меншій ступені, ніж у інших вуглеводів. Одним з недоліків вживання фруктози є той факт, що вона швидше перетворюється в жир, ніж інші углеводи. Через це продуктами з фруктозою також не варто захоплюватися. Але той факт, що її солодкість майже в 2 рази сильніше солодкості глюкози та сахарози, робить її вживання менш ніж інших вуглеводів.

Фруктози також дуже багато в винограді, яблуках, грушах, вишні, вишні, арбузах, чорній смородині, малині, землянику, дині. Відмінність від фруктів та ягід, овочів полягає в тому, що вони містять більше вуглеводів. Багато фруктози також міститься в меду. Ще одним аргументом на користь фруктози є той факт, що вона не сприяє розвитку карієсу, як інші углеводи.

Молоко та молочні продукти містять простий вуглевод – лактозу, яку при розщепленні утворює моносахарид – галактозу. У деяких людей лактоза в організмі не розщеплюється, при цьому вона потрапляє в товстий кишечник, де є їжею для мікрофлори, при цьому може бути посилене газоутворення (може надувати живіт). Альтернативою для таких людей можуть бути кисломолочні продукти, в яких лактоза розщеплена.

Сахароза – дисахарид, який складається з молекул глюкози та фруктози. Цукор містить 99,5% сахарози, тобто практично повністю складається з неї. Про шкоду цукру знають багато. Він стає частіше всього причиною розвитку цукрового діабету та ожиріння. Цукор

крайне быстро расщепляется до глюкозы и сразу всасывается в кровь. Он становится источником энергии. Потребление сахара не дает организму человека ничего, кроме калорий, в нем нет витаминов и минералов либо каких-либо других питательных веществ. Представителями продуктов, содержащих сахарозу в достаточно больших количествах, являются свекла, персики, сливы, дыни, мандарины, морковь. Естественно, все продукты, в которые был добавлен сахар, являются его источниками (кондитерские изделия, джемы, мороженое, сладкие напитки и другие).

Сложные углеводы, или полисахариды, состоят из многих молекул глюкозы (крахмал, гликоген) или фруктозы (инулин). Все полисахариды отличаются тем, что расщепляются в организме человека медленно, постепенно освобождая молекулы глюкозы, чем создают минимальную нагрузку на выработку инсулина. Основным полисахаридом является все же крахмал. Большая часть углеводов в рационе человека приходится именно на него. Много крахмала содержат такие продукты, как картофель, кукурузы, пшеничная крупа и мука, рисовая крупа, горох, фасоль, чечевица. Такой полисахарид, как гликоген, состоящий из многих молекул глюкозы, организм человека может создавать сам для себя, также его можно найти в продуктах животного происхождения, особенно в печени животных. Таким образом, содержание углеводов в продуктах различается в зависимости от типа углеводов, которые могут быть более и менее опасными для нашего организма. При употреблении пищи это нужно учитывать, особенно тем людям, которые предрасположены к сахарному диабету, ожирению либо имеют недостаток углеводов в рационе питания.

Вывод. Согласно законам эволюции природы, когда питание улучшается, организм начинает строить более совершенное тело, отвергая материалы низкого уровня. Питание становится биологически совершенным при ограничении в рационе одних продуктов и вводе других, более биологически ценных. Важно в питании правильно сочетать продукты: нежелательно есть протеины (мясо, рыба, яйца) за один прием с крахмалами (хлеб, рис, бобовые); фрукты нельзя сочетать с крахмалистой пищей и сахаром. Важно выбрать время для приема пищи: есть тогда, когда возникает чувство голода, а не по расписанию. Соотношение продуктов должно быть таким: растительной пищи – 50-60%; углеводной – 20-25%; белковой – 15-20%. Растительную пищу (салаты, винегреты и т.п.) принимать за 8-10 мин до приема углеводной и белковой пищи. Жидкость употреблять не позднее, чем за 10-15 мин до еды и через 1,5-2 часа после еды. Один раз в неделю делать разгрузочные (фруктовые дни) от 24 до 36 часов или голодать, принимая теплую воду. Как правило, не смешивать углеводную пищу с белковой.

Л и т е р а т у р а

1. Смоля В.И. Рациональное питание / В.И. Смоля. – К.: Наукова думка, 1991. – 368 с.

2. Вплив харчування на здоров'я людини: Підручник / [В.П. Пішак, М.М. Редько та ін.] за ред. Редько М.М. – Чернівці: Книги ХХІІІ, 2006. – 506 с.
3. Столмакова А.І., Мартынюк І.О. Популярно о питании / А.І. Столмакова, І.О. Мартынюк. – К.: Здоровье, 1990. – 272 с.

R e f e r e n c e s

1. Smolja V.I. Racional'noe pitanie / V.I. Smolja. – K.: Naukova dumka, 1991. – 368 p.
2. Vplyv harchuvannja na zdorov'ja ljudyny: Pidručnyk / [V.P. Pishak, M.M. Red'ko ta in.] za red. Red'ko M.M. – Chernivci: Knygy ХХІІІ, 2006. – 506 p.
3. Stolmakova A.I., Martynjuk I.O. Populjarno o pitanii / A.I. Stolmakova, I.O. Martynjuk. – K.: Zdorov'e, 1990. – 272 p.

Арнаут І.М., Михайлов Д.В., Гуляев В.П. Вплив продуктів харчування на життєдіяльність людини

Розглянуто питання впливу продуктів харчування на здоров'я людини, а також основні правила харчування. Фізичне здоров'я людини на 50% залежить від його способу життя (характер харчування, шкідливі звички, умови професійної діяльності та ін.), на 20% – від стану навколишнього середовища, на 20% – від спадковості, і тільки на 10% – від медичного забезпечення. Отже, здоров'я людини значною мірою визначається її харчовим статусом і може бути досягнуто і збережено лише за умови повного задоволення фізичних потреб в енергії і харчових речовинах.

Ключові слова: харчування, вітаміни, білки, вуглеводи, жири, здоров'я.

Arnaut I., Mikhailov D., Gulyaev V. Influence of the foodstuff on ability to live of the person

Questions of influence of a foodstuff on health of the person, and also food key rules are considered. Preservation of health of the population is one of problems of the state importance. A food for all history of existence of the person always was the strongest and steady factor of the environment, making constant impact on a state of health. Physical health of the person on 50 % depends on its way of life (character of a food, bad habits, conditions of professional work, etc.), on 20 % from an environment status, on 20 % from a heredity and only on 10 % from medical maintenance. Hence, health of the person is substantially defined by its food status and can be reached and saved only under condition of full satisfaction of physical requirements for energy and food substances. Infringements in a food lead to negative consequences - to diseases of cardiovascular, gastroenteric systems, oncology, infringement of a metabolism and presenilation.

Keywords: a food, vitamins, fibers, carbohydrates, fats, health.

Арнаут І.М. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Михайлов Д.В. – к.т.н., доцент кафедри охорони праці та БЖД, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Гуляев В.П. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Нечаев Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 16.04.2013

УДК 621.762.4

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И СВОЙСТВА БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5Ф3-МП, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Дубасов В.М., Могильная Е.П., Дубасов А.В.

HEAT TREATMENT AND PROPERTIES OF HIGH-SPEED STEEL P6M5Ф3-МП TO THE POWDER-LIKE METALLURGY GOT A METHOD

Dubasov V., Mogilnaya N., Dubasov A.

Рассмотрен металлорежущий инструмент из быстрорежущей стали Р6М5Ф3-МП. Предложены режимы предварительной и окончательной термической обработки. Показаны микроструктуры стали на всех этапах изготовления. Исследовано влияние температуры нагрева под закалку на величину аустенитного зерна и на механические свойства.

Ключевые слова: порошковая металлургия, быстрорежущая сталь, микроструктура, механические свойства, температура, закалка, отпуск.

Постановка проблемы. Отечественными и зарубежными исследователями установлено [1-3], что методом порошковой металлургии можно получать быстрорежущие стали с однородной мелкодисперсной микроструктурой и высокими механическими свойствами. Порошковая сталь обладает рядом важных преимуществ, по сравнению со сталью традиционного металлургического производства, а именно: в 1,5-3 раза повышенной стойкостью режущего инструмента; изотропностью свойств и повышенной конструктивной прочностью, что определяет целесообразность использования подобных материалов для изготовления крупногабаритного инструмента сложной формы; высоким уровнем технологических свойств (повышенной технологической пластичностью, незначительной склонностью к росту зерна и деформируемостью при закалке, хорошей шлифуемостью даже при содержании ванадия до 8%); пониженной склонностью к скалыванию и микровыкрашиванию режущей кромки инструмента; возможностью существенного увеличения концентраций углерода и карбидообразующих элементов без обычно связанных с этим отрицательных явлений – снижения технологической и эксплуатационной пластичности, возрастания степени карбидной неоднородности, снижения выхода годного.

Работоспособность режущих инструментов в основном определяется комплексом физико-

механических и технологических свойств, применяемых для их изготовления быстрорежущих сталей, в первую очередь химическим составом и технологическими особенностями получения. Кроме того, на свойства сталей большое влияние оказывает их исходная структура и окончательная термическая обработка инструмента.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования структуры и свойств быстрорежущих сталей свидетельствуют о том, что порошковые стали при оптимальных режимах их получения [1] значительно превосходят по качеству стали традиционного способа производства (плавка, разливка в слитки, изготовление сортового металла). Установлено, что высокие механические свойства порошковых быстрорежущих сталей достигаются при использовании горячей пластической деформации порошковых заготовок методами обработки металлов давлением, которые характеризуются значительными сдвиговыми деформациями (экструзия, ковка и т. д.) [1-4].

Производство и потребление порошковых быстрорежущих сталей свидетельствуют о тенденции к увеличению объема экономно легированных марок повышенной производительности типа Р6М5Ф3-МП. Установлено, что наиболее удовлетворительная структура этой стали формируется при температуре $t = 1180 \pm 10^\circ\text{C}$ и продолжительности спекания 0,5 ч. В этом случае дисперсность карбидной фазы достаточна высока – размер карбидов не превышает 2 мкм [2-4].

Для каждого вида инструмента и обработки характерен минимальный уровень вязкости, обеспечивающий надежную работу инструмента без выкрашивания и сколов режущей кромки. Известно, что порошковые быстрорежущие стали с грубой неоднородной структурой имеют худшую ударную вязкость, чем стали с равномерным распределением карбидов.

В связи с широким применением порошковых быстрорежущих сталей весьма актуальной становится проблема правильного выбора режима их термической обработки.

Цель. Целью работы является изучение режимов термической обработки, структуры и свойств металла порошковой быстрорежущей стали Р6М5Ф3-МП, применяемой для изготовления червячных фрез.

Результаты исследований. Для снижения твердости, улучшения обработки резанием и подготовке стали к закалке послековки быстрорежущую сталь подвергают отжигу. Известно, что отжиг, выполняемый с нагревом в печах с упаковкой инструмента в чугунную стружку, не является достаточно надежным, так как в результате его проведения наблюдается иногда появление таких дефектов, как науглероживание или обезуглероживание поверхности. Учитывая, что наличие науглероженного слоя на гранях инструмента приводит к их оплавлению в процессе нагрева при повторной закалке, а наличие остатков обезуглероженного слоя, не удаленных последующим шлифованием, ведет к катастрофическому выходу инструмента из строя в процессе резания, предпочитают отжиг закаленного инструмента производить в соляных ваннах. Это резко уменьшает длительность процесса, обеспечивает равномерность нагрева и получение однородной структуры и твердости по сечению инструмента, а при надлежащем выборе состава солей и ректификаторов полностью устраняет опасность обезуглероживания или науглероживания поверхности отжигаемых инструментов [6].

Для холодных заготовок порошковой быстрорежущей стали применяется ускоренный изотермический отжиг по схеме рис. 1, для которого используются одновременно две соляные ванны: вначале инструмент нагревается в первой ванне при температуре $t_B = 730-740$ °С в течение 30-40 мин., затем его быстро переносят во вторую ванну, где выдерживают 4-6 ч при $t_{из} = 600$ °С в течение такого же времени, после чего охлаждают на воздухе. Однако при данном виде ускоренного изотермического отжига не всегда удается достичь снижения твердости, а следовательно, не исключается опасность образования нафталенистого излома при повторной закалке этого инструмента.

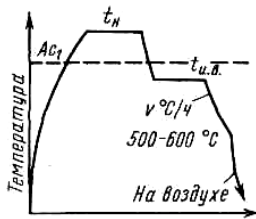
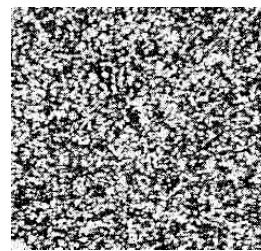


Рис. 1. Изотермический отжиг холодных заготовок

После отжига по стандартному режиму заготовки имеют структуру сорбит образного перлита с равномерно распределенной фазой (рис. 2). Видно,

что в стали Р6М5Ф3-МП карбиды мелкодисперсные и распределены равномерно. Твердость заготовок после отжига HB 255-269.

В структуре деформированной и отожженной порошковой быстрорежущей стали можно различить три вида карбидов: крупные обособленные первичные карбиды, более мелкие вторичные и очень мелкие эвтектоидные карбиды, входящие в основной сорбитный фон (рис. 2).



×450

Рис. 2. Микроструктура порошковой быстрорежущей стали Р6М5Ф3-МП после изотермического отжига

Особенности закалки фрез червячных. С целью предохранения от обезуглероживания нагрев червячных фрез под закалку проводят в хорошо раскисленных соляных ваннах или печах с защитной атмосферой. Для раскисления ванн используют фтористый магний в количестве 2-3% от веса соли в ванне.

Нагрев под закалку ступенчатый: 1-й подогрев производят в шахте открытой, обогреваемой газом при температуре 200-400 °С; 2-й подогрев производят в соляной ванне электродной при температуре 1040-1060 °С. Ванна должна содержать: смесь БМЗ 98,5% BaCl₂ и 1,5% MgF₂.

Окончательный подогрев при температуре 1210-1230 °С – для ответственных инструментов с целью повышения ударной вязкости и уменьшения поводок инструментов. Ванна должна содержать: смесь БМР 92% BaCl₂, 2,5% MgF₂ и 0,16 роксбора.

Время выдержки при нагреве под закалку составляет 15 с на 1 мм расчетного сечения.

Охлаждение рекомендуется проводить в соляной ванне электродной, в расплавах солей: смесь БМК 50% BaCl₂, 25% NaCl и 25% KCl при температуре 600-650 °С, при их отсутствии – в масле.

Закалка с верхнего предела позволяет получить максимальную твердость и красностойкость, но приводит к существенному снижению прочности; закалка с нижнего предела – максимальную прочность и вязкость при пониженном уровне твердости. Твердость после закалки должна соответствовать HRC 63-64.

Отпуск проводится в соляных ваннах, трехкратный, выдержка по 1 ч. Охлаждение после каждого нагрева – на воздухе до температуры помещения.

Для стали Р6М5Ф3-МП температура отпуска – 550-570 °С. После окончательной шлифовки и заточки инструментов рекомендуется дополнитель-

ный отпуск при температуре 400-450 °С в течение 30-40 мин.

Схема режима термической обработки фрез червячных приведена на рис. 3.

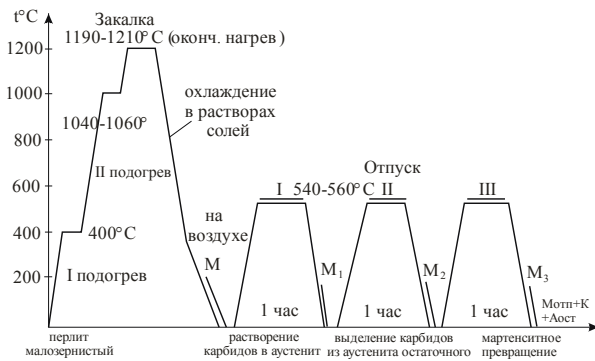


Рис. 3. Схема режима термической обработки фрез червячных

На рис. 4, показана микроструктура в глубине зуба. В микроструктуре наблюдаются темные участки – карбиды типа MC (высокотвердые) и светлые – карбиды типа M_6C . Твердость фрезы по всему сечению соответствует HRC 64. Микроструктура закаленной стали состоит из мартенсита скрытоигольчатого, мелких равномерно расположенных карбидов 1 балл и зерен аустенита – 12 баллов.



Рис. 4. Микроструктура зуба фрезы

Известно, что размер карбидных частиц оказывает непосредственное влияние на величину зерна термической упрочненной стали обычного производства. Это обусловлено созданием однородной, равномерно распределенной карбидной фазы в исходном состоянии [4-7]. Величина аустенитного зерна в зависимости от температуры закалки возрастает по закону, близкому к экспоненциальному (рис. 5, кривая 1). Кривая 2 характеризует рост аустенитного зерна стали Р6М5Ф3-МП в процессе температуры нагрева под закалку при 1100-1250 °С. В стали Р6М5Ф3-МП зерно аустенита более мелкое, и с повышением температуры нагрева отмечается меньшая склонность к росту зерна по сравнению со сталями обычного производства. При нагреве до ~1200 °С сохраняется большое количество мелкодисперсных карбидов, которые тормозят рост зерна.

На рис. 6 показано влияние различных температур закалки на изменение твердости обеих сталей после трехкратного отпуска при 560 °С 1 ч.

Механические свойства термически обработанной стали Р6М5Ф3-МП: вторичная твердость

HRC 66-67, прочность при изгибе $\sigma_{и}=3500-4400$ МПа, красностойкость (отпуск в течение 4 ч. HRC 59) 630 °С.

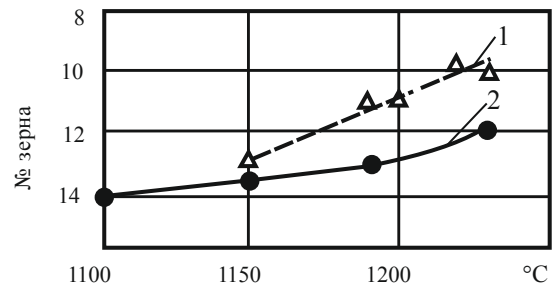


Рис. 5. Влияние температуры нагрева под закалку на величину аустенитного зерна:

1 – сталь Р6М5Ф3, полученная обычным способом; 2 – сталь Р6М5Ф3-МП, полученная порошковым способом

Из графика видно, что твердость стали Р6М5Ф3-МП после закалки от всех исследованных температур выше, чем стали Р6М5Ф3. Анализируя характер изменения твердости, можно отметить, что для получения металла с одинаковой твердостью температурные режимы термической обработки должны быть различны для сталей, полученных различными способами. Например, для получения в стали Р6М5Ф3 твердости HRC 63 требуется проводить закалку от 1220-1230 °С, в то время как в стали Р6М5Ф3-МП – от 1190-1200 °С.

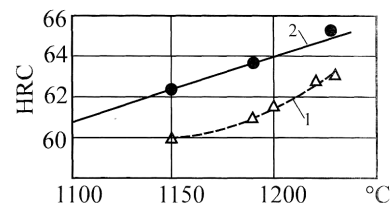


Рис. 6. Влияние различных температур закалки на изменение твердости:

1 – сталь Р6М5Ф3, полученная обычным способом; 2 – сталь Р6М5Ф3-МП, полученная порошковым способом

Выводы. Состав порошковых быстрорежущих сталей оказывает влияние на дисперсность, характер распределения избыточных карбидных фаз, и это находит свое отражение на уровне механических свойств.

1. Для быстрорежущих сталей, полученных распылением, не следует применять режимы термической обработки такие же, как и для сталей обычного металлургического производства. Накопленные статистические данные позволяют рекомендовать для стали Р6М5Ф3-МП закалку от температур на 20-30 °С ниже, чем для стали Р6М5Ф3 при дополнительном сокращении времени выдержки в процессе нагрева на 15-20%.

2. Все стадии перегрева приводят к повышению твердости и красностойкости, но и к резкому снижению прочностных свойств, вследствие чего не рекомендуется нагревать инструменты под закалку выше верхнего предела оптимальных температур.

Л и т е р а т у р а

1. Гогаев К.А. Технологические особенности получения заготовок режущих инструментов из порошков быстрорежущих сталей / К.А. Гогаев // Порошковая металлургия. – 1996. – № 11/12. – С. 5-9.
2. Гогаев К.А. Работоспособность режущих инструментов, изготовленных из порошков быстрорежущих сталей / К.А. Гогаев // Порошковая металлургия. – 1999. – № 9/10. – С. 115-118.
3. Спусканюк В.З. Термическая обработка и свойства быстрорежущей стали 10P6M5-МП, полученной из газораспыленного порошка с применением высоких гидростатических давлений / В.З. Спусканюк, В.С. Тютенко, Ю.А. Дарда, Т.В. Плоскоголова, А.В. Завгородняя, А.И. Сорокина, Н.П. Чумаков // Порошковая металлургия. – 1991. – № 10. – С. 17-21.
4. Горюшина М.Н. Термическая обработка и свойства быстрорежущей стали 10P6M5-МП, полученной распылением и горячим экструдированием / М.Н. Горюшина, Н.Н. Гавриков, И.Б. Болонкина, В.С. Мебель, Г.Э. Титенская // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1980. – № 9. – С. 55-57.
5. Геллер Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А. Геллер. – М.: Металлургия, 1983. – 528 с.
6. Геллер Ю.А. О теплостойкости и вторичной твердости кобальтовых быстрорежущих сталей с повышенным содержанием углерода / Ю.А. Геллер, Л.С. Кремнев, Б.Л. Александрович // Инструментальные и подшипниковые стали. – М.: Металлургия, 1976. – Вып. 3 – С. 5-10.
7. Скрынченко Ю.М. Основные свойства и работоспособность порошковых быстрорежущих сталей / Ю.М. Скрынченко, А.К. Петров, Г.И. Парабина и др. // Новые марки инструментальных и подшипниковых сталей. – М.: Металлургия, 1986. – С. 4-12.
8. Смольников Е.А. Термическая обработка в соляных ваннах / Е.А. Смольников. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
6. Heller U.A. About a thermo stability and secondary hardness cobalt of high-speed steel with enhance able maintenance of carbon // U.A. Heller, L.S. Kremnyv, B.L. Aleksandrovich. The instrumental and bearing became. – М.: Metallurgy, 1976. – producing 3. – P. 5-10.
7. Skcynshenco Y.M. Basic properties and capacity of powder-like high-speed steel / Y.M. Skcynshenco, A.K. Petrov, G.I. Parabina of and other the New brands instrumental and bearing steels. – М.: Metallurgy, 1986. – P. 4-12.
8. Smolnicov E.A. Heat treatment in hydrochloric baths / E.A. Smolnicov. – М.: Engineer, 1981. – 271 p.

Дубасов В.М., Могильна О.П., Дубасов А.В. Термічна обробка та властивості швидкокорізальної сталі P6M5Ф3-МП, отриманої методом порошкової металургії

Розглянуто металорізальний інструмент зі швидкокорізальної сталі P6M5Ф3-МП. Запропоновано режими попередньої і остаточної термічної обробки. Показано мікроструктуру сталі на всіх етапах виготовлення. Досліджено вплив температури нагріву під загартування на величину аустенітного зерна і на механічні властивості.

Ключові слова: порошкова металургія, швидкокорізальна сталь, мікроструктура, механічні властивості, температура, загартування, відпустка.

Dubasov V., Mogilnaya O., Dubasov A. Heat treatment and properties of high-speed steel of P6M5Ф3-МП, to the powder-like metallurgy got a method

A metal-cutting instrument is considered from high-speed steel of P6M5Ф3-МП. Information over is brought about mechanical properties and technological properties of instrument. Influence of initial structure and final heat treatment is shown firmness of instrument. Influence of composition is considered powder-like from high-speed steel on the level of mechanical properties. The modes of preliminary and final heat treatment are offered. Microstructures are shown became on all stages of making. Investigational influence of temperature of heating under tempering on the size of austenitic grain and on mechanical properties. The comparative analysis of mechanical properties of steels, made of different ways is given.

Keywords: powder-like metallurgy, high-speed steel, microstructure, mechanical properties, temperature, tempering, vacation.

Дубасов В.М. – к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: Vasilij.dubasov@mail.ru.

Могильна О.П. – к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: Mogilna@mail.ru.

Дубасов А.В. – інженер кафедри транспортних систем, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Гутько Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 01.04.2013

УДК 666.974

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ СУХОГО ФОРМОВАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Драпалюк М.В.

FEATURES OF TECHNOLOGY PRODUCTION OF CONCRETES ENHANCEABLE TO LONGEVITY

Drapaluk M.

В статье представлены основные положения технологии сухого формования железобетонных изделий с демпфирующими компонентами. Приведены результаты положительного влияния демпфирующих компонентов и добавок на структуру бетона и его физико-механические характеристики. Предложен метод сухого формования, который отличается от известных тем, что учитывает свойства конкретных материалов и условия изготовления образцов, а также отказаться от пропаривания и установки пропарочной камеры за счет разогрева сухой смеси при сушке и увлажнении.

Ключевые слова: бетон, сухое формование, прочность, цементная матрица, демпфирующие компоненты, кристаллогидратный росток.

Постановка проблемы. Известно, что бетон является наиболее сложным из всех искусственных материалов, поэтому рост требований, предъявляемых к бетонам, приводит к тому, что, несмотря на разнообразие материалов, которые, применяются для производства железобетонных конструкций, усложняется их выбор. В связи с этим возникает необходимость поиска новых путей оптимизации свойств бетонов.

Цель. Целью исследований является повышение долговечности бетонных и железобетонных конструкций специального назначения за счет модифицирования состава бетонной смеси для обеспечения полифункциональности процесса структурообразования бетона.

Материалы и результаты исследования. Одним из путей оптимизации структуры бетона является разработка модифицированных бетонов сухого формования с демпфирующими компонентами.

Актуальность проведенных исследований заключается в разработке технологии бетона сухого формования с демпфирующими компонентами для сооружений специального назначения, которые будут эксплуатироваться в условиях действия агрес-

сивных сред. К таким сооружениям относятся, например, транспортные и гидротехнические сооружения.

Особенность способа сухого бетонирования заключается в том, что смесь вяжущего и заполнителей сначала укладывают в форму, уплотняют и подвергают тепловлажностной обработке, предварительно зафиксировав объем отформованного изделия. Такая технология устраняет зависимость удобоукладываемости бетонной смеси от водопотребности песка и сроков схватывания цемента. Применение способа сухого формования железобетонных изделий с демпфирующими компонентами позволит повысить эксплуатационные характеристики бетона конструкции.

Исследование процессов твердения бетона сухого формования с демпфирующими компонентами осуществлялось по определению прочности, деформативных характеристик и поровой структуры.

Отличительными признаками демпфирующих добавок являются их пониженные жесткостные характеристики, определяемые высокой пористостью материала. Введение в бетон таких добавок, снижающих концентрацию напряжений на границе раздела фаз с различными упругими характеристиками, существенно уменьшает размах колебаний и пределы изменений максимальной и минимальной деформации и напряжений в процессе разрушения бетона.

По П.Г. Комохову [1], механизм действия демпфирующих добавок состоит в том, что на пути растущей трещины возникает энергетический гаситель в виде микровключения. Такое включение не способно отдавать полученную энергию, затраченную на его деформирование. Тем самым уменьшается энергия роста трещины и релаксируют напряжения в ее вершине. Наличие в структуре бетона упруго-вязких включений – низко модульных добавок демпфирующего действия как релаксаторов

внутренних напряжений и энергетических гасителей трещин – обеспечивает повышение прочности, трещиностойкости и морозостойкости бетона.

Подытожить сказанное можно словами А.А. Гвоздева [2], который отметил, что «неоднородность бетона, порождая возникновение микротрещин, задерживает их перерождение в опасные макротрещины, а наличие концентраторов напряжений в самой структуре материала делает его малочувствительным как к внешним концентраторам, так и ко вновь возникшим внутренним».

Суммируя известные результаты исследований связи структуры и прочности бетона, можно определить следующие пути оптимизации его структуры с целью повышения трещиностойкости, ударной стойкости и долговечности.

1. Снижение жесткости заполнителей бетона за счет использования плотных заполнителей средней жесткости (типа известнякового щебня) и легких заполнителей (шлаковой пемзы, керамзита). Однако указанные бетоны могут иметь пониженную по сравнению с тяжелыми бетонами на плотных и прочных заполнителях прочность при сжатии.

2. Снижение концентрации плотных заполнителей за счет раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором и мелкого – цементным камнем.

3. Повышение прочности сцепления заполнителя с цементным камнем за счет повышения чистоты и шероховатости поверхности плотных заполнителей, а также применения пористых заполнителей.

4. Использование бетонов на смешанных крупных и мелких заполнителях, а также комбинированных бетонов, в качестве вяжущих в которых используются портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент, пуццолановый и другие виды смешанных цементов.

В настоящее время известны исследования и опыт использования в бетонных смесях минеральных и органических маложестких поризованных компонентов (добавок) различной дисперсности: от дисперсности вяжущего до размеров мелкого и крупного заполнителей. Это портландцемент с минеральными добавками и пуццолановый портландцемент, растворы и бетоны на смешанных и комбинированных заполнителях. Перечисленные материалы отличаются экономией клинкерной части (при использовании тонкодисперсных минеральных добавок), пониженной плотностью бетона при использовании смешанных заполнителей, повышенной трещиностойкостью, морозостойкостью, в ряде случаев – прочностью при растяжении. Обобщая результаты исследований, проведенных до настоящего времени в этой области, целесообразно дифференцировать такие компоненты в зависимости от их дисперсности. В соответствии с этим можно выделить тонкодисперсные компоненты (добавки) с удельной поверхностью $50...300 \text{ м}^2/\text{кг}$; компоненты с размерами мелкого заполнителя – песка; компоненты с размерами крупного заполнителя.

К тонкодисперсным компонентам с удельной поверхностью $50...300 \text{ м}^2/\text{кг}$ относятся инертные и активные минеральные наполнители, снижающие стоимость цемента без существенного ухудшения его характеристик. Условность такого деления обусловлена тем, что до сих пор нет единого мнения о степени гидравлической активности тех или иных тонкодисперсных минеральных добавок [3-4]. Несмотря на это, можно констатировать факты увеличения плотности бетона, уменьшения деформаций усадки и набухания, повышения водостойкости и антикоррозионных свойств бетона с тонкомолотыми минеральными добавками.

Минеральные добавки являются составной частью композиционных цементов, шлакопортландцемента, пуццоланового портландцемента и некоторых других видов специальных цементов. Характеризуя пуццолановые цементы, С.М. Рояк и Г.С. Рояк подчеркивают [3-4], что они отличаются от портландцемента способностью к пластическим деформациям во влажных условиях, вследствие чего бетоны на пуццолановых цементах отличаются высокой трещиностойкостью.

Как известно, пуццолановые портландцементы отличаются от портландцемента замедленным нарастанием прочности в начальные сроки твердения. При длительном твердении бетона содержание пуццоланы благоприятно сказывается на структуре цементной матрицы бетона и приводит к тому, что прочность бетона на пуццолановых цементах приближается к прочности бетона на портландцементе такой же марки, а иногда может быть и выше.

Следует отметить, что активность портландцемента с инертными и активными минеральными добавками снижается не пропорционально количеству добавки. Так, при введении 50% микронаполнителя активность цемента снижается на 20...40%, поэтому в ряде случаев применение микронаполнителей оказывается экономически выгодным за счет повышения эффективности использования портландцементного клинкера.

Сущность способа сухого формирования заключается в том, что сухую бетонную смесь уплотняют в форме или опалубке и после этого насыщают водой. Расход компонентов рассчитывают таким образом, чтобы обеспечить минимальную пустотность и снизить количество воды при насыщении смеси.

Г.М. Хуторцов [5] показал, что поскольку при насыщении водой происходит «набухание» бетонной смеси и снижение ее структурной плотности, то перед насыщением объем уплотненной смеси необходимо фиксировать. Так как сухие смеси обладают при вибрации высокой удобоукладываемостью, то возможно применять весьма однородные мелкозернистые смеси, характеризующиеся оптимальной с точки зрения физико-химической механики и теории твердого тела структурой. При правильно подобранном гранулометрическом составе заполнителей возможно получение бетонов весьма высокой плотности, прочности и морозостойкости. Г.М. Хутор-

повым показано также, что количество воды, поглощенной сухой смесью, зависит от состава и качества уплотнения смеси и может составлять величину, соответствующую $V/C = 0,15 \dots 0,2$.

Образцы такого бетона имели прочность более 70 МПа, выдерживали более 200 циклов замораживания и оттаивания, не пропускали воздух и бензин при давлении более 1,5 МПа. Им же установлена зависимость плотности укладки частиц бетонной смеси от их влажности. Проведено сравнение и показано преимущество ударного способа уплотнения сухих смесей по сравнению с вибрированием и одностороннего вакуумирования при водонасыщении по сравнению с капиллярным подсосом и напорной фильтрацией.

Установлено, что процесс водонасыщения можно значительно интенсифицировать, а поскольку при сухом формовании взаимодействие цемента с водой начинается после формования смеси, т.е. в изделии, то сроки схватывания цемента не имеют значения и можно применять сверхбыстротвердеющие вяжущие или особо эффективные ускорители схватывания. При пропитке отформованных изделий углекислотой получена прочность в 2...6 МПа, что в ряде случаев достаточно для немедленной полной распалубки изделий [5]. Показана также повышенная эффективность мелких песков и сокращенных режимов тепловлажностной обработки, что вместе с возможностью немедленной распалубки переводит способ сухого формования в разряд интенсивных ресурсосберегающих технологий.

Исследования показали, что скорость пропитки зависит не только от плотности упаковки, но и от дисперсности твердых компонентов, а также от вязкости жидкости. Это позволило предложить осуществлять пропитку горячей водой или паром. Установлено также, что в процессе пропитки в бетоне образуется и сохраняется направленная пористость, а поэтому предложено после водонасыщения повторно вибрировать свежесформованное изделие.

Основной технологической операцией способа сухого формования является водонасыщение уплотненной смеси. Наиболее простой способ водонасыщения основан на использовании эффекта капиллярного подсоса и заключается в том, что форму с сухой смесью помещают в ванну с водой (пропитка снизу) или на поверхность смеси, укрытой каким-либо фильтром, наливают слой воды (пропитка сверху). Однако продолжительность водонасыщения этим способом смеси слоем от 10 до 30 см составила 90 и 300 мин соответственно. Этот способ характеризуется повышенными затратами времени может и быть рекомендован только для стендовой технологии.

В процессе опытного освоения технологии сухого формования применяли такие режимы, которые заведомо гарантировали требуемую степень уплот-

нения, пропитки и твердения сухой бетонной смеси. Так, по лабораторным данным, виброуплотнение смеси с пригрузом в 0,09 МПа можно осуществлять в течение 60...120 с, фактически уплотняли в течение 90 с, насыщение смеси в лабораторных испытаниях завершается за 2...5 мин, фактически при формовании изделий смесь выдерживали в растворе жидкого стекла или пара 1 ч, распалубочная прочность образцов в 3...4 МПа достигается за 5...10 мин, распалубку изделий осуществляли через 75 мин.

Установлено, что при сухом формовании традиционный способ смазки форм вододисперсионными составами не всегда приемлем. При укладке сухой смеси в смазанную форму слой смазки частично переходит с формы в смесь, образуя пятна на готовом изделии. С целью комплексного решения проблемы подбирали такой материал для форм, который бы имел нулевую адгезию к бетону и не нуждался в смазке.

Предложен метод назначения состава модифицированной бетонной смеси сухого формования, который отличается от известных тем, что учитывает свойства конкретных материалов и условия изготовления образцов. Для проектирования состава этим методом нет необходимости определять свойства материалов, необходимо только знать активность цемента.

Выводы. По сравнению с радиальным прессованием сухое формование позволяет:

- сократить время перемешивания бетонной смеси с 2,5 до 1,25 мин;
- сократить продолжительность уплотнения с 8 мин (время работы формующей головки) до 30 с (время работы виброплощадки);
- отказаться от пропаривания и установки пропарочной камеры за счет разогрева сухой смеси при сушке и увлажнении, за счет термосного выдерживания изделий в течение 75 мин и применения раствора жидкого стекла в качестве ускорителя схватывания;
- устранить потери бетонной смеси, составляющие при радиальном прессовании до 15% из-за осыпания на поддон и удаления. При сухом формовании форма неразъемная и все, что отделилось от изделия при его выемке, остается в форме и участвует в формовании следующего изделия;
- использовать мелкие пески и крупные фракции крупного заполнителя, в результате чего снижается расход цемента до 15%. При радиальном прессовании, как известно, применяются только мелкозернистые бетонные смеси.

Установлен оптимальный диапазон значений пригруза, применение которого в комплексе с вакуумированием повышает плотность и прочность сухоотформованного бетона, что связано с удалением адсорбционных пленок воздуха при вакуумировании и более компактной упаковкой частиц.

Л и т е р а т у р а

1. Комохов П.Г. Технологические свойства бетонной смеси с пластификатором Л-1 / П.Г. Комохов, М.М. Сычев, М.И. Курашев // Современная технология производства работ в строительстве. Материалы семинара. – Л, 1983. – С. 33-37.
2. Гвоздев А.А. Прочность, структурные изменения и деформации бетона / А.А. Гвоздев // НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 299 с.
3. Курасова Л.П. Роль пористого заполнителя в формировании микроструктуры и прочностных свойств керамзитобетона / Л.П. Курасова – М.: Стройиздат, 1978. – 176 с.
4. Рояк С.М. Специальные цементы / С.М. Рояк, Г.С. Рояк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1983. – 279 с.
5. Хуторцов Г.М. Новый способ получения высокоплотных бетонов / Г.М. Хуторцов // Бетон и железобетон. – 1991. – № 4. – С. 18-20.

R e f e r e n c e s

1. Komohov P.G. Technologicheskie svoystva betonnoy smesi s plastifikatorom L-1 / P.G. Komohov, M.M. Sichev, M.I. Kurachev // Sovremennay tehnologia proizvodstva rabot v stroitelstve. Materialu seminaru. L, 1983. – P. 33-37.
2. Gvosdev A.A. Prochnost, strukturnue izmeneniya i deformatsii betona / A.A. Gvosdev // NIIB Gosstroa SSSR. – M.: Stroizdat, 1987. – 299 p.
3. Kurasova L.P. Rol poristogo zapolnitela v vormirovaniy mikrostrukturu i prochnostnich svoystw keramzitobetona / L.P. Kurasova. – M.: Stroizdat, 1987. – 176 p.
4. Roak S.M. Specialnue zementu / S.M. Roak, G.S. Roak. – M.: Stroizdat, 1983. – 279 p.
5. Chutorcov G.M. Nowsy sposob poluceniya vysokoplotnuch betonov / G.M. Chutorcov // Beton i yelezobeton. – 1991. – № 4. – С. 18-20.

Драпалюк М.В. Особливості технології бетонів сухого формування підвищеної довговічності

У статті представлено основні положення технології сухого формування залізобетонних виробів з демпфувальними компонентами. Наведено результати позитивного впливу демпфувальних компонентів і добавок на структуру бетону та його фізико-механічні характеристики. Запропоновано метод сухого формування, який відрізняється від відомих тим, що враховує властивості конкретних матеріалів та умов виготовлення зразків, а також дозволяє відмовитися від пропарювання й установки пропарювальної камери завдяки розігріву сухої суміші при сушінні і зволоженні.

Ключові слова: бетон, сухе формування, міцність, цементна матриця, демпфувальні компоненти, кристалогідратний зросток.

Drapaluk M. Features of technology of production concretes of enhanceable to longevity

In the paper the substantive provisions of technology of the dry shaping of reinforce-concrete wares are presented with damping components. Results over of positive influence on damping components and additions are brought on the structure of concrete and his physicen and mechanical descriptions. The method of the dry shaping, which differs from known that takes into account properties of concrete materials and condition of making standards, is offered, and similarly to give up steaming thoroughly and setting of steaming chamber due to the warming-up of dry mixture at drying and moistening. For planning of composition concrete mixture by this method there is not a necessity to determine properties of materials, it is necessary only to know activity of cement.

Key words: concrete, dry molding, strength, cement matrix, damping components, crystalline-hydrate joint.

Драпалюк М.В. – к.т.н., доцент кафедри міського будівництва та господарства, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Нечаев Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 18.04.2013

УДК 629.4

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ В ПРЯМОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СООБЩЕНИИ

Шворникова А.М., Даниленко М.А., Крайнюк А.А., Витренко А.В.

MODEL OF TRANSPORTATION LOGISTICS CHAIN IN NOTE RAILWAY COMMUNICATION

Shvornikova G., Danilenko M., Krajnyuk A., Vitrenko A.

Проанализированы существующие критерии предпочтения, используемые покупателями транспортных услуг и их значимость при выборе наиболее подходящего вида транспорта. Сформирован методологический аппарат, позволяющий формировать транспортно-логистические цепи в зависимости от вида перевозок и сложившейся ситуации, а также критериев предпочтения конкретных грузовладельцев. Разработана математическая модель формирования транспортно-логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении.

Ключевые слова: цепочка, логистика, транспортная система, анализ, модель, алгоритм.

Постановка проблемы. Для того, чтобы быть выбранным в качестве элемента логистической системы, конкретный вид транспорта (перевозчик) должен иметь возможность предложить клиенту наиболее удобный для него вариант транспортировки груза, а для этого не только изучать сильные и слабые стороны конкурентов, но и стараться слабые стороны конкурентов сделать своими сильными при безусловном развитии и укреплении положительных аспектов своей деятельности. Это наименее затратный способ оказаться конкурентоспособным.

Проведенное автором изучение зарубежного опыта позволяет оценить критерии предпочтения, используемые покупателями транспортных услуг, и их значимость при выборе наиболее подходящего вида транспорта. В [2] приведены данные оценки уровней значимости критериев транспортной системы, полученные при обработке информации коллективом западных экспертов. Их анализ показывает, что при выборе вида транспорта принимаются во внимание в первую очередь следующие факторы: уровень надежности поставки; время транспортировки; транспортные расходы; уровень гибкости; сохранность; быстрота подготовки рекламы; расходы на упаковку; расходы на страхование.

Анализ последних исследований и публикаций. Достаточно квалифицированным является подход, использованный в [3] и позволяющий установить, что на выбор перевозчика влияют 22 фактора. В качестве наиболее важных отмечены следующие: стоимость доставки «от двери до двери»; сохранность перевозок грузов; статистика удовлетворения претензий и исков; соблюдение сроков доставки; наличие льгот и скидок с тарифа; возможность слежения за грузом; время доставки «от двери до двери»; наличие единой цепочки обслуживания.

Разработка методологического аппарата, позволяющего формировать транспортно-логистические цепи в зависимости от вида перевозок и сложившейся ситуации, а также критериев предпочтения конкретных грузовладельцев в этих условиях является одним из действенных инструментов повышения конкурентоспособности и востребованности конкретного вида транспорта (перевозчика).

Цель. Целью исследований является разработка математической модели формирования транспортно-логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении, которая учитывает вышеназванные факторы.

Результаты исследований. Обозначим:

– множество способов организации отправления груза с железнодорожной станции через [4]:

$$z = \{Z_i\}, i = 1, n_1,$$

где n_1 – количество способов организации отправления груза с железнодорожной станции;

– множество способов доставки груза от станции отправления до станции назначения через:

$$D = \{D_j\}, j = \overline{1, n_2},$$

где n_2 – количество способов доставки грузов от станции отправления до станции назначения;

– множество способов организации доставки груза от станции назначения к грузополучателю через:

$$W = \{W_k\}, k = \overline{1, n_3},$$

где n_3 – количество способов доставки груза от станции назначения к грузополучателю;

– множество вариантов доставки груза от грузоотправителя до грузополучателя через:

$$V = \{V_{ijk} = (Z_i, D_j, W_k) \mid Z_i \in Z, D_j \in D, W_k \in W\}.$$

Множество V является прямым произведением множеств Z, D, W , т.е. $V = Z \cdot D \cdot W$. Количество вариантов доставки груза от грузоотправителя к грузополучателю равно $n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$.

Требуется сформировать транспортно-логистическую цепь, в наибольшей степени удовлетворяющую требованиям (критериям предпочтения) грузовладельца.

Графическая интерпретация возможных вариантов транспортно-логистических цепей при доставке грузов от грузоотправителя до грузополучателя железнодорожным транспортом (завоз и вывоз – автотранспорт) приведена на рис. 1.

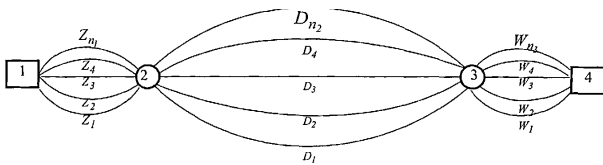


Рис. 1. Граф возможных вариантов транспортно-логистических цепей при доставке грузов железнодорожным транспортом:

- 1, 4 – соответственно грузоотправитель и грузополучатель;
- 2, 3 – соответственно станции отправления и назначения

Используя в порядке очередности критерии предпочтения клиента T_1, T_2 и T_3 , где T_1 – срок доставки, T_2 – обеспечение сохранности груза, T_3 – стоимость доставки, выделим из множества V , соответственно, множества V_1, V_2, V_3 [5].

Формируем множество:

$$V_1 = \left\{ V_{ijk} = (Z_i, D_j, W_k) \mid V_{ilk} \in V, \left[t(Z_i) + t(D_j) + t(W_k) \right] \leq T_1 \right\},$$

где $t(Z_i)$ – время нахождения груза в пункте отправления при организации его перевозки по железной дороге с помощью Z_i способа, суток;

$t(D_j)$ – время доставки груза от станции отправления до станции назначения с помощью D_j способа доставки, суток;

$t(W_k)$ – время нахождения груза в пункте назначения при организации его доставки от станции выгрузки до грузополучателя с помощью W_k способа, суток.

Условие

$$V_1 = \left[t(Z_i) + t(D_j) + t(W_k) \right] \leq T_1,$$

определяет, что сумма времени доставки груза от грузоотправителя к грузополучателю должна быть меньше или равна времени доставки T_1 .

Формируем множество V_2 , состоящее из тех элементов множества V_1 , которые удовлетворяют критерию T_2 , т.е.

$$V_2 = \{V_{ijkl} = (Z_{il}, D_{jl}, W_{kl}) \mid V_{ijkl} \in V_1, N(V_{ijkl}) \leq T_2\},$$

где $N(V_{ijkl})$ – возможные затраты от несохранной перевозки при следовании по пути, Z_{il}, D_{jl}, W_{kl} .

Условие $N(V_{ijkl}) \leq T_2$ устанавливает, что уровень возможных затрат, возникающих в связи с несохранной перевозкой при доставке груза от грузоотправителя к грузополучателю по пути (Z_{il}, D_{jl}, W_{kl}) , должен быть не более максимума затрат, допускаемых клиентом – T_2 .

Множество V_3 , которое состоит из элементов множества V_2 , удовлетворяющих критерию T_3 , т.е.

$$V_3 = \left\{ V_{i2j2k2} = (Z_{i2}, D_{j2}, W_{k2}) \mid V_{i2j2k2} \in V_2, \left[C(Z_{i2}) + C(D_{j2}) + C(W_{k2}) \right] \leq T_3 \right\},$$

где $C(Z_{i2})$ – стоимость выполнения операций в пункте погрузки по отправке груза железнодорожным транспортом, грн;

$C(D_{j2})$ – стоимость доставки груза от станции отправления до станции назначения с помощью D_{j2} способа, грн;

$C(W_{k2})$ – стоимость доставки груза от станции назначения к грузополучателю с помощью W_{k2} способа, грн.

Условие

$$C_{i2j2k2} = \left[C(Z_{i2}) + C(D_{j2}) + C(W_{k2}) \right] \leq T_3,$$

определяет, что сумма стоимости доставки груза от грузоотправителя до грузополучателя по пути $Z_{i2} D_{j2} W_{k2}$ должна быть меньше или равна стоимости, которую готов заплатить клиент – T_3 .

Если по результатам реализации 3-го этапа имеет место несколько каналов распределения, соответствующих критериям T_1, T_2, T_3 , то используя усиленный критерий T_3 , т.е. $C_{i3j3k3} = \min C_{i2j2k2}$ (минимальное значение стоимости по пути $Z_{i3} D_{j3} W_{k3}$), выделяется единственный лучший вариант доставки груза от грузоотправителя к грузополучателю. Графически процесс определения наилучшей транспортной логистической цепи путем поэтапного формирования множеств V_1, V_2, V_3 приведен на рис. 1.

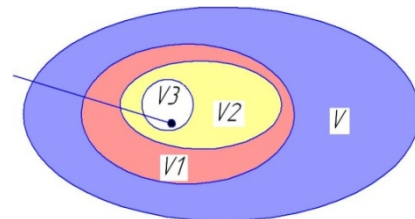


Рис. 1. Процесс определения наилучшей транспортной логистической цепи путем поэтапного формирования множеств V_1, V_2, V_3

$$C_{i_3j_3k_3} = \min C_{i_2j_2k_2}.$$

Алгоритм формирования транспортной логистической цепи. Процесс формирования транспортных логистических цепей применительно к железнодорожному транспорту в общем виде состоит из следующих этапов:

1. Железная дорога получает заказ на перевозку, поэтому целью формирования транспортной логистической цепи является организация доставки груза от пункта отправления до пункта назначения. На этом этапе определяется вопрос об участии механизированной дистанции погрузочно-разгрузочных работ и коммерческих операций (МЧ) в доставке груза от грузовладельца до станции отправления и момент завершения договора перевозки в пункте назначения.

2. От заказчика поступают требования, которым должна удовлетворять перевозка. Как правило, общими являются следующие критерии:

а) срок и точность поставки $T_{\text{дост}} < T_{\text{срок}}$,

где $T_{\text{дост}}$ – уставный срок доставки, суток;

$T_{\text{срок}}$ – срок доставки, инициируемый отправителем, суток;

б) обеспечение сохранности груза $Z_{\text{нес}} < Z_{\text{кл}}$,

где $Z_{\text{нес}}$ – возможные затраты от несохранной перевозки;

$Z_{\text{кл}}$ – максимальный уровень затрат, допускаемых клиентом;

в) стоимость доставки $C_{\text{дост}}$ не должна превышать величины, определенной клиентом $C_{\text{клиент}}$, т.е. $C_{\text{дост}} < C_{\text{клиент}}$.

3. Формируются возможные подсистемы, обеспечивающие реализацию поставленной цели – доставки груза получателю.

На уровне станции отправления рассматриваются различные варианты по организации завоза груза, выполнения погрузочно-разгрузочных и складских работ, уборки вагонов с мест погрузки и постановки их в поезда для следования на станцию формирования. При этом разнообразие вариантов определяется большим числом факторов, к числу которых относятся:

а) при организации завоза груза – принадлежность автотранспорта: МЧ, отправителя или транспортно-экспедиторской компании; наличие календарного графика завоза грузов на станцию; режим работы отправителя и МЧ; вид отправки: повагонная, контейнерная или маршрутная;

б) при выполнении погрузочно-разгрузочных и складских работ – возможность организации прямого варианта перегрузки «автомобиль-вагон»; наличное число погрузочно-разгрузочных машин; наличие порожних вагонов на грузовых фронтах для погрузки отправляемого груза;

в) при уборке вагонов с мест погрузки и постановки их в поезда – степень согласованности графиков уборки вагонов с грузового двора и отправления на станцию формирования поездов.

В результате комбинаций различных факторов на всех этапах прохождения груза в первой подсистеме формируется n -ое число вариантов, для каждого из которых определяется продолжительность нахождения груза в первой подсистеме и затраты на реализацию данного варианта работы Cl_i , где i – порядковый номер варианта, $i = \overline{1, n}$.

Вторая подсистема транспортной составляющей охватывает транспортировку груза от станции отправления до станции назначения. Существует несколько способов доставки, каждый из которых определяется видом отправки: повагонная, контейнерная или маршрутная, а также скоростью: грузовая, большая, пассажирская. После исключения заведомо нереализуемых для конкретной перевозки факторов формируется k -е число вариантов, для каждого из которых подсчитываются показатели t_{2l}, C_{2l} при $l = \overline{1, k}$.

На завершающем этапе перевозки в пункте назначения также возможны различные способы организации работы с грузом на станции назначения и его доставки получателю. Они определяются следующими факторами:

а) организация погрузочно-разгрузочных работ: возможность организации прямого варианта перегрузки «вагон-автомобиль»; наличное число погрузочно-разгрузочных машин;

б) организация вывоза груза с грузового двора: централизованный вывоз, вывоз транспортом грузовладельца или транспортно-экспедиторской компании.

После рассмотрения различных способов организации работы на завершающем этапе перевозочного процесса формируется m -ое число вариантов с подсчетом показателей t_{3d}, C_{3d} при $d = \overline{1, m}$.

4. Заключительный этап создания транспортной логистической цепи предусматривает формирование возможных вариантов продвижения груза по всей транспортной цепочке, в результате чего появляется множество каналов распределения $s = n \cdot k \cdot m$ с показателями t_{ild}, C_{ild} , из которых необходимо выбрать один, который и будет являться искомой цепью. Ее поиск осуществляется следующим образом:

а) все варианты проверяются на соответствие критерию $T_{\text{дост}} \leq T_{\text{срок}}$,

при этом $t_{ild} < T_{\text{срок}}$;

б) из оставшихся вариантов методом экспертных оценок выбираются наиболее надежные по степени обеспечения сохранности, т.е. $Z_{\text{нес}} = \min$;

в) выбранные на предыдущем этапе варианты проверяются на соответствие критерию $C_{ild} \leq C_{\text{клиент}}$;

г) вариант, соответствующий критерию $C_{ild} = \min$, определяется в качестве наилучшей транспортной логистической цепи.

Набор требований (критериев предпочтения), предъявляемых к перевозке, и их количество могут различаться в зависимости от многих факторов: ро-

да и количества груза в отправке, расстояния перевозки и др. В любом случае их реализация способствует обеспечению долговременного коммерческого успеха транспортной организации на рынке [6].

Для того чтобы логистический подход превратился в корпоративную этику, необходимо включить в показатели работы транспорта таких показателей, которые характеризуют не только производственные, но и качественные стороны деятельности, напрямую связанные с уровнем обслуживания клиентов, взаимодействия с другими видами транспорта, вклада в сокращения логистических издержек на уровне макрологистических систем. При этом их количество должно быть невелико и ограничено набором показателей, наиболее полно характеризующих состояние и развитие транспорта. Кроме того, должны обеспечиваться простота их расчета и сопоставимость.

Выводы. Анализ зарубежного опыта позволил оценить критерии предпочтения, используемые покупателями транспортных услуг, и их значимость при выборе наиболее подходящего вида транспорта. Наиболее квалифицированным является подход, позволивший установить, что на выбор перевозчика влияют 22 фактора. Разработка методологического аппарата, позволяющего формировать транспортно-логистические цепи в зависимости от вида перевозок и сложившейся ситуации, а также критериев предпочтения конкретных грузовладельцев в этих условиях является одним из действенных инструментов повышения конкурентоспособности и востребованности конкретного вида транспорта (перевозчика). Для этого была разработана математическая модель формирования транспортно-логистической цепи в прямом железнодорожном сообщении, обеспечивающая удовлетворение критериев предпочтения конкретных грузовладельцев. Выявлены основные критерии предпочтения, используемые покупателями транспортных услуг, и их значимость при выборе наиболее подходящего вида транспорта. Составлен укрупненный алгоритм выбора наилучшего варианта транспортной составляющей логистической цепи.

Л и т е р а т у р а

1. Логистические транспортно-распределительные системы: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Апатцев, С.Б. Левин, В.М. Николашин и др.; Под ред. В.М. Николашина. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 304 с.
2. Джонсон, Джеймс С. Современная логистика / Джеймс С. Джонсон, Дональд Ф. Вуд, Даниел Л. Вордлоу, Поль Р. Мэрфи-мл. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 624 с.
3. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / М. Кристофер. – СПб.: Питер, 2004. – 316 с.
4. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / Под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 512 с.
5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
6. Персианов В.А. Выбор системы контрольных показателей: общая постановка проблемы и попытки ее решения в последние годы / В.А. Персианов, С.В. Милошлавская // Вестник транспорта. – 2006. – № 1. – С. 6.

R e f e r e n c e s

1. Logistic transport-distributive systems: Textbook for studies. Establishments / V. Apatcev, C. Levin, B. Nikolashin and other; Under red. B. Nikolashina. it is M.: the Publishing center «Academy», 2003. – 304 p.
2. Johnson James C. Modern logistic / James With Johnson, Donald F. Wood, Daniel Paul is M.: the Publishing house «William», 2002. – 624 p.
3. Christopher M. Logistic and management by the chainlets of supplying / with M. Christopher. – SPb.: «Piter», 2004. – 316 p.
4. Transport logistic: Textbook for transport institutions / higher learning Under red. L. Miroitina. is M.: publishing House «Examination», 2003. – 512 p.
5. Dryu D. Theory of transport streams and management by them / D. Dryu. is M.: Transport, 1972. – 424 p.
6. Persianov B. Choice system control indexes: general raising problem and attempt her decision the last years / B. Persianov, S. Miroslavskaya // Announcer of transport. – 2006. – № 1. – С. 6.

Шворнікова Г.М., Даниленко М.О., Крайнюк А.О., Вітренко О.В. Модель формування транспортно-логістичного ланцюга в прямому залізничному сполученні

Проаналізовані існуючі критерії переваги, що використовуються покупцями транспортних послуг, і їхнє значення при виборі найбільш відповідного виду транспорту. Сформований методологічний апарат, що дозволяє формувати транспортно-логістичні ланцюги залежно від виду перевезень і ситуації, що склалася, а також критеріїв переваги конкретних вантажовласників. Розроблена математична модель формування транспортно-логістичного ланцюга в прямому залізничному сполученні.

Ключові слова: ланцюг, логістика, транспортна система, аналіз, модель, алгоритм.

Shvornikova G., Danilenko M., Krajnyuk A., Vitrenko O. Model of transportation logistics chain in note railway communication

Existent criteria are analysed the preferences used by the customers transport services and their meaningfulness at the choice the most suitable type transport. A methodological vehicle, allowing to form transport-logistic chains depending on the type of transportations and folded situation, and also criteria preference concrete owners goods, is formed. The large-sized algorithm choice the best variant a transport constituent logistic chain is made. On the finishing stage transportation in the point setting the different ways organization work are also possible with a load at the station setting and his delivery to the recipient. The mathematical model forming transport-logistic chain is worked out in direct railway report.

Keywords: coal technologies, boiling layer, incineration, inert material, grate.

Шворнікова Г.М. – к.т.н., доцент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Даниленко М.О. – магістрант кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Крайнюк А.О. – к.т.н., доцент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Вітренко О.В. – ас. кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

УДК 621.01

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО ПРИВОДА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК

Брешев А.В.

EXPERIMENTAL BEHAVIOR MODELING AND DEVELOPMENT OF NON-CONTACT DRIVE

Breshev A.

Рассмотрена конструкция бесконтактного привода на конических аэростатических опорах. Предложены пути повышения его грузоподъемности при сокращении расхода воздуха. Проанализированы и исследованы статические характеристики модернизированной системы. Выполнено сопоставление результатов численного и аналитического методов по исследованию подъемной силы конических опор. На основе вычислительного эксперимента показаны преимущества проведенных совершенствований бесконтактного привода.

Ключевые слова: бесконтактный привод, подъемная сила, аэростатическая опора.

Постановка проблемы. Бесконтактные приводы получили значительное распространение в машиностроении благодаря тому, что позволяют значительно уменьшить потери на трение, дают выигрыш по габаритным параметрам и увеличивают срок службы рабочих органов и механизмов. Газ, используемый для создания воздушной подушки, не загрязняет окружающую среду и предохраняет опорные поверхности от попадания на них пыли, масла и т.п. Без потери своих эксплуатационных качеств такие приводы могут работать в широком диапазоне температур и давлений. Применение приводов на опорах с газовой смазкой решает задачи максимального увеличения частот вращения. Однако при оценке систем на аэростатических опорах стоит отметить, что наряду с перечисленными преимуществами сжимаемость газов и их малая вязкость одновременно являются причиной их относительно малых несущей и демпфирующей способностей. В связи с этим основной задачей по совершенствованию бесконтактных приводов на аэростатических опорах является пути повышения их грузоподъемности и жесткости при сокращениях потерь технического воздуха, используемого для смазывания рабочих поверхностей опор.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] рассмотрены преимущества использования в машиностроении опор, исключаящих непосредственный механический контакт между деталями за счёт газовой или жидкостной смазки, электромагнитных сил. Показано, что сочетание таких опор с бесконтактной передачей крутящего момента является технологией бесконтактного привода, которая повышает технический уровень машин.

Разработанные экспериментальная установка и методика исследований в работе [2] позволили получить эмпирические характеристики бесконтактного привода и функциональные связи между его входными регулируемые и выходными параметрами.

Работа [3] посвящена шпинделям на газовых опорах. Показаны основные преимущества использования высокоскоростных шпинделей на газовых опорах по сравнению со шпинделями на опорах качения.

Цель. Целью работы является нахождение путей повышения несущей способности бесконтактного привода на конических аэростатических опорах при сокращении расхода воздуха.

Результаты исследований. На рис. 1 представлен бесконтактный привод, который имеет два конусных аэростатических подшипника: правый 3 и левый 4, обладающие разными углами наклона к оси вращения ротора 2 и разными площадями поверхностей. Такая конструкция позволяет каждому из подшипников воспринимать радиальные, осевые и моментные нагрузки. Кроме того, конические опоры имеют регулируемый зазор. Он существенно влияет на статические и динамические характеристики привода. Ротор привода подвешен в потоке газа, который подаётся в зазор под избыточным давлением 4-6 атм. через специальные ограничители воздуха (питатели) 6, расположенные по окружностям конусных опорных поверхностей. Воздух обтекает опорные поверхности ротора по зазору, не позволяя

им сближаться до касания с поверхностями корпуса 1 и подпятника 5. Исследуемый привод имеет консольную нагрузку, радиальная составляющая которой распределяется на его левую опору, при этом осевые нагрузки преимущественно сосредоточены на правой опоре. Таким образом, целесообразно повышение радиальной грузоподъемности левой опоры и осевой подъемной силы правой опоры. Вследствие того, что работа конусных опор представляет собой единую систему, в которой осевые силы взаимосвязаны между собой, следовательно, варьирование интегральными характеристиками одной из опор оказывает влияние на параметры привода в целом.

Одним из путей повышения осевой грузоподъемности правой опоры привода является переход к более эффективным питателям. Изначально используются питатели типа кольцевая диафрагма, не дающая такие высокие значения подъемных сил, как, например, простая диафрагма [4, 5], которая, однако, технически сложнее реализуема, подвержена эффекту пневмомолот и обладает большим расходом воздуха через опору Q . В связи с этим предлагается комбинированное внедрение таких преобразований, как раззенковка выходных кромок кольцевых диафрагм и установка прямооточных лабиринтов. Использование первого преобразования позволяет получить соответствующий прирост грузоподъемности W_{ekz} при определенном незначительном увеличении расхода воздуха [6]. При этом вариант применения раззенковки в сравнении с другими видами питателей является более предпочтительным, вследствие простой технической реализации и незначительных различий в характеристиках с кольцевыми питателями, что делает возможным применение уже существующей методики расчета опор [7]. Установка же лабиринтных уплотнений (двух проточек на роторе) позволяет нивелировать допол-

нительный расход воздуха, полученный от перехода к новому виду питателей. Отметим, что использование прямооточных лабиринтов актуальней ступенчатых кольцевых лабиринтов, т.к. последние требуют дополнительной установки соответствующих колец, что усложняет конструкцию всего привода.

Ввиду того что применение раззенковки может повлечь за собой появление явления пневмомолот из-за образования дополнительного объема, размер проточек лабиринтов определяется, исходя из условия, что объем проточки V_n должен быть в 4-5 раз меньше объема зазора V_z между опорой и подвижной частью [4]. При выполнении этого условия прямооточные лабиринты становятся одним из эффективных методов борьбы с возможными колебаниями благодаря распределению смазки по зазору. Более того они уменьшают давление по ширине рабочего зазора, создавая области различной жесткости, благодаря чему повышается виброустойчивость опоры.

Отметим, что решение задачи газовой смазки для аэростатических опор с раззенковкой выполняется преимущественно численным методом – методом конечных элементов (МКЭ), который учитывает турбулентность потока, т.к. в реальных опорах имеют место «скачок» давления в зазоре вблизи отверстия. «Скачок» возникает при переходе воздуха из отверстия в зазор, при этом каждая частица воздуха испытывает значительное расширение объема и увеличение скорости, его плотность и давление резко падают.

На рис. 2 приведено графическое сравнение распределения давления в правой опоре привода двух исполнений (модернизированной опоры (МО) и исходной (ИО), полученное в результате проведенного численного эксперимента. Линия давления проходит по образующей конуса опоры вдоль ее питателей.

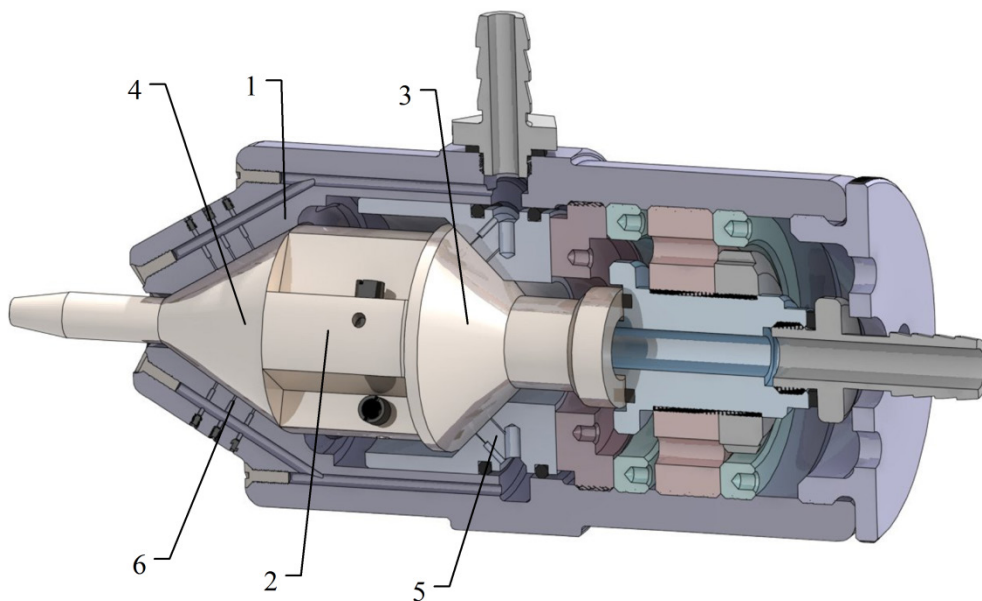


Рис. 1. Бесконтактный привод на конических аэростатических опорах

На кривой 1 четко видна полка давления, полученная благодаря созданию прямооточных лабиринтов модернизированной опоры, при этом характер распределения давления в области меньшего радиуса опоры идентичен с исходной опорой. График также наглядно демонстрирует более высокое распределение давления между питателями модернизированной опоры ввиду использования раззенковки. Стоит отметить, что установка лабиринтов по большему радиусу опоры дает ощутимый прирост осевой грузоподъемности, поскольку значения давления были подняты по наибольшей рабочей площади опоры. Таким образом, давление на выходе из опоры p_a , которое было равно атмосферному давлению, получило прирост, а следовательно, поднялось давление в зазоре опоры и области питателей p_d . Для демонстрации полученных преимуществ от проведенной модернизации приведем ниже графические

зависимости параметра, равного отношению грузоподъемности опоры к ее расходу воздуха – W_{ekz}/Q , от зазора газовой смазки C для двух опор: модернизированной и исходной при давлении подачи воздуха 5 атм. (рис. 3).

Как видно из вышеприведенных зависимостей, установка лабиринтов в сочетании с раззенковкой дают наибольший прирост параметра W_{ekz}/Q (до 12%) в диапазоне зазоров от 25 до 35 мкм.

В силу того что осевые показатели правой опоры стали выше, соотношение осевых сил всего привода, а следовательно, и зазоров правой и левой опор изменилось. Усиленная правая опора привода оказывает теперь большее осевое воздействие на его левую опору, что приводит к новому осевому равновесному положению ротора. Перераспределение зазоров привода с сопоставлением их до модернизации показано на рис. 4.

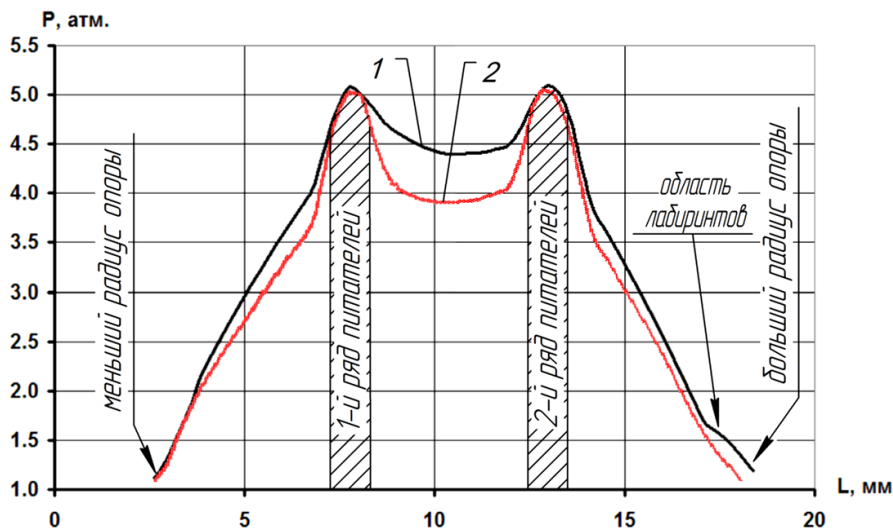


Рис. 2. Распределение давления вдоль образующей правой опоры привода:

1 – модернизированная опора с применением раззенковки и прямооточными лабиринтами; 2 – исходный вариант исполнения правой опоры пневмошпинделя (питатели вида кольцевая диафрагма, лабиринтные уплотнения отсутствуют)

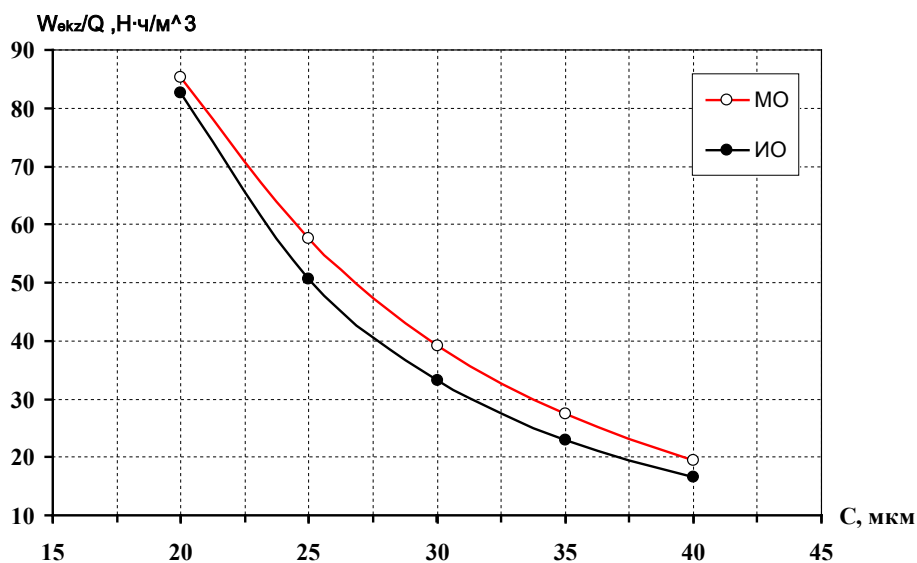


Рис. 3. Зависимость параметра W_{ekz}/Q от варьирования зазора правой опоры C

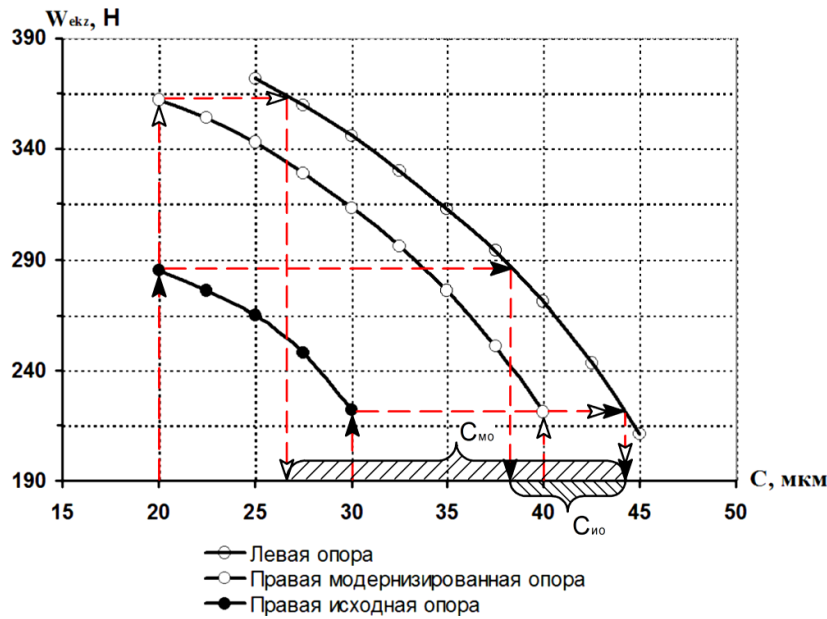


Рис. 4. Графическое определение положения равновесия ротора в осевом направлении

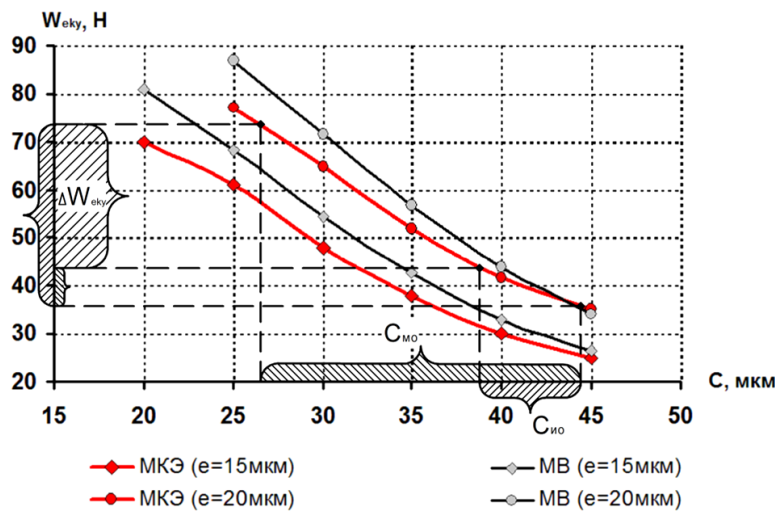


Рис. 5. Зависимость радиальной подъемной силы левой опоры от зазора газовой смазки

На рис. 4 выделенная область $C_{мо}$ соответствует диапазону регулирования зазора левой опоры с учетом модернизации правой, что составляет 27-44 мкм. Область $C_{ио}$ показывает диапазон зазоров левой опоры при исходной конструкции правой опоры, который находился в пределах от 38 мкм до 44 мкм. Таким образом, если изначально соотношение зазоров было 20 мкм на правой опоре и 38 мкм на левой, т.е. 34% к 66%, то после преобразований усиление правой опоры дало практически равные распределения зазоров: 20 мкм к 27 мкм (43% к 57%).

Переходя к анализу влияния модернизации правой опоры на характеристики левой опоры, стоит отметить, что получив новые рабочие зазоры, показатели левой опоры возросли не только по осевым силам W_{ekz} , но и по радиальным W_{eky} , поскольку последние обратно пропорционально зависят от величины зазора газовой смазки C , что продемонстрировано на рис. 5. Кривые зависимостей получены как

аналитическим методом – методом возмущений (МВ) [5, 7], так и численным – методом конечных элементов (МКЭ) при давлении подачи воздуха на опору $p_s = 4$ атм. и радиальных эксцентриситетах $e = 15$ мкм и 20 мкм.

На рис. 5 выделена область прироста радиальной подъемной силы ΔW_{eky} , полученная благодаря переходу левой опоры на более малые рабочие зазоры. Таким образом, имеем что, если до проведения модернизации максимально возможная грузоподъемность привода при давлении подачи воздуха $p_s = 5$ атм. составляла $P_y = 60,0$ Н, то усиление правой опоры и переход на новые зазоры левой опоры, позволили увеличить грузоподъемность аэростатической системы до $P_y = 71,1$ Н, что в процентном эквиваленте составляет 23,5%.

На рис. 6 показан график зависимости расхода воздуха через левую опору от толщины воздушной смазки с указанием полученной разницы в расходах ΔQ для давлений подачи воздуха $p_s = 4$ и 5 атм.

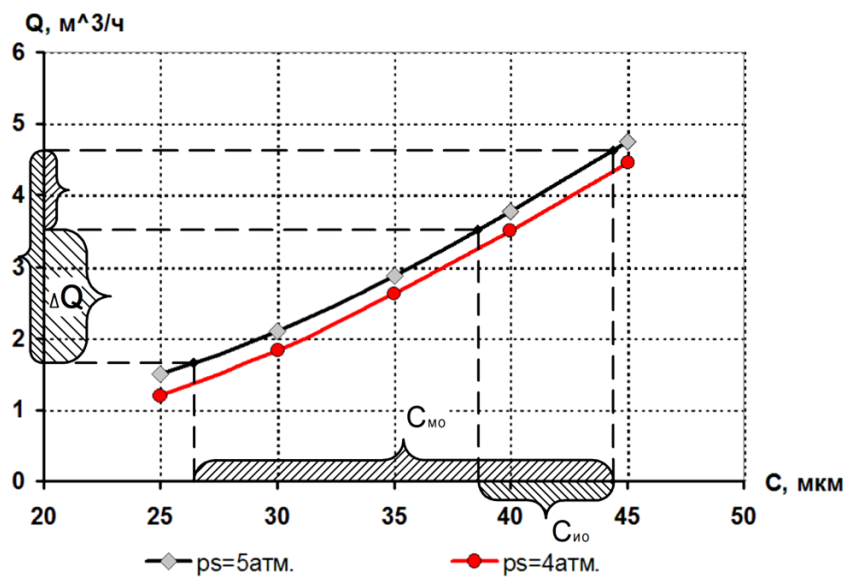


Рис. 6. Расход воздуха через левую опору бесконтактного привода

Из вышеприведенного рисунка видно, что минимально возможный расход воздуха Q через левую опору до усовершенствования привода составлял $3,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при давлении подачи воздуха $p_s = 5 \text{ атм.}$). После модернизации рассматриваемый эксплуатационный параметр сократился до $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом расход правой опоры возрос с $2,02 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $2,70 \text{ м}^3/\text{ч}$. Таким образом, расход воздуха всего привода сократился на $1,02 \text{ м}^3/\text{ч}$, что составляет 38%.

Выводы. Установлено, что переход на питатели с раззенковкой в сочетании с использованием прямооточных лабиринтов на конических опорах по их большему радиусу дает улучшение эксплуатационных показателей привода. В результате проведенной модернизации методом численного эксперимента показано, что прирост подъемной силы составил 23,5% при сокращении расхода воздуха на 38%.

Л и т е р а т у р а

1. Pavel Nosko. Developments in technology of non-contact drives for working machines / Pavel Nosko, Aleksey Breshev, Pavel Fil, Vladimir Breshev // Polish Academy of sciences in Lublin TEKA Commission of motorization in agriculture. Vol. XC. – Lublin, 2010. – P. 209-216.
2. Брешев А.В. Разработка установки и методики экспериментальных исследований бесконтактного привода на конических аэростатических опорах / А.В. Брешев // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – 2012. – № 1 (13). – С. 309-314.
3. Космынин А.В. Шпиндели на газовых опорах – перспективный путь развития высокоскоростной обработки металлов / А.В. Космынин, М.Р.Петров // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 6. – С. 47-48.
4. Опоры скольжения с газовой смазкой / [Шейнберг С.А., Жедь В.П., Шишеев М.Д. и др.]; под ред. С.А. Шейнберга. – [2-е изд.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 335 с.

5. Пинегин С.В. Прецизионные опоры качения и опоры с газовой смазкой: Справочник / С.В. Пинегин, А.В. Орлов, Ю.Б. Табачников. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с. – (Основы проектирования машин).
6. Седько Н.П. Анализ основных характеристик кольцевых газостатических подпятников различного конструктивного исполнения / Труды ин-та // Николаевский кораблестроительный институт, 1975. – Вып. 100. – С. 48-53.
7. Носко П.Л. Исследование одноопорной системы бесконтактного привода с аэростатическими подшипниками конической формы / П.Л. Носко, В.Е. Брешев, А.В. Брешев // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – № 5 (159), частина 2. – С. 243-251.

R e f e r e n c e s

1. Pavel Nosko. Developments in technology of non-contact drives for working machines / Pavel Nosko, Aleksey Breshev, Pavel Fil, Vladimir Breshev // Polish Academy of sciences in Lublin TEKA Commission of motorization in agriculture. Vol. XC. – Lublin, 2010. – P. 209-216.
2. Breshev A.V. Razrabotka ustanovki i metodiki jeksperimental'nyh issledovanij beskontaktnogo privoda na konicheskikh aerostaticeskikh oporah / A.V. Breshev // Resursozberigajuchi tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni: Zb. nauk. pr. – 2012. – № 1 (13). – P. 309-314.
3. Kosmynin A.V. Shpindel na gazovyh oporah – perspektivnyj put' razvitija vysokoskorostnoj obrabotki metallov / A.V. Kosmynin, M.R. Petrov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2006. – № 6 – P. 47-48.
4. Opory skol'zheniya s gazovoj smazkoj / [Sheinberg S.A., Zhed' V.P., Shishev M.D. i dr.]; pod redakciej S.A. Sheinberga. – [2 izdanie.]. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 335 p.
5. Pinegin S.V. Precizionnye opory kacheniya i opory s gazovoi smazkoi: Spravochnik / S.V. Pinegin, A.V. Orlov, U.B. Tabachnikov. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 216 p. – (Osnovy proektirovaniya mashin).

6. Sed'ko N.P. Analiz osnovnyh harakteristik kol'cevyyh gazostaticeskikh podpyatnikov razlichnogo konstruktivnogo ispolneniya / Trudy instituta // Nikolavskij korablestroitel'nij institut, 1975. – P. 48-53.
7. Nosko P.L. Issledovanie odnoopornoj sistemy beskontaktnogo privoda s aerostaticeskimi podshipnikami konicheskoi formy / P.L. Nosko, V.E. Breshev, A.V. Breshev // Visnik of the Volodymyr Dal East Ukrainian University. – 2011. – № 5 (159), part 2. – P. 243-251.

Брешев О.В. Удосконалення безконтактного приводу і обчислювальний експеримент для дослідження його характеристик

Розглянуто конструкцію безконтактного приводу на конічних аеростатичних опорах. Запропоновано шляхи підвищення його вантажопідйомності при скороченні витрат повітря. Проаналізовано та досліджено статичні характеристики модернізованої системи. Здійснено зіставлення результатів чисельного та аналітичного методів з дослідження підйомної сили конічних опор. На основі обчислювального експерименту показано переваги проведених вдосконалень безконтактного приводу.

Ключові слова: безконтактний привод, підймальна сила, аеростатична опора.

Breshev A. Experimental behavior modeling and development of non-contact drive

A design of conical air-bearings non-contact drive has been considered. The ways of load capacity rise and air consumption decrease have been suggested. Due to analysis of system on aerostatic bearings as a single drive, the modernization of one single bearing enabled improved behaviors of whole non-contact drive. New working gaps of gas bearings and new axial balance of rotor were obtained. With the help of finite element method statistic behaviors of modernized system have been investigated and analyzed. The ways of pneumatic hammer and other vibrations prevention have been showed. A comparison of numerical and analytical methods results of aerostatic bearings load capacity has been made. Advantages of non-contact drive modernization, which is based on experimental modeling, have been analyzed.

Keywords: non-contact drive, load capacity, aerostatic bearing.

Брешев О.В. – аспірант кафедри «Машинознавство», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.
E-mail: abreshev@gmail.com.

Рецензент: Рей Р.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 09.04.2013

УДК 656.23

ВПЛИВ ЧИННИКІВ І КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ У СФЕРІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Крайнюк А.О., Варфоломєєв О.В., Вітренко О.В., Коротченко Л.Ю.

FACTORS INFLUENCE AND TRANSPORT SYSTEMS CRITERIA FOR EFFECTIVENESS OF SERVICE IN THE SPHERE OF FREIGHT TRANSPORT

Krajnuk A., Varfolomeev A., Vitrenko A., Korotchenko L.

Для побудови системи транспортного обслуговування, що дозволяє підвищувати ефективність вантажних перевезень завдяки вдосконаленню технологічно-логістичних і експлуатаційних параметрів транспортних послуг з урахуванням параметрів системи транспортної взаємодії, необхідно перш за все встановити оптимальні параметри транспортного обслуговування та існуючі резерви ефективності на окремих сегментах СТВ. У статті визначено фактори та критерії ефективності системи транспортного обслуговування в галузі вантажних перевезень; складено схему алгоритму розрахунку оптимальних технологічно-експлуатаційних та логістичних параметрів транспортного обслуговування.

Ключові слова: маржинальна ресурсна ефективність, технологічно-логістичні параметри транспортного обслуговування.

Постановка проблеми. Ефективність залізничних перевезень може визначатися в двох аспектах – внутрішньому і народногосподарському (зовнішня ефективність).

Для оцінки внутрішньотранспортної ефективності прийнято використовувати такі показники:

- фондовіддача в натуральних і вартісних показниках (приведені тонно-кілометри, доходи, прибуток від перевезень на 1 грн основних виробничих фондів);
- ефективність капітальних вкладень (зростання прибутку на вкладені фонди);
- продуктивність праці;
- собівартість перевезень [1].

При незмінній величині основних виробничих фондів завдання підвищення внутрішньотранспортної ефективності зводиться головним чином до збільшення вантажообігу і прибутку від перевезень (фондовіддача в натуральних і вартісних показниках). При цьому пріоритет якого-небудь з цих критеріїв ефективності визначається конкретними умовами діяльності і завданнями, що стоять перед залі-

зницями на різних сегментах середовища транспортної взаємодії.

Загальноекономічну (зовнішню) ефективність можна визначити як здатність транспорту задовольняти потреби соціуму у вантажних перевезеннях, тобто виконувати запрошені об'єми робіт з транспортування вантажів з урахуванням готовності споживачів транспортних послуг оплачувати ці об'єми.

Вантажовідправники мають можливість визначати на основі планів виробництва об'єм відправлення вантажів на той або інший плановий період. За показником «відправлення вантажів» можна до певної міри судити про ступінь задоволення потреб підприємств народного господарства в перевезеннях. У поєднанні з нормованими залишками невивезеної продукції показник «відправлення вантажів» може використовуватися для об'єктивної оцінки транспортної забезпеченості підприємств.

Таким чином, критерії ефективності залізничних вантажних перевезень, що існують сьогодні, вимагають вдосконалення, головним чином, в плані обліку що змінюються структури експлуатаційних витрат і умов функціонування залізниць в середовищі транспортної взаємодії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У попередніх роботах фахівців залізничного транспорту функціонування різних підсистем СТО (експлуатаційна підсистема; підсистема зовнішньої взаємодії – з агентами ПВ, постачальниками, операторами СТВ, конкурентами, державою) розглядалося, як правило, відокремлено. У зв'язку з цим актуальним є завдання розробки комплексного підходу до формування СТО ЗТ, спрямованого на призначення таких параметрів транспортних послуг, за яких досягаються необхідні рівні ефективності СТО в цілому та ефективності перевезення для всіх його учасників. На основі критичного аналізу робіт фахівців ЗТ сформульовано основні вимоги до параметрів вантажних перевезень:

- урахування необхідності перевезень і кон'юнктури ПВ для товарів, що перевозяться;

- територіальна диференційованість – з урахуванням витрат ресурсів з перевезень, регіональних факторів необхідності, конкуренції з іншими видами транспорту;

- визначення у якості нижньої межі логістичних параметрів перевезень прямих витрат ресурсів щодо їхнього здійснення та ін.

Метою роботи є підвищення ефективності транспортного виробництва завдяки оптимізації параметрів транспортних послуг для кожного з видів перевезень.

Результати досліджень. Вплив ефективності роботи окремих підсистем на ефективність транспортного виробництва залежить від характеру необхідності транспортних послуг. При еластичній необхідності підвищується значущість чинника наявності (або відсутності) у залізниць можливостей для регулювання параметрів транспортного обслуговування. Відповідно підвищується важливість наявності відпрацьованих моделей гнучкого регулювання параметрів ТО. Навпаки, при перевезеннях масових вантажів і низкоеластичної необхідності основне підвищення ефективності може досягатися завдяки раціональній організації перевізного процесу, скерованого на скорочення витрати ресурсів з перевезень.

Чинниками ефективності функціонування СТО залізничного транспорту (СЗВЗТ) називатимемо необхідні умови ефективного функціонування даної системи. У частині, залежній від самої системи, це деякі ухвалені нею рішення, а також правила вироблення таких рішень.

Чинниками ефективності можуть також називатися змінні, зміна величин яких надає вплив на ефективність функціонування системи. Ступінь впливу окремих чинників на ефективність оцінюється виходячи з величини можливого виграшу ефективності (абсолютного або відносного) в результаті оптимізації чинника. Таким чином, завдання визначення чинників ефективності полягає у визначенні параметрів системи, які впливають на критерії ефективності, а також виробленні правил ухвалення рішень, пов'язаних з функціонуванням системи (визначення оптимальних значень чинників) [3, 4].

При зниженні необхідності транспортних послуг з метою залучення необхідних для функціонування галузі ресурсів залізниці змушені йти на підвищення їхньої договірної ефективності. Навпаки, при високій необхідності перевезень перед підсистемою взаємодії з постачальниками ставиться завдання гранично можливого зниження договірної ефективності ресурсів.

З погляду транспортно-технологічних систем СТО може описуватися технологічно-логістичними параметрами ТО і формами ТО (з незмінними нормативними параметрами; з гнучким регулюванням па-

раметрів ТО – концепція та інструменти такого регулювання).

В якості критерію ефективності підсистеми зовнішньої взаємодії і в цілому СТО прийнята маржинальна ресурсна ефективність (МРЕ) – виграш ресурсів від проведення виробничої діяльності, у якій знаходять відображення зміни резервів галузі для покриття умовно-постійних витрат.

Основні фактори ефективності СТО: оптимальність технологічно-логістичних параметрів ТО; рівень організації технологічного процесу перевезень (визначає пряму витрату ресурсів з перевезень з різними рівнями технологічних параметрів).

Технологічно-логістичні параметри ТО (ТЛПТО) можуть бути представлені у виді вектора:

$$\text{ТЛПТО} = [t_{\delta}, \beta_{nom}, ritm, compl, inf, T...], \quad (1)$$

де t_{δ} – термін доставка вантажу, днів;

β_{nom} – величина втрат вантажу, %;

$ritm$ – ритмічність перевезення (1 – ритмічне, 0 – неритмічне);

$compl$ – комплексність перевезення (1 – доставка «від дверей до дверей», 0 – перевезення залізницею від станції до станції);

inf – поінформованість вантажовласника про місцезнаходження вантажу в процесі перевезення (1 – є; 0 – відсутня);

T – тариф на ТО.

Разом з тим, наявність фінансових гарантій у разі виконання перевізником технологічних параметрів перевезення не є характеристикою ТО, а більшою мірою однією з складових якості пакета ТО. Тому в групу зовнішніх параметрів ТЕ включимо тільки величину тарифу на пакет ТО. Таким чином, величина тарифу є єдиною з логістичних параметрів серед зовнішніх параметрів ТО. Цей параметр є одним з основних визначальних ефективності транспортно-технологічних систем [2].

Визначення рівня ТЛПТО проводиться на основі системного підходу, сутність якого полягає у такому. Залізничний транспорт розглядається як складова частина логістичного ланцюга з виробництва та доставки вантажу кінцевому споживачеві. При цьому технологічні (ТПТО) та експлуатаційні параметри перевезень (ЕПП) встановлюються з урахуванням вимоги забезпечення максимальної ефективності транспортно-технологічних систем («мінімум сукупної витрати ресурсів щодо ТО у перевізника Z і додаткових витрат вантажовласника TI_{oon} »):

$$B - (Z + TI_{oon}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

де B – виграш вантажовласника від перевезення.

Для визначених таким чином ТПТО і ЕПП призначаються логістичні параметри – з урахуванням ефективності транспортно-технологічних систем (ТТС), необхідності перевезень і витрати ресурсів з ТО, що забезпечують максимальну МРЕ залізничного

транспорту. Найбільша внутрішня ефективність ТО для залізниць досягається лише за умови максимальної ефективності ТТС і взаємно узгодженого встановлення технологічних, експлуатаційних і логістичних параметрів у наведеній вище послідовності.

Схема алгоритму розрахунку оптимальних технологічно-експлуатаційних та логістичних параметрів ТО у спрощеному вигляді наведена на рис. 1.

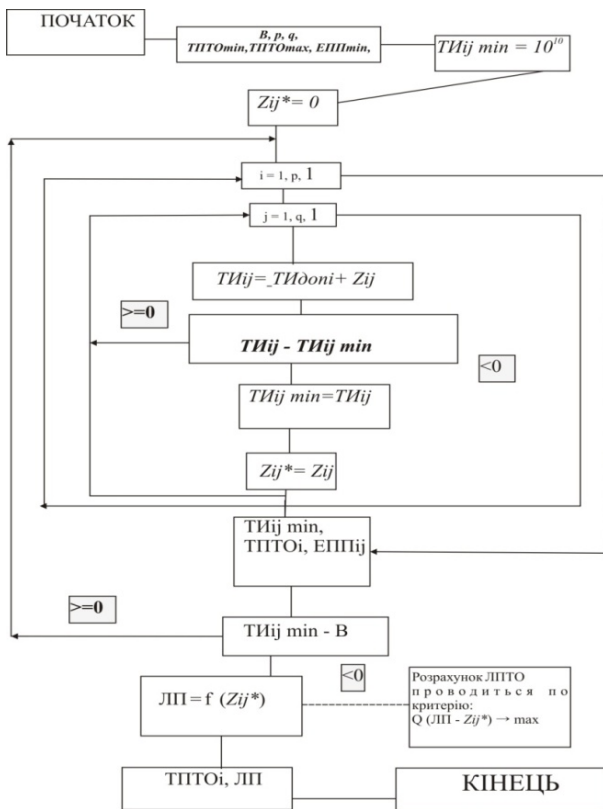


Рис. 1. Схема алгоритму розрахунку технологічно-логістичних параметрів ТО

Технологічні параметри ТО призначаються таким чином, щоб була забезпечена ефективність логістичного ланцюга від видобутку сировини до доставки готової продукції споживачеві, й завдяки цьому – найбільша ефективність перевезень.

Визначені три основні стандарти технологічних параметрів ТО:

- прискорене перевезення (з градацією) – ритмічна доставка – найвище збереження;
- нормальна швидкість – ритмічна доставка – нормальне збереження;
- нормальна швидкість – неритмічна доставка – нормальне збереження.

Рішення щодо вибору стандарту ТПТО, на відміну від попередніх підходів, приймає сама залізниця за критерієм найбільшої ефективності ТТС. За вантажовласниками зберігається право щодо отримання ТО з більш високим рівнем окремих технологічних параметрів з відповідним підвищенням логістичного параметру.

Моделювання поведінки агентів ПВ за різної кон'юнктури ПВ здійснюється на основі теорії оптимального ціноутворення.

Для забезпечення точності розрахунків оптимальних логістичних параметрів ТО до їх основи закладаються прямі витрати ресурсів. Визначення рівня ЛПТО проводиться з використанням логістичного коефіцієнта K_n , що відображає загальну частку постійних витрат ресурсів і МРЕ у величині логістичного параметру. Для запобігання втрат через внутрігалузеву конкуренцію призначаються єдині для мережі рівні внутрігалузевої ефективності “пакетів” ТО по перевезенням окремих вантажів.

Оптимальні параметри ТО розраховуються з використанням ЕОМ (програмування у системі Турбо Паскаль) у такій послідовності:

1. З використанням рівнянь необхідності та інтересу, встановлюються функції залежності логістичного параметра вектора ТПТО та МРЕ від обсягів перевезень. Визначаються обсяги перевезень за основними кореспонденціями, що забезпечують найбільшу МРЕ перевезень (методом першої похідної), та самі оптимальні технологічно-логістичні параметри перевезень за кореспонденціями; встановлюються відповідні значення коефіцієнта покриття K_n . Для розв'язання нелінійних рівнянь використано методи простого і спрямованого перебору (методи Фібоначчі, дихотомічного пошуку) дослідження операцій, моделювання на ЕОМ. Далі розраховуються величини МРЕ для кожної кореспонденції. Кінцевий інтервал невизначеності для обсягів перевезень становить 50 т і за необхідності може бути зменшений.

2. Для кожного значення K_n , взятого з деяким кроком з інтервалу від найменшого до найбільшого значення по кореспонденціях, виходячи з прямих витрат ресурсів залізниць, розраховуються технологічно-логістичні параметри ТО по всіх кореспонденціях; з рівнянь необхідності та інтересу встановлюються відповідні обсяги перевезень. Далі розраховується МРЕ і підсумовується по всіх кореспонденціях.

3. За результатами розрахунків приймається значення K_n таке, що забезпечує залізницям отримання найбільшої МРЕ перевезень даного вантажу.

Цільова функція при цьому має вигляд:

$$f(K_n) = \frac{\sum Q_i \cdot Z_i \cdot K_n}{1 - K_n} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$Q_i = \rho(K_n).$$

4. Встановлюється залежність МРЕ та обсягів перевезень від K_n і, враховуючи існуючі обмеження (за пропускними та провізними спроможностями, граничною внутрігалузевою ефективністю ТО, мінімальними обсягами перевезень), з використанням теорії множин призначаються параметри вантажних перевезень.

Висновки. 1. З точки зору СТО залізничного транспорту транспортне обслуговування може описуватися:

– технологічно-логістичними параметрами ТО (термін доставки, збереження вантажу, ритмічність, комплексність перевезення, інформованість вантажовласника про місцезнаходження вантажу в процесі перевезення, рівень сервісу при оформленні і прийомі вантажу до перевезення та ін.; тариф на ТО);

– експлуатаційними параметрами перевезень (дільнична швидкість, оборот вагону, середній час перебування вагона на одній технічній станції, динамічне навантаження вагона, простій місцевого вагона та ін.; витрата ресурсів за ТО).

2. Як критерій ефективності СТО залізничного транспорту слід використовувати маржинальну ресурсну ефективність (МРЕ) транспортного обслуговування – різницю між інтегральною ресурсною ефективністю і прямою витратою ресурсів за ТО.

3. Найбільша ефективність функціонування СТО ЗТ може бути досягнута лише при забезпеченні максимальної ефективності транспортно-технологічних систем. Остання досягається у разі, коли технологічні та експлуатаційні параметри перевезень забезпечують максимальну МРЕ виробничо-транспортного циклу.

Л і т е р а т у р а

1. Шафиркин Б.И. Повышение эффективности грузовых перевозок. – М.: Транспорт, 1978. – 240 с.
2. Транспортные тарифы / Под. ред. В.А. Дмитриева. – М.: Транспорт, 1988. – 232 с.
3. Брусиловский Б.Я. Теория систем и система теорий. – Киев: Вища школа, 1977. – 192 с.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

R e f e r e n c e s

1. Shafirkin B.I. Povyshenie jeffektivnosti gruzovyh perevozok. – M.: Transport, 1978. – 240 p.
2. Transportnye tarifny / Pod. red. V.A. Dmitrieva. – M.: Transport, 1988. – 232 p.
3. Brusilovskij B.Ja. Teorija sistem i sistema teorij. Kiev: Vishha shkola, 1977. – 192 p.
4. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhnyh sistem. – M.: Nauka, 1978. – 400 p.

Крайнюк А.А., Варфоломеев А.В., Витренко А.В., Коротченко Л.Ю. Влияние факторов и критериев эффективности в системе транспортного обслуживания в сфере грузовых перевозок

Для построения системы транспортного обслуживания, позволяющей повышать эффективность грузовых перевозок за счет совершенствования технологических и эксплуатационных параметров транспортных услуг с учетом параметров системы транспортного взаимодействия, необходимо, прежде всего, установить оптимальные параметры транспортного обслуживания и существующие резервы эффективности на отдельных сегментах СТВ. В статье определены факторы и критерии эффективности системы транспортного обслуживания в отрасли грузовых перевозок; составлена схема алгоритма расчета оптимальных технологических и эксплуатационных параметров транспортного обслуживания.

Ключевые слова: маргинальная ресурсная эффективность, технологические параметры транспортного обслуживания.

Krajnuk A., Varfolomeev A., Vitrenko A., Korotchenko L. The influence factors and performance criteria in a system of transport services for freight transport

To build a system of transport service that allows you to increase the efficiency of freight transport by improving the technological and logistical and operational parameters of transport services within the parameters of the interaction of the transport system, it is first necessary to establish the optimum parameters of transport services and the effectiveness of existing reserves in certain segments of the transport system interaction. Determine the factors and criteria for the effectiveness of the transport service in the freight industry, drawn diagram of the calculation of optimal technological and logistic parameters operational and transport services.

Keywords: margin resource efficiency, technological and logistic parameters of the transport service.

Крайнюк А.О. – к.т.н., доцент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Варфоломєєв О.В. – завідувач лабораторією кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: sasho87@mail.ru.

Вітренко О.В. – асистент кафедри «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Коротченко Л.Ю. – магістр, кафедра «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

УДК 629.4.086

ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛОКОМОТИВА ПРИ УПРАВЛЯЕМОМ ДВИЖЕНИИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ**Спирягин В.И., Ключев С.А., Зубарь Е.В.****LOCOMOTIVE COORDINATE IDENTIFICATION METHOD SELECTION FOR WHEELPAIR MOVEMENT CONTROL IN RAIL TRACK****Spiryagin V., Klyuev S., Zybar E.**

В статье рассмотрено совместное использование спутниковых и инерциальных систем при управляемом движении колесной пары в рельсовой колее, использование которой обеспечивает необходимую точность измерения координат местоположения локомотива на участке пути. Основная идея заключается в комплексировании сигнала от спутникового и инерциального блока с целью уменьшения погрешности измерения координат каждой из систем. Разработано техническое решение совместного использования спутникового и инерциального измерения.

Ключевые слова: спутниковая навигация, инерциальная система, положение колесной пары, комплексирование, система координат, локомотив.

Постановка проблемы. Применение систем спутниковой навигации на локомотивах является одним из инструментов для идентификации транспортных средств на участке пути, но для управляемого движения колесной пары в рельсовой колее не обеспечивают необходимой точности измерений. Контактные методы получения данных о перемещении локомотива не позволяют определить положение локомотива на участке пути в каждый момент времени и требуют стационарной установки датчика вдоль железнодорожного полотна.

Ни спутниковая, ни инерциальная система по отдельности не обеспечивает требуемой точности измерений.

Инерциальный блок связан с датчиком пути, измеряющим расстояние по головке рельса. На основании измерений приращений в расстоянии и угловых смещений определяются пространственные координаты движения в условной системе координат. Таким образом дважды, независимо друг от друга, определяется пространственное положение локомотива в двух разных системах координат, которые по отдельности не удовлетворяют необходимой точности. Данные инерциального блока максимально точны на коротких расстояниях и искажают-

ся пропорционально времени из-за ухода гироскопов.

Для коррекции спутниковых измерений и достижения необходимой точности используется инерциальный блок, задачей которого является определение угловых смещений в трех плоскостях.

Анализ последних исследований и публикаций. Применение систем спутниковой навигации на локомотивах, по мнению специалистов локомотивного хозяйства Укрзалізниця, является наиболее эффективным инструментом для идентификации транспортных средств и создания цифровой модели пути железных дорог Украины [1].

На магистральных тепловозах широкое применение получили спутниковые радионавигационные системы (СРНС) [2, 3].

Целью статьи является выбор метода и повышение точности измерений при управляемом движении колесной пары в рельсовой колее.

Результаты исследований. Увеличение надежности и точности получения координат пространственного положения локомотива на участке пути возможно путем объединения (комплексирования) системы в единое целое [4].

Совместная обработка подразумевает синхронизированную работу спутникового приемника и инерциального блока. Повышение точности обеспечивается за счет подавления ошибок в каждой системе [5].

Фильтрация ошибок основана на различии динамических свойств оборудования: чем дальше разнесены спектры частот погрешностей, тем выше эффективность их подавления. Схема комплексирования совместной работы спутникового приемника и инерциального блока представлена на рис. 1.

Задача комплексирования состоит в том, чтобы получить сигнал y , который дает информацию о полезной величине x с меньшими погрешностями, чем δ_1 и δ_2 . Для этой цели сигналы проходят через филь-

тры $\Phi 1$ и $\Phi 2$. В соответствии со структурной схемой выходной сигнал y имеет вид:

$$y = (W_1 + W_2)x + W_1\delta_1 + W_2\delta_2. \quad (1)$$

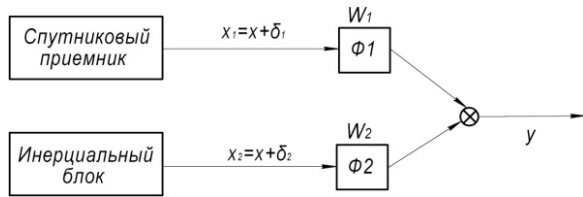


Рис. 1. Структурная схема комплексирования:
 y – сигнал; W_1, W_2 – передаточные функции фильтров; $\Phi 1, \Phi 2$ – фильтры; x – изображение полезного сигнала $x(t)$; δ_1 и δ_2 – изображение ошибок спутникового приемника и инерциального блока

Ошибка спутникового приемника $\delta_1(t)$ может быть представлена суммой двух слагаемых:

$$\delta_1(t) = b + m \cdot \sin(nt), \quad (2)$$

где b – постоянная часть (конструктивная погрешность);
 m – амплитуда динамической погрешности;
 $m \cdot \sin(nt)$ – высокочастотная составляющая ошибки (динамическая погрешность);
 n – угловая частота колебаний.

Ошибку инерциального блока можно выразить в виде $\delta_2(t)$:

$$\delta_2(t) = r \cdot t, \quad (3)$$

где r – средняя скорость дрейфа инерциального блока.

Подавление высокочастотной погрешности спутникового приемника осуществляется с помощью фильтра $\Phi 1$, погрешности инерциального блока, фильтром $\Phi 2$, передаточная функция которых имеет вид:

$$W_1(p) = \frac{a}{(p+a)}. \quad (4)$$

Фильтр $\Phi 2$ имеет передаточную функцию:

$$W_2(p) = 1 - W_1 = \frac{p}{(p+a)}. \quad (5)$$

Изображения ошибок на выходе комплексной системы:

$$\varepsilon_1(t) = b + \frac{am}{\sqrt{a^2 + n^2}} \sin(nt + \lambda). \quad (6)$$

$$\varepsilon_2(t) = \frac{r}{a}. \quad (7)$$

Конечным результатом обработки сигналов от спутникового приемника и инерциального блока является получение точных координат пространственного положения колесной пары, процесс получения которой состоит из следующих этапов:

- предварительная обработка и корректировка данных;
- конвертирование координат в ГИС (глобальная измерительная система);
- разделение точек по принадлежности к путям;

- упорядочение точек по пикетажу;
- фильтрация данных;
- совместная обработка данных инерциальной системы и ГНСС (глобальная навигационная спутниковая система).

Совместная обработка данных инерциальной системы и данных ГНСС состоит из следующих процессов:

- расшифровка потоков данных, представление их в виде, наиболее пригодном для математической обработки;
- синхронизация потоков данных по временным меткам либо фиксированным точкам;
- поиск и отбраковка части грубых ошибок;
- при необходимости сглаживание и дискретизация данных;
- интегрирование ускорений по осям ИНС (инерциальная навигационная система);
- совместная обработка.

Теоретическое решение по обработке данных инерциального блока заключается в интегрировании ускорений по координатным осям. Обработка данных выполняется в следующей последовательности:

по значениям ускорений инерциальной системы в произвольных точках $i(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n)$, находим значение продольного угла по формулам:

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \Delta\alpha_1 + \xi\alpha_1 + w\alpha_1; \quad (8)$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \Delta\alpha_i + \xi\alpha_i + w\alpha_i,$$

где α_0 – начальное значение угла;

α_i – значение продольного угла в i -ой точке;

$\Delta\alpha_i$ – приращение продольного угла в i -ой точке;

$\xi\alpha_i$ – постоянная систематическая составляющая, вызванная уходом гироскопа;

$w\alpha_i$ – систематическая ошибка на участке.

Для нахождения этих составляющих используется регрессионный анализ. При этом некоторые из регрессоров определены физической природой процесса, остальные включаются по мере необходимости в зависимости от их значимости.

Уравнение регрессии, характеризующее уход гироскопа, описывается уравнением:

$$\xi\alpha_i = b_0 + b_1t_i + b_2t_{i2} + b_3t_{i3} + b_4A + b_5B, \quad (9)$$

где b_0 – место нуля ухода гироскопа;

b_1t_i – регрессор, характеризующий линейный уход гироскопа;

b_2t_{i2}, b_3t_{i3} – регрессоры, характеризующие нелинейный уход гироскопа (используется полином третьего порядка);

b_4A – регрессор, характеризующий уход гироскопа вследствие изменения начального азимута пути;

b_5B – регрессор, характеризующий уход гироскопа вследствие разворота координатной системы (при поперечных уклонах и т.д.).

Резюмируя формулы, получается общая регрессионная модель. Вычисляя приращение соответствующей координаты (высоты) и сравнивая с показаниями ГНСС, составляются уравнения поправок для каждой точки ГНСС.

Аналогично вычисляются оценки моделей для других параметров инерциальной системы.

После этого вычисляются значения углов и расстояний, а по ним – координаты каждой точки модели ИНС в локальной системе координат.

После построения координатной модели ИНС переходят к процедуре калмановской фильтрации. На вход фильтра калмана подаются модель ИНС и исправленные координаты ГНСС. При этом происходит уточнение модели ИНС и исправление данных ГНСС. На выходе фильтра калмана получается высокоточная координата местоположения колесной пары локомотива на первой итерации.

Выводы. 1. Показана целесообразность использования спутниковых и инерциальных систем совместно для определения пространственного положения ввиду их недостаточной точности.

2. Разработаны обоснованные технические решения совместного использования спутниковых и инерциальных измерений для повышения точности определения местоположения локомотива на участке пути следования, которые обеспечивают необходимую точность измерений координат для управляемого движения колесной пары в рельсовой колее. В предлагаемом теоретическом решении учитываются все преимущества как спутниковых, так и инерциальных измерений.

Л и т е р а т у р а

1. Укрзалізниця обладувала системами спутникової навігації 1352 локомотива // <http://www.transport.com.ua/index.php?newsid=43135>.
2. Матвеев С.И., Коугия В.А., Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии на железнодорожном транспорте. – М.: УМК МПС России, 2002. – 288 с.
3. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: ЭКО – TRED3, 2000. – 268 с.
4. Загоруйко В.В., Конин В.В. Спутниковые навигационные системы. – Деньги и технологии. – 2000. – № 4. – С. 60-63.
5. Жидов В.М. Разработка и исследование системы геодезического контроля пространственного положения железнодорожных путей: дис. канд. техн. наук: 25.00.32 / Жидов Виталий Михайлович; Сибирский государственный университет путей сообщения. – Н., 2010. – 125 с.

R e f e r e n c e s

1. Ukrzaliznica oborudovala sistemami sputnikovoj navigacii 1352 lokomotiva // <http://www.transport.com.ua/index.php?newsid=43135>.
2. Matveev S.I., Kougiya V.A., Cvetkov V.Ja. Geoinformacionnye sistemy i tehnologii na zheleznodorozhnom transporte. – M.: UMK MPS Rossii, 2002. – 288 p.

3. Solov'ev Ju.A. Sistemy sputnikovoj navigacii. – M.: JeKO – TRED3, 2000. – 268 p.
4. Zagorujko V.V., Konin V.V. Sputnikovye navigacionnye sistemy. – Den'gi i tehnologii. – 2000. – № 4. – P. 60-63.
5. Zhidov V.M. Razrabotka i issledovanie sistemy geodezicheskogo kontrolja prostranstvennogo polozhenija zheleznodorozhnyh putej: dis. kand. tehn. nauk: 25.00.32 / Zhidov Vitalij Mihajlovich; Sibirskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija. – N., 2010. – 125 p.

Спирягін В.І., Ключев С.О., Зубарь Є.В. Вибір методу визначення координат місцезнаходження локомотива при керуваному русі колісної пари в рейковій колії

У статті розглянуто спільне використання спутникових і інерціальних систем при керуваному русі колісної пари в рейковій колії, використання якої забезпечує необхідну точність вимірювання координат місця розташування локомотива на ділянці колії. Основна ідея полягає в комплексуванні сигналу від спутникового і інерціального блоку з метою зменшення похибки вимірювання координат кожної з систем. Розроблено технічне рішення спільного використання спутникового і інерціального вимірювання.

Ключові слова: спутникова навігація, інерціальна система, положення колісної пари, комплексування, система координат, локомотив.

Spiryagin V., Klyuev S., Zybar E. Locomotive coordinate identification method selection for wheelpair movement control in rail track

Complex using satellite and inertial systems under movement wheelpair control in rail track is observed. Complex using satellite and inertial systems provides necessary accuracy measurements of locomotive coordinate identification in rail track. Main idea consist in signal complexing and synchronization from satellite and inertial block for reducing error in measurements from each of system. Technical decision of complex using satellite and inertial measurements is developed. Theoretical decision of inertial block data processing concludes in axes coordinate acceleration integration. In proposed technical decision of locomotive coordinate identification all advantages of satellite and inertial measurements are taken into account.

Keywords: satellite navigation, inertial system, position of wheelpair, complexing, system of coordinates, locomotive.

Спирягін В.І. – к.т.н., доц., інженер ПАТ НВЦ «Транс-маш», м. Луганськ, Україна, e-mail: spival@gmail.com.

Ключев С.О. – асистент кафедри охорони праці та БЖД, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: sergastreet@gmail.com.

Зубарь Є.В. – студентка гр. ТТ-791, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: evgenia16-92@rambler.ru.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 10.04.2013

УДК 621.486

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЫХ КОМПРЕССОРОВ НА БАЗЕ КАСКАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭНЕРГИИ

Сторчеус Ю.В.

OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS OF THERMAL COMPRESSORS ON THE BASIS OF CASCADE TRANSFORMERS OF ENERGY

Starcheous Yu.

Проанализированы особенности рабочего цикла и схемные решения тепловых компрессоров, работающих на принципах каскадного энергообмена. Выявлены факторы, влияющие на эффективность одно- и двухступенчатых схем тепловых компрессоров. Оценено влияние режимных и конструктивных параметров каскадного трансформатора энергии на показатели работы одно- и двухступенчатых тепловых компрессоров. Выработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию характеристик каскадных тепловых компрессоров.

Ключевые слова: каскадный трансформатор энергии, тепловой компрессор, сжатие воздуха, ротор, теплообмен.

Постановка проблемы. Потребности транспортных установок различного назначения в автономных компрессорах при повышенных требованиях к их массогабаритным показателям обуславливает актуальность поиска новых схемных решений, обеспечивающих достаточную эффективность и невысокую себестоимость производства сжатого воздуха.

Получившие наибольшее распространение дизельные и газотурбинные компрессоры имеют ряд недостатков. В частности, дизельные конструкции весьма громоздки (удельная масса 30-50 кг/кВт), сложны в изготовлении и обладают неудовлетворительными пусковыми характеристиками при низких температурах окружающей среды. Газотурбинные же компрессоры имеют низкую эффективность, что в первую очередь связано с недостаточно высоким внутренним КПД турбокомпрессорной части и особенно заметно проявляется в малоразмерных конструкциях (т.н. эффект «down size»).

Область применения нагнетательных (компрессионных) установок не ограничивается потреблением сжатого воздуха в различных сферах производства и быта: сжатие газоздушных сред является важнейшим составным процессом рабочих циклов подавляющего большинства теплосиловых машин.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время создан новый класс теплоэнергетических машин, использующих принцип непосредственного взаимодействия газоздушных сред каскадного типа – каскадные трансформаторы энергии (КТЭ), включающие компрессоры каскадно-теплого сжатия [1, 2] и каскадные обменники давления [3, 4, 5].

Каскадные трансформаторы энергии, реализующие поэтапное сжатие рабочего тела в напорообменных каналах, представляют собой новую разновидность обменников давления, апробированных в системах наддува ДВС [6]. Сжатие воздуха в КТЭ, как и в волновом обменнике давления (ВОД), осуществляется в результате непосредственного контакта со сжимающими газами, однако с существенным отличием организации рабочего процесса.

В роторе ВОД в процессе непосредственного обмена энергией между сжимающей и сжимаемой средами наряду с охлаждением газового потока осуществляется сжатие до 25...30% хладагента. Большая часть хладагента сжимается в отдельной, основной ступени компрессора, приводимого от внешнего источника механической энергии.

Следует заметить, что, несмотря на кажущуюся простоту, работа ВОД характеризуется сложностью газодинамических процессов, протекающих в напорообменных каналах ротора. Волновой характер обмена энергией предопределяет высокую чувствительность рабочего процесса ВОД к картине взаимодействия первичных волн с передними кромками газораспределительных окон. Отклонение режима работы ВОД от расчетных условий по частоте вращения ротора, давлению и температуре рабочих сред сопровождается резким ухудшением показателей его работы как вследствие рассогласования фаз движения первичных волн, так и вследствие неполноты вытеснения сжатого воздуха из ячеек ротора. Увеличение доли сжатого воздуха, оставшегося в

ячейке в момент ее разобшения с окнами высокого давления, вызывает почти пропорциональное снижение КПД, аналогично негативному эффекту так называемого «мертвого» объема в поршневом компрессоре. Кроме того, неизбежные диссипативные явления в процессах формирования и взаимодействия сильных ударных волн ограничивает КПД лучших образцов волновых обменников давления на расчетных режимах значениями 0,55...0,56 [7, 8].

К недостаткам ВОД следует отнести практическое ограничение по критерию эффективности обменных процессов, степени повышения давления в одной ступени значениями 2,5...2,8.

Цель. Целью работы является оценка перспектив использования принципов непосредственного обмена энергией в тепловых компрессорах каскадного типа.

Результаты исследований. Обобщенный коэффициент полезного действия дизель-компрессора с учетом потерь преобразования исходной тепловой энергии в механическую в дизеле и механической энергии в располагаемую работу сжатия воздуха в компрессоре в лучших образцах установок не превышает значений 0,2...0,21.

С точки зрения энергетического совершенства рабочий процесс КТЭ представляет большой интерес для создания компрессорных агрегатов ввиду значительного превышения расхода сжимаемого воздуха относительно сжимающей среды, тем в большей степени, чем выше температура последней.

Отмеченное свойство каскадных трансформаторов энергии положено в основу создания компрессора прямого преобразования тепловой энергии в располагаемую работу сжатого воздуха. В простейшей схеме теплового компрессора (рис. 1) часть нагнетаемого воздуха отводится к потребителю, другая – нагревается в источнике подвода теплоты и направляется в окно подвода высокого давления обменника, где используется в качестве сжимающей среды. Уникальная простота и достаточно высокая эффективность одноступенчатого теплового компрессора обуславливает привлекательность его применения в системах воздухообеспечения с максимальным давлением нагнетания до 0,4...0,5 МПа в зависимости от максимальной температуры рабочего цикла T_z .

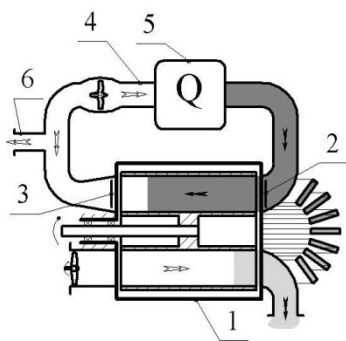


Рис. 1. Одноступенчатый тепловой компрессор

В приведенной схеме теплового компрессора на базе каскадного обменника давления 1, окно подвода высокого давления 2 сообщено с окном отвода высокого давления 3 посредством канала 4 с размещенным в нем источником теплоты 5.

Большую напорность и энергетическую эффективность реализует двухступенчатый компрессор. Схема теплового компрессора каскадного обмена давлением (КОД) с промежуточным охлаждением и подогревом соответственно сжимаемого воздуха и сжимающей среды показана на рис. 2. Нагнетание воздуха в данном устройстве осуществляется в результате последовательного сжатия холодного воздуха и расширения горячего воздуха в агрегатах КОД первой и второй ступеней.

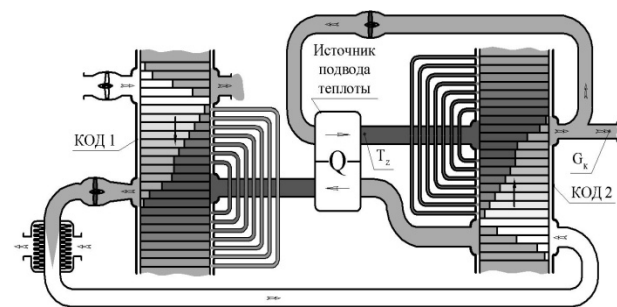


Рис. 2. Двухступенчатый тепловой компрессор

Эффективность работы теплового компрессора оценивается энергетическим КПД (η_k) согласно выражению:

$$\eta_k = (G \cdot H) / Q,$$

где G – расход сжатого воздуха;

H – адиабатический теплоперепад;

Q – подведенная теплота.

С точки зрения преобразования первичной тепловой энергии экспериментально подтвержденное значение η_k теплового компрессора, как видно из приведенных на рис. 3 характеристик, достаточно высоко. Напорность теплового компрессора зависит от относительного расхода сжатого воздуха, представляющего собой отношение расхода воздуха, отведенного к потребителю, к массовой пропускной способности ротора. Максимальная степень повышения давления и оптимальное значение относительного расхода по критерию энергозатрат заметно возрастает с повышением максимальной температуры цикла T_z .

Несмотря на конструктивную простоту устройства теплового компрессора газодинамический расчет двухступенчатого теплового компрессора на базе КТЭ, включающий поиск режимов совместной работы агрегатов первой и второй ступеней, достаточно трудоемок. Поэтому уточненному расчету рабочего цикла теплового компрессора КОД должен предшествовать предварительный выбор основных размерных параметров элементов системы, удовлетворяющих условию реализации заданной производительности компрессора.

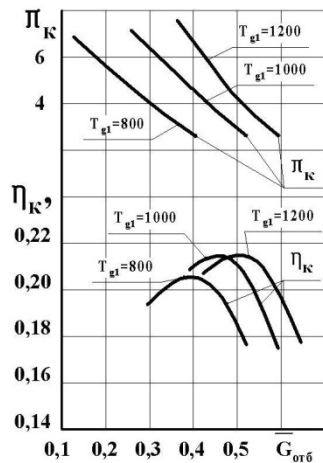


Рис. 3. Зависимости энергетического КПД и напорности одноступенчатого теплового компрессора от относительного отбора при температуре окружающей среды 293K

Достоинство рабочего цикла двухступенчатого теплового компрессора с промежуточным охлаждением сжимаемого воздуха и промежуточным подогревом сжимающей среды заключается в пологости его гидравлической характеристики (рис. 4).

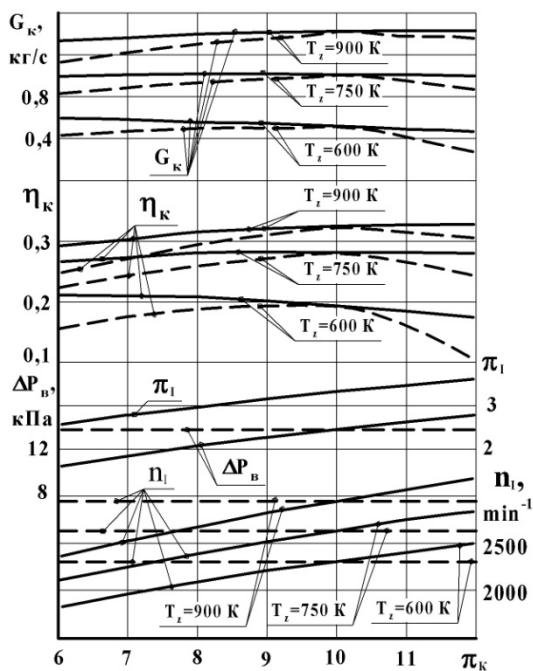


Рис. 4. Нагрузочная характеристика двухступенчатого теплового компрессора: — — без регулирования; — с регулированием частоты вращения ротора и напорности вытеснительного вентилятора первой ступени

Причем в случае одновременного регулирования частот вращения обеих ступеней обменника и напорности вытеснительного вентилятора в зависимости от общей напорности компрессора расход нагнетаемого воздуха и КПД компрессора подвержены незначительному влиянию гидравлического

сопротивления потребителя в диапазоне эксплуатационных режимов работы установки, сохраняя существенную зависимость только от максимальной температуры цикла.

И наконец, нельзя не отметить выявленную в процессе испытаний опытной конструкции компрессора и ряда опытных образцов агрегатов КТЭ безотказность работы установки ввиду отсутствия механических вытеснителей, дискретно управляемых газораспределительных органов, а также относительно низкой частотой вращения ротора.

Выводы. Использование принципов непосредственного обмена энергией в агрегатах каскадного типа позволяет создавать на их базе высокоэффективные компрессорные установки, обладающие большой напорностью.

Одноступенчатые тепловые компрессоры, отличающиеся необычайной простотой конструкции, обуславливают перспективность их использования в системах воздухообеспечения с максимальным давлением нагнетания до 0,4...0,5 МПа.

Ключевыми параметрами варьирования при оптимизации размеров для обеспечения приемлемой энергетической эффективности двухступенчатого теплового компрессора являются перепады давлений, создаваемые циркуляционным и вытеснительным вентиляторами.

Реализуемый тепловым компрессором уровень энергетической эффективности для известных автономных устройств преобразования тепловой энергии в располагаемую работу сжатия воздуха на сегодняшний день является недостижимым, даже в теоретических циклах.

Л и т е р а т у р а

1. Крайнюк А. И. Исследования физической сущности процессов трансформации энергии на принципах каскадно-теплового сжатия: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус; [отв. ред. Ю. В. Сторчеус]. – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2012. – 118 с.
2. Крайнюк А. И. Применение эффекта теплового сжатия для улучшения энергоиспользования в теплосиловых установках / А.И. Крайнюк, Ю.В. Сторчеус, А.А. Данилейченко // Baltic association of mechanical engineering experts: col. of res. pap. – Kaliningrad, 2001. – № 1. – P. 232-241.
3. Крайнюк А.И. Новые схемы и принципы организации рабочих процессов теплоэнергетических машин / А. И. Крайнюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 12 (166). Ч. 1. – С. 94-106.
4. Сторчеус Ю. В. Особливості робочого циклу каскадного дискового двигуна реактивного обертання / Ю. В. Сторчеус, А. О. Данілейченко, М. А. Брянцев, О. С. Ковтун // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2013. – № 4 (193). – С. 238-242.
5. Сторчеус Ю. В. Научная деятельность кафедры ДВС ВНУ им. В. Даля / Ю. В. Сторчеус // Двигатели внутреннего сгорания. – Х.: ХПИ, 2011. – № 1. – С. 68-72.
6. Крайнюк А.И. Системы газодинамического наддува: моногр. / А.И. Крайнюк, Ю.В. Сторчеус. – Луганськ: Вид-во Східноукраїнського нац. унів-ту ім. В. Даля, 2000. – 224 с.

7. Krajniuk A.I. Thermal compressor of cascade exchange by pressure / A.I. Krajniuk // Silesian university of technology publication faculty of transport. I International Scientific Conference. Transport problems, Katowice-Kroczyce. – 2009. – № 17-19. – P. 186-191.
8. Сторчеус Ю. В. Эксергетический анализ трансформаторов энергии транспортных ДВС / Ю. В. Сторчеус, Л. Г. Косоногова, И. В. Антоненко // Материалы Девятой международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике. – Минск: Белорусский политехнический институт, 2011. – Т. 2. – С. 75-76.

References

1. Krajnjuk A. I. Issledovanija fizicheskoj sushnosti processov transformacii jenerгии na principah kaskadno-teplovogo szhatija: monografija / A. I. Krajnjuk, Ju. V. Storcheus; [otv. red. Ju. V. Storcheus]. – Lugansk: izd-vo «Noulidzh», 2012. – 118 p.
2. Krajnjuk A. I. Primenenie jeffekta teplovogo szhatija dlja uluchshenija jenergoispol'zovanija v teplosilovyh ustanovkah / A.I. Krajnjuk, Ju.V. Storcheus, A.A. Danilej-chenko // Baltic association of mechanical engineering experts: sol. of res. pap. – Kaliningrad, 2001. – № 1. – P. 232-241.
3. Krajnjuk A.I. Novye shemy i principy organizacii rabochih processov teplojenergeticheskij mashin / A. I. Krajnjuk // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. – 2011. – № 12 (166). Ch. 1. – P. 94-106.
4. Storcheus Ju. V. Osoblivosti robochogo ciklu kaskadnogo diskovogo dviguna reaktivnogo obertannja / Ju. V. Storcheus, A. O. Danilejchenko, M. A. Brjancev, O. S. Kovtun // Visn. Shidnoukr. nac. un-tu im. V. Dalja. – 2013. – № 4 (193). – P. 238-242.
5. Storcheus Ju. V. Nauchnaja dejatel'nost' kafedry DVS VNU im. V. Dalja / Ju. V. Storcheus // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – H.: HPI, 2011. – № 1. – P. 68-72.
6. Krajnjuk A.I. Sistemy gazodinamicheskogo nadduva: monogr. / A.I. Krajnjuk, Ju.V. Storcheus. – Lugansk: Vid-vo. Shidnoukraïns'kogo nac. univ-tu im. V. Dalja, 2000. – 224 p.
7. Krajniuk A.I. Thermal compressor of cascade exchange by pressure / A.I. Krajniuk // Silesian university of technology publication faculty of transport. I International Scientific Conference. Transport problems, Katowice-Kroczyce. – 2009. – № 17-19. – P. 186-191.
8. Storcheus Ju. V. Jeksergeticheskij analiz transformatorov jenerгии transportnyh DVS / Ju.V. Storcheus, L.G. Koso-nogova, I.V. Antonenko // Materialy Devjatoj mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskij konferencii «Наука – obrazovaniju, proizvodstvu, jekonomike. –Minsk: Belorusskij politehnicheskij institut, 2011. – Т. 2. – P. 75-76.

Сторчеус Ю.В. Оптимізація характеристик теплових компресорів на базі каскадних трансформаторів енергії

Проаналізовано особливості робочого циклу й схеми рішення теплових компресорів, що працюють на принципах каскадного енергообміну. Виявлено фактори, що впливають на ефективність одно- і двоступінчастих схем теплових компресорів. Оцінено вплив режимних і конструктивних параметрів каскадного трансформатора енергії на показники роботи одно- і двоступінчастих теплових компресорів. Вироблено рекомендації з подальшого вдосконалювання характеристик каскадних теплових компресорів.

Ключові слова: каскадний трансформатор енергії, тепловий компресор, стиск повітря, ротор, теплообмін.

Starcheous Yu. Optimization of characteristics of thermal compressors on the basis of cascade transformers of energy

Features of a running cycle and circuit solutions of the thermal compressors working at the principles of a cascade power exchange are analysed. The factors influencing efficiency one - and two-level schemes of thermal compressors are revealed. Influence of regime and design data of the cascade transformer of energy on work indicators one – and two-level thermal compressors is estimated. Recommendations about further improvement of characteristics of cascade thermal compressors are developed. The scope of compressions isn't limited to consumption of the compressed air in various spheres of production and a life: compression of air-gas environments is the most important compound process of running cycles of the vast majority of heatpower machines. High power efficiency and the favorable hydraulic characteristic of forcing of the cascade energy transformations two-level thermal compressor in combination with reliability of a design opens prospects of its application as the unit of airesupply of a wide class of heatpower plants

Keywords: cascade transformer of energy, thermal compressor, air compression, rotor, heat exchange.

Сторчеус Ю.В. – к.т.н., доцент, зав. кафедрою ДВЗ, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: yu_stark@mail.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 8.04.2013

УДК 658

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДСЬКИХ ПРОЦЕСІВ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**Кічкіна О.І., Кічкіна Є.О.****MODELING OF STORAGE PROCESSES BASED ON FUZZY LOGIC****Kichkina E., Kichkina E.**

У статті розглянуто роль складських терміналів в логістичних ланцюгах постачання. Запропоновано апарат аналізу технологічних параметрів та прогнозування часу виконання транспортно-складських операцій в умовах наявних потужностей та інформаційної невизначеності на базі моделі нечіткої логіки. Модель побудована для існуючого складу тарно-штучних вантажів з обмеженими технологічними і технічними можливостями. Визначені вхідні змінні, сформовані експертні таблиці, побудовані функції приналежності лінгвістичних термів і графіки функцій приналежності вхідних змінних. Запропонована модель аналізу технологічних параметрів і прогнозування часу виконання транспортно-складських операцій в умовах наявних потужностей і інформаційної невизначеності забезпечує ухвалення рішень з організації складських процесів.

Ключові слова: складський термінал, логістика, нечітка логіка, моделювання, тарно-штучний вантаж.

Постановка проблеми. В формуванні логістичних ланцюгів вагоме місце посідають операції з вантажем, які виконуються в розподільчих складах, логістичних центрах. Ефективність технології роботи в цих пунктах переробки вантажу значно впливає на швидкість руху вантажопотоків. Взагалі в питанні використання складів існує протиріччя в тому сенсі, що, з одного боку, складські операції і зберігання вантажів на складах підвищують собівартість продукції, термін її обігу, час доставки кінцевому споживачу, але в деяких ситуаціях без участі складу (терміналу) в ланцюгу постачань неможливо обійтися. Неузгодженість учасників потокових процесів, яка часто має місце, неефективне використання потужності складу та технічних засобів, нераціональна організація технологічних операцій є основними причинами затримки вантажоруху в логістичних ланцюгах. Використання новітніх методів моделювання процесів аналізу функціонування складів та логістичних центрів, застосування інформаційних технологій та принципів логістики відкриває резерв підвищення ефективності завдяки більш точному аналізу ситуації, прогнозу та забезпеченню підтримки прийняття рішень логістом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Управлінню складськими процесами присвячено безліч публікацій. Найбільш відомі вчені, що присвятили свої дослідження цій темі: Б.А. Анікін, А.М. Гаджинський, Г.І. Нечаєв, А.А. Смахов та інші. Проблему моделювання складських бізнес процесів досліджують Ю.П. Ехлаков, В.Н. Тюльменков. Практичному застосуванню імітаційних молей в технології роботи складів присвячені роботи Г. Пінаєвої, С.А. Бубнова, Е.З. Шишигина та інших. Але більшість моделей спрямовано на проектування складів та технологічних процесів для нових складів. В реаліях сьогодення України, коли використовуються існуючі склади і доступні потужності, виникає проблема організації технологічного процесу в умовах наявності технологічної структури старого зразка і динамічності реагування в процесі переробки та зберігання вантажів в логістичних ланцюгах в умовах нечіткої інформації.

Мета. Метою дослідження є розробка апарату аналізу технологічних параметрів та прогнозування часу виконання транспортно-складських операцій в умовах наявних потужностей та інформаційної невизначеності.

Результати досліджень. Дослідження проводились для існуючого складу, технологія якого обмежена такими умовами:

- вантаж однотипний, тарно-штучний, перебуває у піддонах вагою 1,5 т;
- прибуття вантажів здійснюється автомобільним транспортом;
- наявність навантажувачів вантажопідйомністю 1,5 т.

Організація роботи складу ускладнюється тим, що він є частиною логістичного центру і інтервали прибуття вантажів та їхня кількість є непередбачуваними. Тому доцільно використовувати при моделюванні технології складського обслуговування моделі нечіткої логіки. Спочатку необхідно визначити вхідні та вихідні змінні, їхні межі та взаємозв'язки між ними.

Вхідних змінних обрано 5:

x_1 – кількість вільних вантажних місць у складському комплексі. Змінюється від 0 (складський комплекс повністю зайнятий) до 800 (повністю пустий);

x_2 – кількість вільних навантажувачів. Змінюється від 0 (всі навантажувачі зайняті) до 12 (всі вільні);

x_3 – кількість вільних місць під'їзду автомобілів. Змінюється від 0 (фронт розвантаження повністю зайнятий) до 11 (повністю вільний);

x_4 – продуктивність роботи навантажувачів. Змінюється від 0 до 18 т;

x_5 – вхідний транспортний потік. Вимірюється у кількості вантажних одиниць, що прибувають. Змінюється від 0 до 800 одиниць (максимум, що може прийняти складське приміщення).

Вихідна змінна обирається одна, і це – час проведення складських операцій. Змінюється від 0 до 200 хвилин.

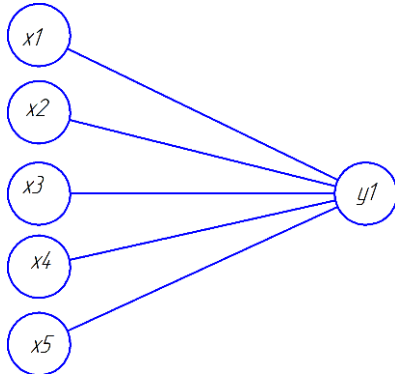


Рис. 1. Зв'язок між вхідними та вихідною змінною

Наступним етапом є визначення лінгвістичних змінних, що характеризують рівень того чи іншого показника. Для нашої моделі було обрано п'ять таких лінгвістичних змінних (табл. 1).

Таблиця 1

Лінгвістичні змінні

Низький	Н
Нижче середнього	НС
Середній	С
Вище середнього	ВС
Високий	В

Для кожної вхідної змінної були побудовані матриці експертних оцінок, на базі яких сформовані матриці підказок відповідно таким правилам [1].

Елементи матриці підказок обраховують за формулою

$$k_j = \sum_{i=1}^5 b_{ij}, j = \overline{1,10}. \quad (1)$$

Тому матриця підказок – це рядок, що є сумою по стовбцях. У цьому рядку обирають максимальний елемент $k_{\max} = \max k_j$ і далі всі його елементи перетворюються за формулою

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} k_{\max}}{k_j}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,10}. \quad (2)$$

Для стовпців, де $k_j = 0$, застосовуємо лінійну апроксимацію

$$c_{ij} = \frac{c_{ij-1} + c_{ij+1}}{2}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,10}. \quad (3)$$

Для побудови функції належності знаходять максимальні елементи

$$c_{i\max} = \max_i c_{ij}, i = \overline{1,5}, j = \overline{1,10}. \quad (4)$$

Функцію належності обрахуємо за формулою:

$$\mu_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_{i\max}}. \quad (5)$$

Таким чином, було виконано числові розрахунки значень функції належності термів "низький", "нижче середнього", "середній", "вище середнього", "високий" наведених лінгвістичних змінних (табл. 2-6). Порівняння цих функцій належності підтверджує можливість їхньої кусково-лінійної апроксимації із застосуванням параметра стиску-розтягу.

У випадку різної кількості термів доцільно апроксимувати функції належності трикутниками, яким притаманні такі властивості:

- основою трикутника є універсальна множина (інтеграл) $U_i = [0, l_i - 1]$, де $l_i = 2, 3, \dots, 9$ – ціле число, що відповідає кількості термів лінгвістичної змінної $x_i, i = \overline{1, n}$;

- вершина трикутника відповідає номеру лінгвістичного терму. Терми пронумеровані цілими числами від 1 до l_i ;

- інтерпретація номера терму може бути різною залежно від специфіки лінгвістичної змінної.

Генератором трикутних функцій належності нечітких термів є співвідношення

$$\mu^j(u) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{l_i - 1} u, u \in [0, l_i - 1], j = 1; \\ \frac{1}{j-1} u, u \in [0, j-1], j = \overline{2, l_i - 1}; \\ \frac{l_i - 1}{l_i - j} - \frac{1}{l_i - j} u, u \in [j-1, l_i - 1], j = \overline{2, l_i - 1}; \\ 1 - \frac{1}{l_i - 1} u, u \in [0, l_i - 1], j = l_i. \end{cases}$$

Загальний вид функцій належності представлений на рис. 2-6.

Таблиця 2

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної x_1

μ	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ_1	1	0,785714	0	0	0	0	0	0	0	0
μ_2	0	0,214286	1	1	0,111111	0	0	0	0	0
μ_3	0	0	0	0	0,888889	1	0,368421	0	0	0
μ_4	0	0	0	0	0	0	0,631579	0,882353	0,105263	0
μ_5	0	0	0	0	0	0	0	0,117647	0,894737	1

Таблиця 3

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної x_2

μ	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ_1	1	0,857143	0	0	0	0	0	0	0	0
μ_2	0	0,142857	1	1	0,230769	0	0	0	0	0
μ_3	0	0	0	0	0,769231	1	0,277778	0	0	0
μ_4	0	0	0	0	0	0	0,722222	0,833333	0,071429	0
μ_5	0	0	0	0	0	0	0	0,166667	0,928571	1

Таблиця 4

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної x_3

μ	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ_1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
μ_2	0	0,2	1	0,8	0,2	0	0	0	0	0
μ_3	0	0	0	0,2	0,8	1	0,411765	0	0	0
μ_4	0	0	0	0	0	0	0,588235	0,842105	0,176471	0
μ_5	0	0	0	0	0	0	0	0,157895	0,823529	1

Таблиця 5

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної x_4

μ	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ_1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
μ_2	0	0,2	1	0,882353	0,157895	0	0	0	0	0
μ_3	0	0	0	0,117647	0,842105	0,894737	0,352941	0	0	0
μ_4	0	0	0	0	0	0,105263	0,647059	0,888889	0,058824	0
μ_5	0	0	0	0	0	0	0	0,111111	0,941176	1

Таблиця 6

Результати побудови функції належності лінгвістичних термів вхідної змінної x_5

μ	Інтервал									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
μ_1	1	0,823529	0	0	0	0	0	0	0	0
μ_2	0	0,176471	0,944444	0,777778	0,235294	0	0	0	0	0
μ_3	0	0	0,055556	0,222222	0,764706	1	0,3	0	0	0
μ_4	0	0	0	0	0	0	0,7	0,705882	0,210526	0
μ_5	0	0	0	0	0	0	0	0,294118	0,789474	1

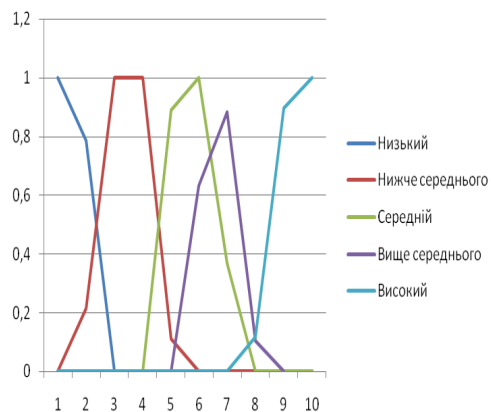


Рис. 2. Графік функції належності входної змінної x_1

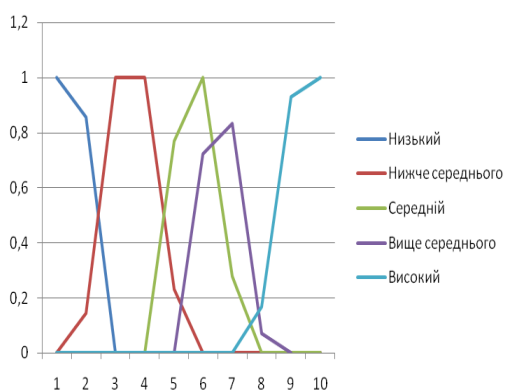


Рис. 3. Графік функції належності входної змінної x_2

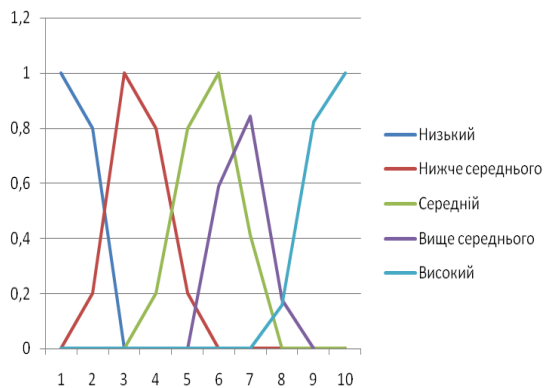


Рис. 4. Графік функції належності входної змінної x_3

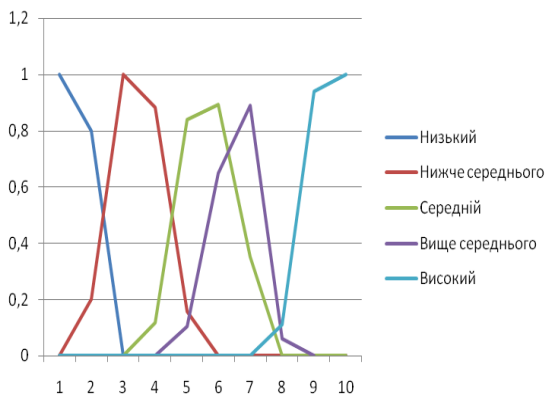


Рис. 5. Графік функції належності входної змінної x_4

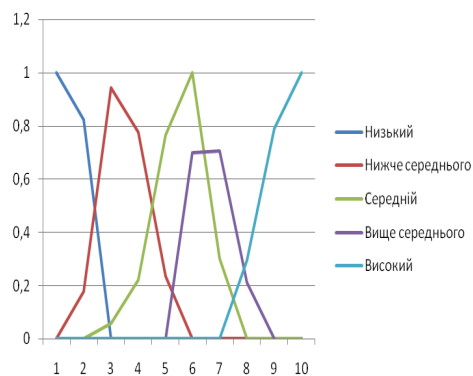


Рис. 6. Графік функції належності входної змінної x_5

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів кожної входної змінної подано у табл. 7-11.

Таблиця 7

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів входної змінної x_1

Кількість термів	Функції належності
5	$\mu^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0,160]$
	$u, u \in [0,160]$
	$\mu^2(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [160,800]$
	$\frac{1}{2}u, u \in [0,320]$
	$2 - \frac{1}{2}u, u \in [320,800]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{1}{3}u, u \in [0,480]$
	$4 - u, u \in [480,800]$
	$u, u \in [0,640]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [640,800]$

Таблиця 8

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів входної змінної x_2

Кількість термів	Функції належності
5	$\mu^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0,2.4]$
	$u, u \in [0,2.4]$
	$\mu^2(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [2.4,12]$
	$\frac{1}{2}u, u \in [0,4.8]$
	$2 - \frac{1}{2}u, u \in [4.8,12]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{1}{3}u, u \in [0,7.2]$
	$4 - u, u \in [7.2,12]$
	$u, u \in [0,9.6]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [9.6,12]$

Таблиця 9

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної x_3

Кількість термів	Функції належності
5	$\mu^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 2.2]$ $u, u \in [0, 2.2]$
	$\mu^2(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [2.2, 11] \rangle$
	$\mu^3(u) = \langle \frac{1}{2}u, u \in [0, 4.4] \rangle$ $2 - \frac{1}{2}u, u \in [4.4, 11]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{1}{3}u, u \in [0, 6.6] \rangle$ $4 - u, u \in [6.6, 11]$ $u, u \in [0, 8.8]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [8.8, 11] \rangle$

Таблиця 10

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної x_4

Кількість термів	Функції належності
5	$\mu^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 3.6]$ $u, u \in [0, 3.6]$
	$\mu^2(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [3.6, 18] \rangle$
	$\mu^3(u) = \langle \frac{1}{2}u, u \in [0, 7.2] \rangle$ $2 - \frac{1}{2}u, u \in [7.2, 18]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{1}{3}u, u \in [0, 10.8] \rangle$ $4 - u, u \in [10.8, 18]$ $u, u \in [0, 14.4]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [14.4, 18] \rangle$

Таблиця 11

Аналітичні вирази трикутних функцій належності для 5 термів вхідної змінної x_5

Кількість термів	Функції належності
5	$\mu^1(u) = 1 - \frac{1}{4}u, u \in [0, 160]$ $u, u \in [0, 160]$
	$\mu^2(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [160, 800] \rangle$
	$\mu^3(u) = \langle \frac{1}{2}u, u \in [0, 320] \rangle$ $2 - \frac{1}{2}u, u \in [320, 800]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{1}{3}u, u \in [0, 480] \rangle$ $4 - u, u \in [480, 800]$ $u, u \in [0, 640]$
	$\mu^1(u) = \langle \frac{4}{3} - \frac{1}{3}u, u \in [640, 800] \rangle$

Аналітичні вирази кусково-лінійних і трикутних функцій належності використано у нечіткій експертній системі оцінки часу роботи навантажувально-розвантажувального комплексу на складі логістичного розподільного центру.

Висновки. Запропонована модель аналізу технологічних параметрів та прогнозування часу виконання транспортно-складських операцій в умовах наявних потужностей та інформаційної невизначеності забезпечує прийняття рішень щодо організації складських процесів.

Л і т е р а т у р а

1. Сявавко М.С. Интеллектуализована інформаційна система «Нечіткий експерт!». – Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 320 с.

References

1. Syavavko M.S. Intelligent Information System «Fuzzy expert!». – Publishing center Lviv Ivan Franko, 2007. – 320 p.

Кичкина Е.И., Кичкина Е.А. Моделирование складских процессов на базе нечеткой логики

В статье рассмотрена роль складских терминалов в логистических цепях поставок. Предложен аппарат анализа технологических параметров и прогнозирования времени выполнения транспортно-складских операций в условиях имеющихся мощностей и информационной неопределенности на базе модели нечеткой логики. Модель построена для существующего склада тарно-штучных грузов с ограниченными технологическими и техническими возможностями. Определены входные переменные, сформированы экспертные таблицы, построены функции принадлежности лингвистических термов и графики функций принадлежности входных переменных. Предложенная модель анализа технологических параметров и прогнозирования времени выполнения транспортно-складских операций в условиях имеющихся мощностей и информационной неопределенности обеспечивает принятие решений по организации складских процессов.

Ключевые слова: складской терминал, логистика, нечеткая логика, моделирование, тарно-штучный груз.

Kichkina E., Kichkina E. Modeling of storage processes based on fuzzy logic

In this paper has been viewed the role of storage terminals in logistic chains of delivery. Also here proposed the mechanism of technological parameters analysis and prediction of time in transporting and storage operations, considering conditions of existing capacities and informational uncertainty, at the basis of fuzzy logic model. The model been built at the basis of existing storage of unitized cargo limited technological and technical capabilities. Here have been defined the income variables, have been formed the expert tables, have been built the functions of accessory of linguistic terms and diagrams of accessory functions of the income variables. Proposed model of technical parameters analysis and time prediction of transport and storage operations in conditions of existing capacities and informational uncertainty, allows to make decisions of storage process organization.

Keywords: storage terminal, logistics, fuzzy logic, modeling, unitized cargo.

Кічкіна О.І. – к.т.н., доцент кафедри транспортних систем, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: eletop@ukr.net.

Кічкіна Є.О. – начальник відділу збуту ТОВ «Укрспецпочтач», м. Луганськ, Україна, e-mail: coalua@mail.ru.

Рецензент: Нечаєв Г.І., д.т.н., проф.

УДК 622.7

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ**Нечасв Г.І., Ускова О.А.****POSSIBILITIES OF COAL CONCENTRATION WASTE UTILIZATION****Nechaev G., Uskova O.**

У статті розглянута можливість використання відходів після збагачення вугілля при виробництві будівельних матеріалів. Визначено структуру утворення відходів при видобуванні і переробці кам'яного вугілля. Розглянуті варіанти використання відходів вуглезбагачення в залежності від їхнього складу і властивостей на прикладі збагачувальної фабрики.

Ключові слова: вугілля, збагачення вугілля, транспортно-складський комплекс, відходи виробництва, будівельні матеріали.

Постановка проблеми. Одна з дивних властивостей природи виявляється в її безвідходності. У гармонійному замкненому циклі залишки діяльності одних учасників є вихідним продуктом для початку іншої діяльності. Виключенням є людина розумна, така, що залишає після своєї діяльності мільйони тонн відходів [2].

Спосіб поводження з відходами вуглепереробки, прийнятий повсюдно, полягає в розміщенні величезних мас в породних відвалах і шламонакопичувачах. Відомі проблеми пов'язані з цим: терикони, що горять, виділення в атмосферу, ґрунт і ґрунтові води різних хімічних сполук, газів, пилу тощо. Негативні екологічні і економічні наслідки цих явищ – факти загальновідомі.

Одним з рішень цього завдання є правильна організація транспортно-складського комплексу виробництва, що працює на відходах збагачення.

Транспортно-складський комплекс є елементом логістичного ланцюга, який встановлює мету і критерії його ефективного функціонування (вантажобіг складу, собівартість складської переробки, коефіцієнт використання складської площі, оборотність складу, рівень механізації складських робіт тощо). Розробка технології переробки відходів вуглезбагачення, у тому числі і вибір варіанта транспортно-складського комплексу, вимагає детального опрацювання на стадії проектування і всебічного вивчення у процесі експлуатації в умовах діючого підприємства і усунення можливих конструктивних та технологічних недоліків.

Пріоритетним напрямом у розвитку транспортно-складського господарства є механізація і автоматизація, впровадження нової техніки і технології роботи. Все це допоможе зменшити витрати на утримання цих господарств і підвищити продуктивність праці, а, відповідно, і прибуток підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У технічній літературі висловлюється дуже багато поглядів з приводу використання відходів вуглезбагачення при виробництві будівельних матеріалів. Ці питання досліджувались, наприклад, такими науковцями, як Г.В. Губін, Т.А. Олійник, Н.В. Кушнірук (Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний університет) [3].

Сьогодні у більшості літературних джерел значну увагу приділяють екологічному стану, який погіршується від відходів збагачення. Необхідно також розробляти нові безвідходні технології переробки цих відходів на корисну сировину, яку в подальшому використовуватимуть у виробництві (наприклад, у будівельному виробництві).

Метою статті є знайти економічно прийнятне вирішення проблем використання відходів вуглезбагачення з позитивним екологічним ефектом.

Матеріали та результати дослідження. Характеризуючи речовий склад відходів збагачення, який зумовлює напрям їхнього використання, слід вказати на одну специфічну їхню особливість – наявність в них органічного компонента (залишкового вугілля) [1]. Матеріал показує, що різні хіміко-технологічні аспекти використання відходів вуглевидобування: породи, відходів збагачення, шахтних вод, золошлакових відходів, шахтного метану і т.д. для глибокої переробки вимагають розробки окремих проектів і створення пілотних установок для проведення всебічних випробувань перед впровадженням в промислового масштабі.

Чисельність чинників, що обумовлюють показники процесів утилізації відходів, недостатня вивченість і складність взаємного впливу не дозволяють встановити аналітичний зв'язок між ними, їх необхідно визначати експериментальним шляхом. Найважливішим завданням експериментального до-

слідження є встановлення цього зв'язку і виявлення умов, що забезпечують необхідні показники процесу.

Разом з тим, як показують розрахунки, зусилля спрямовані на розвиток автономної енергетичної бази вугільних підприємств, термохімічної, електрохімічної технологій. Можуть привести до несподіваних поворотів у вирішенні проблем утилізації різних відходів у вугільній галузі і дозволять значно поліпшити техніко-економічні показники роботи вугледобувних підприємств [1].

Відходи вуглезбагачення (на прикладі збагачувальної фабрики «Червоноармійська-Західна № 1») – порода, яка складається з алевроліту – 75% і пісковика – 25%. Приблизний час розкладання алевроліту до осколкового стану під впливом чинників (вода, повітря, температура) – 12 місяців. Використовуючи ці властивості алевроліту, можна розділяти породи шляхом попереднього лежання у відвалі і подальшої переробки на спеціальній підібраному устаткуванні (грохота та ін.). При цьому алевроліт буде спрямований як сировина на завод будівельних конструкцій, а пісковик – перероблений в щебін і використовуватиметься для виробництва товарного бетону і дрібноштучних бетонних виробів.

Для досліджень з проблеми розкладання породи в районі породного відвалу можна влаштувати дослідний полігон. Дослідження, проведені на полігоні, допоможуть визначити технологію формування породного відвалу, його параметри, а так само можливі заходи, необхідні для прискорення розкладання породи. Для розробки необхідне проведення спеціалізованих досліджень проб породи і розроблення рекомендацій щодо підбору і розміщення устаткування для схеми ланцюга апаратів з розділення породи і виробництва щебеня з пісковика. Структуру ланцюга утворення відходів наведено на рис. 1.

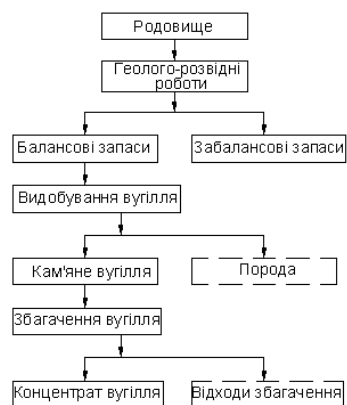


Рис. 1. Ланцюг утворення відходів збагачення

Існує велика кількість різних методів, технологій і устаткування, що дозволяють досягти до 95% оптимізації етапів наведеної вище концепції. Але в цьому випадку потрібно орієнтуватися не на «миттєве» зниження витрат на кожному етапі взаємодії з надрами, а на пошук оптимального поєднання витрат і прибутку на кожному етапі робіт.

Як приклад можна навести підходи, що існують нині. Додрібнювання промпродукту і відходів крупних класів дозволить підвищити вихід концентрату і понизити вихід відходу породи. Пресування

тонкодисперсного продукту дозволяє отримувати будівельну цеглу і блоки, а також матеріал для дорожнього покриття. Газифікація вугілля дозволяє отримувати не лише теплову енергію, але й синтезгаз. При цьому практично відсутні викиди, а неорганічні відходи підлягають дешевшій подальшій їхньої переробки порівняно із золою і шлаком, продуктів, які пройшли високотемпературний вплив [1].

Навіть з цих прикладів видно, що управляти технологією переробки відходів не лише можна, але й потрібно, при цьому не завжди вимагається багато матеріальних витрат.

Література

1. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
2. Brain J. Skinner “Earth resources”, Third Edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1986. – pp. 132.
3. Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 41 (82) – 42 (83). – 310 с.

References

1. Dvorkin L.I. Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti: uchebno-spravochnoe posobie / L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin. – Rostov n/D: Feniks, 2007. – 368 p.
2. Brain J. Skinner “Earth resources”, Third Edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1986. – pp. 132.
3. Zbagachennya korisnix kopalin: nauk.-texn. zb. – 2010. – vip. 41 (82) – 42 (83). – 310 p.

Нечаев Г.И., Ускова Е.А. Возможности использования отходов углеобогащения

В статье рассмотрена возможность использования отходов после обогащения угля при производстве строительных материалов. Определена структура образования отходов при добыче и переработке каменного угля. Рассмотрены варианты использования отходов углеобогащения в зависимости от их состава и свойств на примере обогатительной фабрики.

Ключевые слова: уголь, обогащение угля, транспортно-складской комплекс, отходы производства, строительные материалы.

Nechaev G., Uskova O. Possibilities of coal concentration waste utilization

The most important reserve saving aspect in building is a broad use secondary material resources, which are wastes of production and consumption. The volume of industrial wastes increases at higher rates, than public production, and has a tendency to overtaking growing. The article goes upon the possibility of the utilization of wastes after coal concentration in the process of production of building materials. The structure of formation of wastes at output and processing of coal has been defined. The variants of utilization of wastes concentration of coal are considered according to its composition and properties taking a concentrating mill as the example.

Keywords: coal, coal concentration, transportation and storage complex, wastes of production, the building materials.

Нечаев Г.И. – д.т.н., професор, зав. кафедри «Транспортні системи», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Ускова О.А. – аспірант кафедри «Транспортні системи», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 16.04.2013

УДК 656

АГЕНТНО-НЕЙРОНЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТРАХОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кічкін О.В., Кічкіна Т.О.

AGENT-NEUROFUZZY MODELING OF INSURANCE EXAMINATION OF ACCIDENTS DURING EXPLOITATION OF INDUSTRIAL EQUIPMENT AND TRANSPORT VEHICLES

Kichkin A., Kichkina T.

Розглянуто удосконалення існуючих моделей страхової експертизи нещасних випадків на виробництві шляхом нейронечіткої адаптації агентно-нечіткої та продукційної нечіткої моделей прогнозування кількості постраждалих. Розроблено агентно-нейронечіткий підхід до моделювання страхової експертизи нещасних випадків на виробництві при експлуатації різних видів промислового обладнання та транспортних засобів. В якості прикладу розглянуто нейронечітке навчання моделі прогнозування кількості постраждалих в залежності від таких чинників: невідоме обладнання; устаткування гірничошахтне; устаткування підіймально-транспортне (конвеєри та навантажувачі); верстати металорізальні; устаткування технологічне для ливарного виробництва; автомобілі. Удосконалення агентної моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві під впливом не визначених на законодавчому рівні чинників зроблено на прикладі моделі-агента Підприємство, яка може бути застосована для прогнозування нещасних випадків з будь-яким різновидом промислового обладнання та транспортних засобів.

Ключові слова: нещасний випадок, страхова експертиза, нечітке моделювання, агентна імітаційна модель.

Постановка проблеми. Існуючі підходи до прогнозування кількості постраждалих та тих, що захворіли, на виробництві не враховують вимоги законодавства стосовно страхової експертизи та не використовують сучасні математичні методи, пов'язані в першу чергу з можливостями нейронечіткої адаптації та навчання нечітких моделей прогнозування кількості постраждалих та таких, що захворіли внаслідок нещасних випадків на виробництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження у цій галузі були сформульовані у вигляді концепції моделювання страхової експертизи нещасних випадків на виробництві [1]. Склад та спрямованість цієї концепції визначають основні напрями моделювання страхової експерти-

зи. Головним напрямом при цьому є нечітке моделювання кількості постраждалих в залежності від факторів, визначених або не визначених на законодавчому рівні та фіксуються в обов'язковому порядку статистично у державній базі нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Застосування єдиної бази даних нещасних випадків на виробництві створює інформаційну основу різнопланової аналітичної роботи страхових експертів. Важливе місце при цьому займає аналітичний блок інформаційної системи Фонду страхування нещасних випадків на виробництві. Математичну основу аналітичного блоку становить концепція моделювання страхової експертизи нещасних випадків на виробництві, що складається з трьох моделей, які взаємодіють та взаємодоповнюють одна одну. Тому удосконалення аналітичного блоку страхової експертизи фактично є удосконаленням зазначених моделей.

Відзначаючи сутність моделей прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві, треба класифікувати фактори, що при цьому впливають на настання нещасних випадків та враховуються відповідними моделями. При цьому фактори підрозділяються на дві групи – визначені законодавчо та всі інші.

Створена у [1] концепція моделювання страхової експертизи передбачала взаємодію трьох моделей, що працюють з єдиною базою даних нещасних випадків на виробництві. По-перше, це нечітка продукційна модель прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за факторами впливу, визначеними на законодавчому рівні. По-друге, це агентна імітаційна модель прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за факторами впливу, які не враховані на законодавчому рівні. По-третє, це системно-динамічна імітаційна модель фінансового

стану страховика в системі Бонус-Малус при страхуванні від нещасних випадків на виробництві.

Якщо системно-динамічна імітаційна модель фінансового стану страховика в системі Бонус-Малус при страхуванні від нещасних випадків на виробництві працює з чіткими значеннями фінансових показників, то дві моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за факторами впливу, визначених законодавчо, та всіма іншими працюють з нечіткими значеннями чинників впливу.

Досить логічним є необхідність математичного удосконалення обох моделей прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві. Таке удосконалення стає можливим завдяки нейронечіткій адаптації. Сутність цієї адаптації становить навчання моделі статистичними даними, які накопичуються в єдиній базі даних нещасних випадків на виробництві.

Мета. Метою статті є розробка агентно-нейронечіткого підходу до моделювання страхової експертизи нещасних випадків на виробництві при експлуатації різних видів промислового обладнання та транспортних засобів.

Результати досліджень. Можливості практичної реалізації процедури навчання нечіткої моделі закладені в MatLab Fuzzy Logic Toolbox. Особливо зручним при цьому стає генерація С-коду машини виведення нечіткої моделі прогнозування. Цей код становить основу реалізації прогнозовної складової аналітичного блоку інформаційної системи Фонду страхування нещасних випадків на виробництві за факторами впливу, що визначені законодавчо, та всіма іншими.

Але технічні можливості агентної імітаційної моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві, створеної в середовищі AnyLogic [2], не передбачають використання нейронечітких моделей. Разом з тим створення подібної моделі за допомогою статистичного навчання моделі типу Сугено в MatLab Fuzzy Logic Toolbox є можливим та формує С-код машини виведення нечіткої моделі прогнозування від відповідних нечітко визначених чинників, що не визначені на законодавчому рівні. Такий код, адаптований у Java-код у середовищі AnyLogic, дає можливість його практичного використання на рівні системи підтримки прийняття рішень страховим експертом вже у вигляді гібридної агентно-нейронечіткої моделі. Це становить цілком логічну альтернативу не досить переконливим стохастичним залежностям існуючої агентної імітаційної моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві, що пов'язують кількість нещасних випадків з нечітко визначеними чинниками на кшталт стану доріг регіону, стану природного середовища, стану житлових умов, економічного стану кожного підприємства зокрема та інших подібних, що не визначені на законодавчому рівні.

Іншим шляхом при цьому може бути використання мови T-SQL для програмування продукційних

правил створеної нечіткої моделі, які можуть бути легко використані в агентній імітаційній моделі. При цьому використовується подібність синтаксису запитів мови T-SQL до синтаксису продукційних правил виведення нечітких моделей типу Мамдані та Сугено, коли SQL-запит складається аналогічно правилу виведення з передумов та наслідків.

Стосовно нечіткої продукційної моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за факторами впливу, визначеними на законодавчому рівні, слід відзначити, що можливості нейронечіткого навчання є стандартними для нечітких моделей типу Сугено.

Математичною основою нейронечіткого навчання моделей прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за різними факторами впливу є відомий як δ – правило [3] або алгоритмом зворотного поширення помилки. Основу цього алгоритму становить метод градієнтного спуску, який полягає у розрахунку часткових похідних критерію оптимальності за всіма параметрами (факторами) впливу на кількість постраждалих від нещасних випадків на виробництві. Таким критерієм є квадрат відхилення між реальними результуючими значеннями кількості постраждалих від нещасних випадків та розрахунком мережі на підставі вхідних змінних значень відповідних факторів:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (y_j^t - \bar{y}_j^t)^2,$$

де y та \bar{y} – реальне та модельоване значення кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві.

При цьому модельний розрахунок значення кількості постраждалих відбувається за такою формулою:

$$\bar{y}_j = \psi_j^3 \left(b_j^3 + \sum_{l=1}^p (w_{lj}^3 * \psi_l^2 (b_l^2 + \sum_{i=1}^n (w_{il}^2 * \psi_i^1(x_i)))) \right),$$

де $j = \overline{1, m}$.

При цьому:

$\psi_i^{(1)}(*)$ – функція активації i -го нейрона вхідного шару нейромережі;

$\psi_j^{(2)}(*), b_l^{(2)}$ – функція активації та параметр зміщення суматора l -го нейрона прихованого шару нейромережі;

$\psi_j^{(3)}(*), b_j^{(3)}$ – функція активації та параметр зміщення суматора j -го нейрона вихідного шару нейромережі;

$w_{il}^{(2)}$ – вага міжнейронного зв'язку між i -м нейроном вхідного шару та l -м нейроном прихованого шару нейромережі;

$w_{ij}^{(3)}$ – вага міжнейронного зв'язку між l -м нейроном прихованого шару та j -м нейроном вихідного шару нейромережі.

В якості прикладу розглянемо нейронечітке навчання моделі прогнозування кількості постраждалих в залежності від чинників, які зазначені нижче:

X_1 – невідоме обладнання;
 X_2 – устаткування гірничошахтне;
 X_3 – устаткування підйнятно-транспортне (конвеєри та навантажувачі);
 X_4 – верстати металорізальні;
 X_5 – устаткування технологічне для ливарного виробництва;
 X_5 – автомобілі.

Процедура нейронечіткого навчання методом зворотного поширення помилки з похибкою навчання, яка дорівнює 0,0044727, сформувала нейронмережу, яка має вид (рис. 1).

При цьому представлена на рис. 2 поверхня виведення відображає залежність впливу невизначеного обладнання та автотранспорту на кількість постраждалих від нещасних випадків на виробництві за значеної моделі прогнозування.

Експериментальне дослідження моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві за різновидами обладнання визначило її адекватність, що дозволило одержати прогноз на наступний місяць кількості постраждалих від зазначених чинників з помилкою, яка дорівнює 0,5%.

Що стосується удосконалення агентної моделі прогнозування кількості постраждалих від нещасних випадків на виробництві під впливом не визна-

чених на законодавчому рівні чинників, то прикладом може слугувати модель-агент Підприємство, стейтчат якого зображено на рис. 3.

На цьому прикладі яскраво видно логіку та необхідність застосування нечітких вимірювань в моделі стану підприємства, який впливає на підтримку підприємством належного рівня безпеки праці та безумовно впливає на кількість нещасних випадків на підприємстві при експлуатації різновидів промислового обладнання та транспортних засобів.

Виходячи із логіки агента, його нечітка продукційна модель набуває загального виду:

Якщо $Z_1 = (\text{низький або середній або високий})$
та $Z_2 = (\text{низький або середній або високий})$
та $Z_3 = (\text{низький або середній або високий})$,
тоді $R = (\text{низький або середній або високий})$,

де Z_i – різновиди економічного стану підприємства (нормальний, занепаду та розвитку відповідно), а R – рівень впливу економічного стану підприємства на кількість нещасних випадків на виробництві.

Це робить суто агентну імітаційну модель агентно-нейронечіткою з можливістю подальшої нейронечіткої адаптації окремих її агентів. Подібна модель-агент може бути застосована для прогнозування нещасних випадків з будь-яким різновидом промислового обладнання.

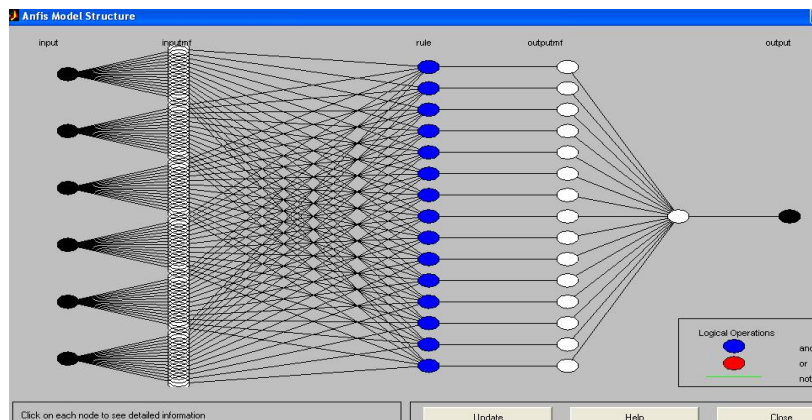


Рис. 1. Нейронмережа нечіткого навчання моделі прогнозування нещасних випадків на виробництві за різновидами обладнання

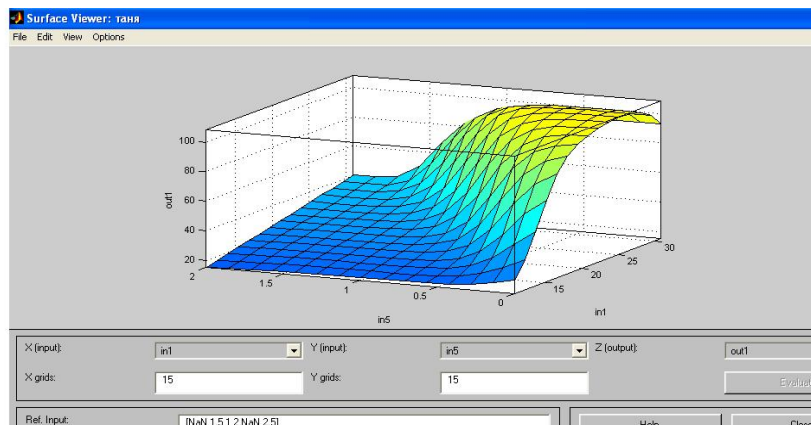


Рис. 2. Поверхня виведення впливу невизначеного обладнання та автотранспорту на кількість постраждалих від нещасних випадків на виробництві

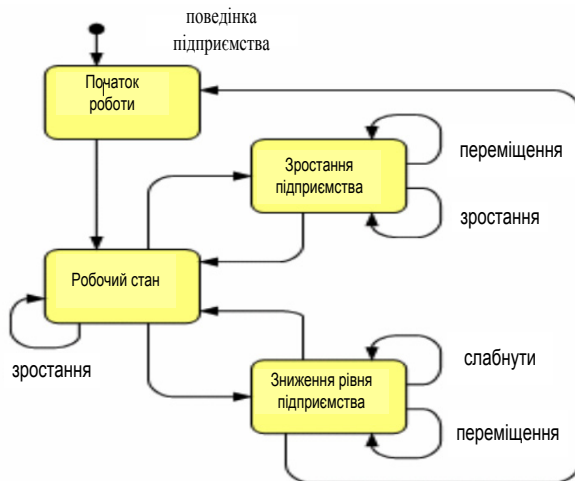


Рис. 3. Стейтчат агента Підприємство агентної імітаційної моделі прогнозування кількості нещасних випадків на виробництві згідно із чинниками, невизначеними на законодавчому рівні

Висновки. 1. Запропоновані технічні можливості створення гібридної агентно-нейронечіткої імітаційної моделі в середовищі AnyLogic створюють широкі перспективи застосування такої методики для моделювання складних систем, які мають нечітко визначені параметри.

2. Застосування мови запитів T-SQL суттєво доповнює можливості нейронечіткого комп'ютерного моделювання у тих випадках, коли дослідження спирається на інформацію у вигляді реляційної бази даних.

Література

1. Кічкіна Т.О. Моделювання страхової експертизи нещасних випадків на виробництві: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.11 / Кічкіна Тетяна Олексіївна. – Донецьк, 2012. – 210 с.
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
3. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: мережі, нечітка логіка: монографія. – К.: КНЕУ, 2011. – 439 с.

References

1. Kichkina T.A. Modeluvanya strahovoi ekspertizi neschasnyh vipadkiv na virobnictvi: dis. ... kand. ekon. nauk: 08.00.11 / Kichkina Tetjana Oleksiivna. – Donec'k, 2012. – 210 p.
2. Karpov U.G. Imitacionnoe modelirovanie system. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5. – SPb.: BHV-Peterburg, 2006. – 400 p.
3. Matviychuk A.V. Shtuchniy intellect v ekonomici: mrezi, nechitka logika: monographia. – K.: KNEU, 2011. – 439 p.

Кичкин А.В., Кичкина Т.А. Агентно-нейронечеткое моделирование страховой экспертизы несчастных случаев при эксплуатации промышленного оборудования и транспортных средств

Рассмотрено усовершенствование существующих моделей страховой экспертизы несчастных случаев на производстве путем нейронечеткой адаптации агентно-нейронечеткой и продукционной нечеткой моделей прогнозирования количества пострадавших. Разработан агентно-нейронечеткий подход к моделированию страховой экспертизы несчастных случаев на производстве при эксплуатации разных видов промышленного оборудования и транспортных средств. В качестве примера рассмотрено нейронечеткое обучение модели прогнозирования количества пострадавших в зависимости от следующих факторов: неизвестное оборудование; оборудование горношахтное; оборудование подъемно-транспортное (конвейеры и погрузчики); станки металлорежущие; оборудование технологическое для литейного производства; автомобили. Усовершенствование агентной модели прогнозирования количества пострадавших от несчастных случаев на производстве под воздействием не определенных на законодательном уровне факторов сделано на примере модели-агента Предприятие, которая может быть применена для прогнозирования несчастных случаев с любой разновидностью промышленного оборудования и транспортных средств.

Ключевые слова: несчастный случай, страховая экспертиза, нечеткое моделирование, агентная имитационная модель.

Kichkin A., Kichkina T. Agent-neurofuzzy modeling of insurance examination of accidents during exploitation of industrial equipment and transport vehicles

The improvement of existent models of insurance examination of industrial accidents is considered by the way of neurofuzzy adaptation of agent-fuzzy and fuzzy models of prognostication of amount of victims. The agent-fuzzy going is worked out near the design of insurance examination of industrial accidents during exploitation of different kinds industrial equipment and transport vehicles. As an example considered neurofuzzy teaching of model of prognostication of amount of victims depending on next factors: unknown equipment; mining equipment; lifting-transport equipment (conveyers and loaders); machine-tools metal-cutting; equipment technological for a casting production; cars. The improvement of agent model of prognostication of amount of victims from industrial accidents under act of not certain at legislative level factors is done on the example of model-agent Enterprise, which can be applied for prognostication of accidents with any variety of industrial equipment and transport vehicles.

Keywords: accident, insurance examination, fuzzy modeling, agent simulation model.

Кічкін О.В. – ст. викладач кафедри транспортних систем, СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Кічкіна Т.О. – к.е.н., асистент кафедри економічної кібернети та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна, e-mail: t_k_13@mail.ru.

Рецензент: Нечаев Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.04.2013

УДК 656.12.83

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОДОРОЖНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПРИ НАЛИЧИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Тарарычкін І.А., Нечаєв Г.І., Слободянюк М.Є.

CHARACTERISTICS OF ROAD TRANSPORT NETWORK IN THE PRESENCE OF ALTERNATIVES FREIGHT

Tararychkin I., Nechaev G., Slobodyanyuk M.

Рассмотрены особенности функционирования автодорожной транспортной сети при наличии альтернативных вариантов доставки грузов потребителю. Установлены закономерности изменения состояния системы в долгосрочной перспективе и показана необходимость периодического восстановления состояния дорожного покрытия для снижения эксплуатационных затрат в масштабе всей транспортной системы.

Ключевые слова: транспортная сеть, маршрут, грузы, дорожное покрытие, информация, вероятность.

Постановка проблемы. Доставка грузов потребителям автомобильным транспортом широко практикуется благодаря таким его преимуществам, как экономичность, гибкость, возможность оперативного изменения маршрута и обеспечения требуемых сроков доставки [1]. При этом существующие дорожные сети позволяют выполнять доставку грузов по разным маршрутам, выбор которых производится с учетом дорожной обстановки при наличии соответствующей информации.

Анализ последних исследований и публикаций. Информационная составляющая при выборе маршрута доставки является исключительно важной, однако в технической литературе отсутствуют данные о том, каким образом на её основе следует оценивать и осуществлять выбор варианта транспортировки грузов и как такого рода решения влияют на общее состояние транспортной сети в среднесрочной и долгосрочной перспективе [2].

Цель. Целью настоящей работы является анализ особенностей функционирования автодорожной транспортной сети при наличии информации о её текущем состоянии, в условиях возможного выбора маршрута доставки грузов потребителям.

Результаты исследований. Для решения поставленной задачи рассмотрим расчетную схему, показанную на рис. 1. Предположим, что из точки С

в точку В осуществляется регулярная доставка грузов с объемами перевозок Q (т/сут.).

Транспортировка грузов на участке между точками А и В возможна по трем вариантам. При этом вариант 1 характеризуется длиной маршрута $L_1 = 100$ км, а варианты 2 и 3, соответственно, значениями $L_2 = 150$ км и $L_3 = 200$ км (рис. 1).

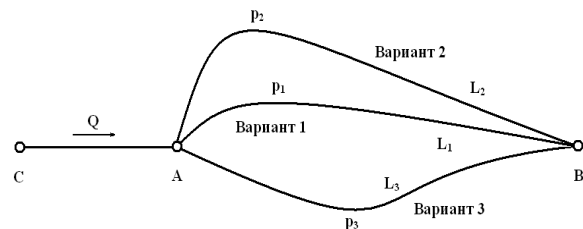


Рис. 1. Схема альтернативных маршрутов доставки грузов

Предположим, что водители имеют полную информацию о состоянии маршрутов и на её основе осуществляют выбор варианта движения. При этом вариант 1 будет выбран с вероятностью p_1 , а варианты 2 и 3 – с вероятностями p_2 и p_3 , соответственно. Очевидно, что для рассматриваемой расчетной схемы выполняется условие: $p_1 + p_2 + p_3 = 1$.

Кроме того, будем считать, что вероятность выбора конкретного маршрута пропорциональна уровню качества дорожного полотна и обратно пропорциональна длине маршрута.

Тогда

$$p_i = k \frac{A_i}{L_i} \quad (i=1, 2, 3), \quad (1)$$

где коэффициент пропорциональности k :

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^3 \frac{A_i}{L_i}}.$$

В общем случае показатель состояния дорожного полотна на выбранном транспортном маршруте можно определить так:

$$A = e^{-\alpha \cdot \mu},$$

где α – коэффициент пропорциональности;

μ – количество поврежденных участков дороги на один километр длины маршрута, наличие которых приводит к необходимости торможения и изменения скоростного режима автомобиля, шт./км.

Если $\mu = 0$, то $A = 1$ и состояние выбранного маршрута считается наилучшим. Предположим, что μ_x – это некоторое значение числа поврежденных участков на километре длины маршрута, которое снижает вероятность его использования вдвое по сравнению с наилучшим состоянием. Тогда для определения коэффициента α следует использовать схему, показанную на рис. 2.

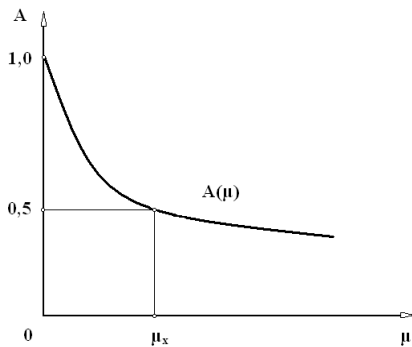


Рис. 2. Схема определения значений коэффициента α

Выполнив необходимые преобразования, получим:

$$A = e^{\frac{\ln(0,5)}{\mu_x} \cdot \mu}.$$

Следует также иметь в виду, что состояние дорожного покрытия с течением времени ухудшается, что оказывает влияние на выбор маршрута и, соответственно, на вероятность его использования. Таким образом, анализируя состояние транспортной системы, следует учитывать возможность изменения значений μ с течением времени.

Предположим, что величина $\mu(t)$ в результате воздействия грузового потока q линейно возрастает с течением времени. Пусть за период t_x значение $\mu(t)$ увеличивается на $\Delta\mu$ относительно начального уровня μ_H (рис. 3).

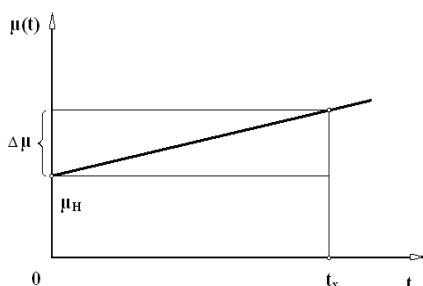


Рис. 3. Зависимость от времени значений параметра $\mu(t)$

Тогда

$$\mu(t) = \mu_H + \beta \cdot t \cdot q.$$

Или

$$\mu(t) = \mu_H + \frac{\Delta\mu}{t_x \cdot q_x} \cdot t \cdot q,$$

где q – величина реально наблюдаемого грузового потока на рассматриваемом маршруте, т/сут.;

q_x – условный грузовой поток на маршруте (т/сут.), приводящий к увеличению повреждения дорожного покрытия за время t_x на величину $\Delta\mu$.

Тогда для анализируемого i -го маршрута:

$$\mu_i(t) = \mu_{H_i} + \frac{\Delta\mu}{t_x \cdot q_x} Q \cdot p_i \cdot t.$$

Система нелинейных уравнений (1) в этом случае будет иметь вид:

$$P_i = \frac{\exp\left\{\frac{\ln(0,5)}{\mu_x} \cdot \left[\mu_{H_i} + \frac{\Delta\mu}{t_x \cdot q_x} Q \cdot p_i \cdot t\right]\right\}}{L_i \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{\exp\left\{\frac{\ln(0,5)}{\mu_x} \cdot \left[\mu_{H_i} + \frac{\Delta\mu}{t_x \cdot q_x} Q \cdot p_i \cdot t\right]\right\}}{L_i}} \quad (i = 1, 2, 3). \quad (2)$$

Для выявления закономерностей изменения состояния анализируемой дорожной сети система уравнений (2) решалась с использованием вычислительного комплекса MathCAD для принятых значений параметров: $\mu_{H1} = \mu_{H2} = \mu_{H3} = 0 \text{ км}^{-1}$; $\mu_x = 20 \text{ км}^{-1}$; $\Delta\mu = 12 \text{ км}^{-1}$; $t_x = 1000 \text{ сут.}$, $q_x = 200 \text{ т/сут.}$; $Q = 2600 \text{ т/сут.}$

Фрагмент программы для вычисления значений p_i показан на рис. 4.

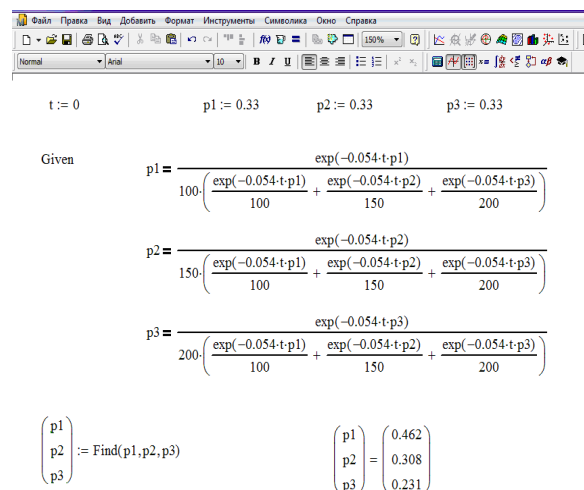


Рис. 4. Фрагмент расчетной программы для определения вероятностей

Результаты решения системы уравнений представлены в графической форме на рис. 5 и позволяют заключить следующее.

На начальном этапе эксплуатации системы наиболее привлекательным является первый маршрут, на который приходится около 46% случаев выбора. Однако из-за большого грузового потока со-

стояние дорожного покрытия на этом маршруте постепенно ухудшается, и его привлекательность снижается. При этом со временем возрастает привлекательность (и, соответственно, вероятность использования) объездных маршрутов.

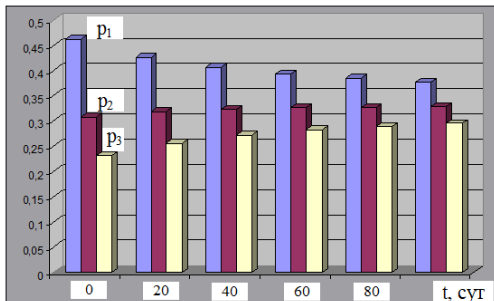


Рис. 5. Изменение вероятностей использования маршрутов в анализируемой автодорожной транспортной системе

По этой причине зависимость $p_1(t)$ с течением времени непрерывно снижается, а зависимости $p_2(t)$ и $p_3(t)$ возрастают, выравниваясь до уровня $p_1(t) = p_2(t) = p_3(t) = 0,333$.

Таким образом, в предельном случае, когда состояние дорожного покрытия для каждого из возможных маршрутов оказывается недопустимо низким, привлекательность всех вариантов (и, соответственно, вероятности использования) выравнивается.

Выводы. 1. На начальном этапе эксплуатации транспортной дорожной системы наиболее привлекательным является самый короткий маршрут. Однако состояние дорожного покрытия на этом маршруте из-за большого грузового потока с течением времени ухудшается, и вероятность его использования постепенно снижается. Это сопровождается возрастанием привлекательности объездных маршрутов и ростом вероятности их использования.

2. Увеличение объемов грузовых перевозок по объездным маршрутам приводит к общему повышению эксплуатационных затрат в масштабе анализируемой транспортной системы и может рассматриваться как объективный фактор, определяющий необходимость выполнения ремонтных работ и восстановления состояния дорожного покрытия.

Л и т е р а т у р а

1. Аринин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. Техническая эксплуатация автомобилей. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 314 с.
2. Зайцев Е.Н., Богданов Е.В. и др. Общий курс транспорта. Учебное пособие. – СПб.: СПбУГА, 2008. – 67 с.

R e f e r e n c e s

1. Arinin I.N., Kononov S.I., Bazhenov Y.V. Technical operation of vehicles. – Ed. 2nd. – Rostov N/D: Phoenix, 2007. – 314 p.
2. Zaitsev E.N., Bogdanov E.V. and other. General course of transport. Textbook. – St. Petersburg.: SPbUGA, 2008. – 67 p.

Тараричкін І.А., Нечаєв Г.І., Слободянюк М.Е. Особливості функціонування автодорожньої транспортної мережі за наявності альтернативних варіантів доставки вантажів

Розглянуто особливості функціонування автодорожньої транспортної мережі за наявності альтернативних варіантів доставки вантажів споживачеві. Установлено закономірності зміни стану системи в довгостроковій перспективі і показана необхідність періодичного відновлення стану дорожнього покриття для зниження експлуатаційних затрат в масштабі всієї транспортної системи.

Ключові слова: транспортна мережа, маршрут, вантажі, дорожнє покриття, інформація, ймовірність.

Tararychkin I., Nechaev G., Slobodyanyuk M. Characteristics of road transport network in the presence of alternatives freight

The features of the functioning of the road transport network in the presence of alternative options for delivery of goods to the consumer. Mounted patterns of change in state of the system in the long term, and shows the need for periodic restore the state of road to cover to reduce operational in costs across the entire transport system. It is shown that in the initial stage of operation of the most attractive is the shortest route. However, because of the large cargo flow condition of pavement on the route gradually deteriorates and its attractiveness decreases. At the same time increases the probability of use of bypass routes. In the limiting case where the state of the road surface for each of the possible routes is critically low, the appeal of all the options and therefore the likelihood of their use even.

Keywords: transportation network, route, cargo, road surface, information, probably.

Тараричкін І.О. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Нечаєв Г.І. – д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Слободянюк М.Е. – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 10.04.2013

УДК 621.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ АУДИОФАЙЛОВ В ЗАДАЧЕ СЕГМЕНТАЦИИ ЗВУКОВОГО ФАЙЛА

Соловьев В.И., Белозерова Я.А.

USING FRACTAL DIMENSION AUDIO FILES IN THE SEGMENTATION PROBLEM OF SOUND FILES

Solovyov V., Bielozorova Y.

Проанализирована структура звуковых сигналов на различных промежутках времени, которая является значимой как для моделирования звуковых сигналов, так и их автоматического распознавания. В статье предложено использование многомасштабных фрактальных размерностей для оценки возможности сегментирования звуковых файлов. Предложен модифицированный алгоритм вычисления фрактальной размерности. Экспериментально установлено, что этот критерий удовлетворительно позволяет сегментировать звуковой сигнал на паузы и речь.

Ключевые слова: фрактальная размерность Хаусдорфа, временные ряды, сегментация речи, фонемические составляющие, аудиофайл.

Постановка проблемы. Исследование звуковых сигналов является сложным процессом, в основе которого лежит его рациональная структурная декомпозиция. Решение задачи декомпозиции звукового сигнала возможно на основе анализа фрактальной размерности фрагментов аудиофайлов. Однако оценки фрактальной размерности для временных рядов на основе классических подходов расчета фрактальной размерности для аудиофайлов имеют ряд недостатков, которые могут существенно искажать физическую трактовку результатов исследований.

Анализ исследований и публикаций. Ранее выполненные исследования структуры звуковых файлов выявили наличие как фрактальных, так и самоподобных структур в звуковых составляющих речи и пауз. Восс и Кларк [1] были первыми исследователями, которые использовали $1/f^\beta$ аспекты в звуковых файлах и фрагментах речи, используя оценки спектров и анализируя их амплитуду и частоту. При анализе фрактальных и мультифрактальных аспектов различных звуковых файлов была предложена фрактальная размерность, которая существенно помогает выявить любые модификации записи.

Су и Ву [2] применили критерий Херста и спектральный анализ Фурье для речевых файлов, заметив, что такой подход позволяет выполнить декомпозицию сигнала на основе фрактальных свойств по дробному принципу.

Цель. Целью исследования является разработка алгоритма, который будет основан на многомасштабных фрактальных показателях сигнала для сравнения стандартных особенностей и разделения звуковых файлов на паузы и речь.

Результаты исследований. Большинство параметров, извлеченных из звукового сигнала для целей классификации, используются в обработке речи. Многие речевые компоненты содержат некоторое количество пустот (так называемых пауз) на различных временных интервалах. Мандельброт [3-5] предположил, что несколько многомасштабных структур в пустотах могут быть смоделированы при помощи фракталов.

Использование фрактального представления дало возможность использовать изменение фрактальной размерности фрагментов речи как закономерность распределения многомасштабных структур в сигнале. Одним из основных параметров, определяющих характер закономерностей, является фрактальная размерность временного ряда D . Существует значительное количество подходов к решению задачи определения фрактальной размерности D .

В общем, короткий временной интервал фрактальной размерности при малейшей дискретной шкале ($S=1$) может обеспечить некоторую разницу между различными классами звуков. Так, в работе [3] на основании изучения использования фрактальной размерности доказано, что при использовании в процессе распознавания речи дополнительного признака в виде изменения фрактальной размерности уменьшается процент ошибки при распознавании. Таким образом, при анализе звуковых файлов рациональным представляется использование мультифрактальной размерности в качестве эффективно-

го інструмента для аналізу структурних складових звукового сигналу на різних відрізках часу.

Для дослідження аудіофайлів і проведення апроксимації графіків часових рядів амплітуд звукової хвилі визначеними сукупностями (розбиттями типу клітка), звернемося до розмірності Хаусдорфа. Фрактальна розмірність D_x по Хаусдорфу визначається наступним чином

$$S(p) \sim p^{2-D_x} \text{ при } p \rightarrow 0, \quad (1)$$

де $S(p)$ – повна площа комплексу з масштабом розбиття p .

С практичної сторони при спробі обчислення D_x на основі (1) виникає ряд проблем. Це обумовлено тим, що реальні часові ряди завжди будуть мати мінімальний масштаб p_0 і одночасно з цим перехід асимптотического представлення в (1), відбувається досить повільно.

В відмінність від звичайних часових рядів, які розглядаються в більшості завдань обробки сигналів, аудіофайли мають значущі відмінності. Одним з головних відмінностей є те, що амплітуда звукової хвилі добре описується в вигляді суми гармонічних коливань (як з фізичної, так і з математичної точки зору). Цей підхід дозволяє суттєво знизити кількість відліків, які необхідні для проведення подлинного аналізу фрактальної розмірності.

Наступним, немаловажним моментом вважається можливість оцінок в ряду завдань речевих технологій порядку мінімального фрактального масштабу. На основі раніше проведених досліджень відомо, що вся важлива речова інформація міститься в визначеному діапазоні частот, а саме до 4500 Гц, завдяки чому існує можливість виробити якісну оцінку мінімально раціональних фрактальних масштабів речевих фрагментів.

В якості прикладу, розглянемо аудіофайл з частотою дискретизації F_s і розрядністю r біт. Це означає, що F_s знаходиться в діапазоні від 8000 Гц до 44100 Гц, а r – від 8 до 24 біт. Отже, щоб планово покрити графік досліджуваної звукової хвилі, необхідно використовувати деякі мінімальні значення, схожі з розміром прямокутника $a \cdot b$. Де a буде визначатися як мінімально виконане змінення амплітуди звукової хвилі для конкретної розрядності звукового файлу. В якості прикладу, для 8-розрядного звукового файлу $a = 2/256$. В статті розуміється, що всі звукові файли перетворені в wav-формат, а значить, значення амплітуди розглядається в діапазоні від -1 до $+1$ і представлено в вигляді числа з плаваючою комою. Для загального випадку:

$$a = 2/2^r. \quad (2)$$

Мінімальне значення сторони прямокутника для часової осі b_0 буде рівним $1/F_s$. І так як розмірність не суттєва для даного випадку, то візьмемо мінімальний розмір $b_0 = 1$. Використовуємо такий спосіб розрахунку фрактальної розмірності по Хаусдорфу: часові вікна з паузою роз-

биваємо на множину прямокутників з сторонами $a \cdot b$. Визначимо масштаб розбиття p :

$$p = k \cdot b_0, \quad (3)$$

де $k = 1, 2, 3, \dots$ коефіцієнт, який буде приймати цілі значення для визначеної фрактальної розмірності.

В цілому, фрактальна розмірність по Хаусдорфу обчислюється, як:

$$D_x = \lim_{p \rightarrow 0} (\ln(N(p))/\ln(p)), \quad (4)$$

де $\ln(N(p))$ – натуральний логарифм числа кліток при покритті клітками згідно (3), які включають хоча б одне значення амплітуди звукової хвилі;

$\ln(p)$ – натуральний логарифм масштабу розбиття.

Визначаємо фрактальну розмірність D на основі [3, 4]:

$$D = 2 - D_x. \quad (5)$$

В залежності від частоти дискретизації цей часовий інтервал відповідає числу відліків $N = F_s \cdot 2/100$.

Визначимо мінімальний фрактальний масштаб $k \geq 3$. Після численних досліджень різних фрагментів на різних аудіофайлах була оцінена величина фрактальної розмірності, яка показала більшу варіабельність величини D_x при мінімальних значеннях $k \leq 2$. Крім того, при значенні k оцінки фрактальної розмірності будуть слабко змінюватися в межах деяких часових інтервалів по 20 мс.

Для визначеної реалізації часового вікна паузи аудіофайлу будемо змінювати масштаб. Для цього побудуємо графік залежності $\ln(N(p)) = f(\ln(p))$. Наступним кроком, після побудови графіка, виробимо апроксимацію перших 20-ти точок графіка за допомогою лінійної залежності

$$f = c \cdot \ln(p) + c_0,$$

де c, c_0 – це коефіцієнти апроксимації.

В межах даного методу величина D_x рівна

$$D_x = abs(c). \quad (6)$$

Також необхідно відзначити, що при обчисленні фрактальної розмірності на основі методу, описаного вище, з використанням мінімального фрактального масштабу ($k = 1$), значення фрактальної розмірності суттєво відрізняються. Отже, в запропонованій методиці оцінки фрактальної розмірності на основі Хаусдорфа розраховувана її величина не відповідає визначенню розмірності Хаусдорфа. Але після численних досліджень звукових файлів на основі модифікованого підходу була доведена ефективність використання параметра (5) в завданнях речевих технологій.

Запропонований алгоритм обчислення фрактальної розмірності може бути використаний в багатьох галузях аналізу звукових файлів. В якості прикладу розглянемо використання запропонованого методу в завданні сегментації мови. Враховуючи структурну складність завдання, була запропонована наступна методика проведення досліджень (рис. 1).

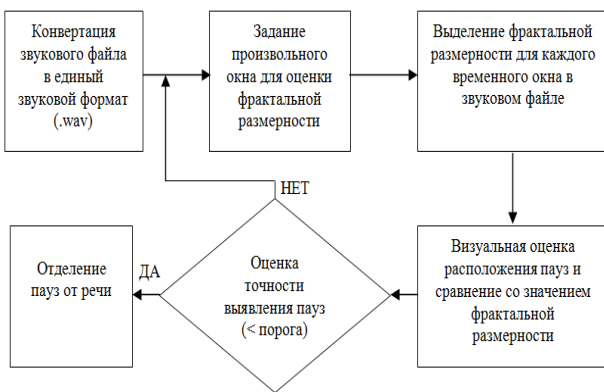


Рис. 1. Методика проведения исследования

В соответствии с предлагаемой методологией для единообразия представления входных данных предварительно они конвертируются во входной формат wav. Учитывая зависимость фрактальной размерности от размеров окна, на следующем этапе задаемся произвольным значением окна для оценки фрактальной размерности. На следующем этапе вычисляем фрактальную размерность для каждого окна в звуковом файле. Далее происходит разделение звукового файла на паузы и фрагменты речи (визуально). Чтобы автоматизировать исследование применялся программный комплекс Фрактал [6]. Субъективность метода разделения пауз и фрагментов речи на данном этапе исследований не должна оказывать существенного влияния на последующие выводы и результаты, ввиду существенного отличия фрактальной размерности пауз и фрагментов речи. В частности, использование подобного подхода само по себе наглядно отображает изменение фрактальной размерности при переходе с речи на паузы, и наоборот (рис. 2).

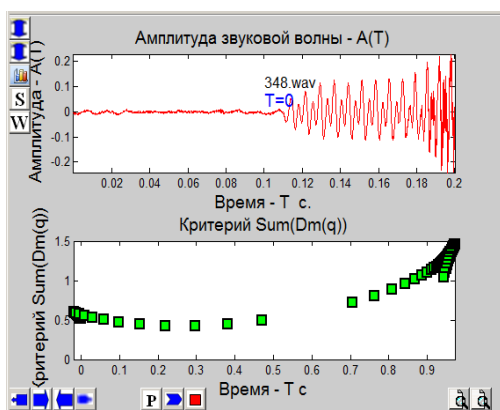


Рис. 2. Изменение фрактальной размерности при переходе с речи на паузы

На рис. 2 величина D – фрактальная размерность для фрагмента аудиофайла для всего временного окна. SDI – среднееквадратическое отклонение фрактальной размерности для временных фрагментов по 20 мс от среднего значения.

На данном этапе исследования выбор оптимального порога окна сканирования при оценке

фрактальной размерности осуществляем на основе достаточной точности идентификации пауз для оператора. При необходимости последовательность операций задания окна фрактальной размерности и вычисления его параметров может быть повторена. Таким образом, путем оценки точности выявления пауз на основании порога осуществляется отделение пауз и речи.

Для оценки фрактальной размерности диапазон размеров окна для определения фрактальной размерности составлял от 20 до 40 мс. После многочисленных исследований и проведенных экспериментов начальная величина 20 мс была выбрана не случайно. Именно до этого определенного количества точек графики носят нелинейный характер. На представленных графиках временное окно для определения фрактальной размерности составляло 20 мс, как показали исследования, это временное окно является оптимальным для сегментации звукового файла на паузы и речь.

Проанализировав 300 различных аудиофайлов, можно заметить значимые отличия фрактальной размерности пауз от фрагментов речи. Фрактальная размерность для пауз в 99% находилась в пределах $1,04 \leq D \leq 1,45$, а фрактальная размерность фрагментов речи не наблюдалась менее $D = 1,55$ (рис. 3) для временного окна размером 20 мс. Уменьшение временного окна позволяет выделить во фрагменте речи отдельные фонемические составляющие (рис. 4), однако использование данного факта требует дополнительного исследования.

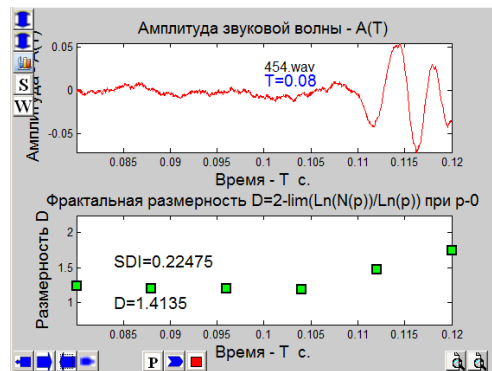


Рис. 3. Типичное распределение фрактальной размерности для фрагмента звукового файла с начальной паузой и начинающейся речью с 0,11 с

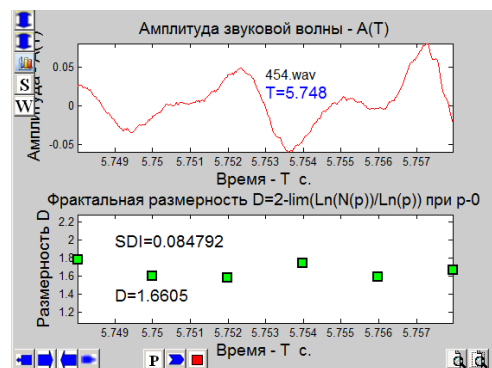


Рис. 4. Изменение фрактальной размерности при переходе между фонемическими составляющими речи

Важним фактором является стабильность фрактальной размерности как фрагментов пауз, так и фрагментов речи на участках порядка 150-200 мс.

Среднеквадратичное отклонение фрактальной размерности на таких участках не превышает в среднем 0,02. Достаточно существенные изменения фрактальной размерности для фрагментов речи происходят на участках аудиофайлов, которые возможно идентифицировать с фонемическими составляющими речи. На фрагментах пауз также возможны существенные изменения величины фрактальной размерности, например, при визуальном существенных изменениях характеристик пауз.

Выводы. 1. В результате проведенного исследования на основании предложенной методики отделения пауз от речи, а также модифицированной оценки фрактальной размерности фрагментов аудиофайлов установлены устойчивые характеристики повышения значения модифицированной фрактальной размерности для фрагментов аудиофайлов, содержащих речь.

2. Предложено использование установленных зависимостей в качестве критерия для сегментации речевых аудиофайлов на паузы и фрагменты речи. Кроме того, выявлено изменение модифицированной фрактальной размерности при переходе между фонемными составляющими фрагментов речи. В качестве дальнейших исследований предложено использование предлагаемого критерия для сегментации фрагментов речи на фонемические составляющие.

Л и т е р а т у р а

1. R.F. Voss and J. Clarke, "1/f noise' in music and speech," Nature, vol. 258, pp. 317-318, November 1975.
2. Z.-Y. Su and T. Wu, "Music walk, fractal geometry in music," Physica A, vol. 380, pp. 418-428, 2007.
3. Mandelbrot B., Statistical Methodology for Non-Periodic Cycles: From the Covariance to R/S Analysis. Annals of Economic Social Measurement 1, 1972.
4. Mandelbrot B., A Multifractal Walk Down Wall Street. Scientific American, 1999.
5. Mandelbrot B.B. Robustness of the rescaled range R/S in the measurement of non-cycling long-run statistical dependence // Water Resources Research. 1969. № 5. P. 967-988.
6. Рыбальский О.В., Соловьев В.И., Командина Т.В., Татарникова Т.А. Система идентификации аппаратуры записи сигналов и проверки оригинальности и подлинности сигналограмм // Інформаційна безпека. – 2011. – № 2 (6). – С. 7-14.

References

1. R.F. Voss and J. Clarke, "1/f noise' in music and speech," Nature, vol. 258, pp. 317-318, November 1975.
2. Z.-Y. Su and T. Wu, "Music walk, fractal geometry in music," Physica A, vol. 380, pp. 418-428, 2007.

3. Mandelbrot B., Statistical Methodology for Non-Periodic Cycles: From the Covariance to R/S Analysis. Annals of Economic Social Measurement 1, 1972.
4. Mandelbrot B., A Multifractal Walk Down Wall Street. Scientific American, 1999.
5. Mandelbrot B.B. Robustness of the rescaled range R/S in the measurement of non-cycling long-run statistical dependence // Water Resources Research. 1969. № 5. P. 967-988.
6. Ribalski O.V., Solovyov V.I., Komandina T.V., Tatarnikova T.O. Sistema identifikacii aparatury zapisci signalov i proverki originalnosti i podlinnosti signalogram // Informacijna bezpeka. – 2011. – № 2 (6). – P. 7-14.

Соловйов В.І., Белозорова Я.А. Використання фрактальної розмірності аудіофайлів у задачі сегментації звукового файлу

Проаналізовано структуру звукових сигналів на різних проміжках часу, яка є значимою як для моделювання звукових сигналів, так і їх автоматичного розпізнавання. У статті запропоновано використання багатомасштабних фрактальних розмірностей для оцінки можливості сегментування звукових файлів. Запропоновано модифікований алгоритм обчислення фрактальної розмірності. Експериментально встановлено, що цей критерій задовільно дозволяє сегментувати звуковий сигнал на паузи і мову.

Ключові слова: фрактальна розмірність Хаусдорфа, часові ряди, сегментація мови, фонемічні складові, аудіофайл.

Solovyov V., Bielozorova Y. Using fractal dimension audio files in the segmentation problem of sound files

The structure of sound signals at different periods of time, which is important for modeling audio signals, and their automatic recognition was analyzed. The article proposed the using of multi-scale fractal dimension to evaluate the possibility of segmenting the audio files. Using a fractal representation made it possible to use a variation of the fractal dimension of utterances as the distribution pattern of multi-scale structures in the signal. One of the main parameters are determined by the laws of nature, is the fractal dimension of the time series. There are a significant number of approaches to solving the problem of determining the fractal dimension. A modified algorithm for calculating the fractal dimension was proposed. It was established experimentally that this criterion allows satisfactory segment audio signal to pause and speech.

Keywords: fractal Hausdorff dimension, time series, speech segmentation, phonemic of the constituent, the audio file.

Соловйов В.І. – к.т.н., зав. каф. "Комп'ютерні системи та мережі", ЧНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: mettilyd@mail.ru.

Белозорова Я.А. – аспірант кафедри "Комп'ютерні системи та мережі", ЧНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: bryukhanova.ya@gmail.com.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 12.04.2013

УДК 534

ВЛИЯНИЕ ИНФРАЗВУКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**Михайлов Д.В., Гуляев В.П., Арнаут И.Н.****INFLUENCE OF THE INFRASOUND ON THE HUMAN BODY****Mikhailov D., Gulyaev V., Arnaut I.**

Рассмотрены вопросы влияния инфразвука на организм человека. Кратко показана история обнаружения специфических свойств инфразвука. Раскрыт механизм восприятия инфразвука и его физиологического действия на человека. Инфразвук высокой интенсивности, влекущий за собой резонанс из-за совпадения частот колебаний внутренних органов и инфразвука, приводит к нарушению работы практически всех внутренних органов, возможен смертельный исход из-за остановки сердца или разрыва кровеносных сосудов. Описаны известные попытки создания инфразвукового оружия. Определены основные способы защиты человека от негативного воздействия инфразвука.

Ключевые слова: инфразвук, резонанс, интенсивность колебаний, генератор инфразвука, здоровье человека.

Постановка проблемы. Инфразвук (от лат. *infra* – ниже, под) – упругие волны, аналогичные звуковым, но имеющие частоту ниже воспринимаемой человеческим ухом. За верхнюю границу частотного диапазона инфразвука обычно принимают 16-25 Гц. Природа возникновения инфразвуковых колебаний такая же, как и у слышимого звука, поэтому инфразвук подчиняется тем же закономерностям, и для его описания используется такой же математический аппарат, как и для обычного слышимого звука (кроме понятий, связанных с уровнем звука). Инфразвук слабо поглощается средой, поэтому может распространяться на значительные расстояния от источника, проникать сквозь бетонные и металлические преграды. Из-за очень высокой длины волны ярко выражена дифракция.

Анализ последних исследований и публикаций. Естественный инфразвук возникает повсюду – и в море, и на суше [1]. Чаще всего исходной причиной его формирования является ветер. В морских условиях генерация происходит вследствие взаимодействия ветра с взволнованной морской поверхностью. Сущность этого взаимодействия – срыв вихрей в загребневой зоне волн. Такой эффект широко известен в физике – за любым препятствием в потоке воздуха или воды может возникать цепочка вихрей, которые уносятся с потоком [2]. Инфразвуковой «голос моря» (так его называли сразу после обна-

ружения) впервые экспериментально был выявлен В.В. Шулейкиным в 30-е гг. прошлого века [3]. Физическая интерпретация эффекта была предложена Н.А. Андреевым. Со времени этих публикаций практически ничего нового в научной литературе не появилось, кроме сообщений компилятивного характера в отдельных обзорных работах.

Механизм восприятия инфразвука и его физиологического действия на человека пока полностью не установлен, оно связано с возбуждением резонансных колебаний в организме. По данным исследований, проводившихся в некоторых странах, инфразвуковые колебания могут воздействовать на центральную нервную систему и пищеварительные органы, вызывая паралич, рвоту и спазмы, приводить к общему недомоганию и болевым ощущениям во внутренних органах, а при более высоких уровнях на частотах в единицы герц – к головокружению, тошноте, потере сознания, а иногда к слепоте и даже смерти [4].

В то же время Юрген Альтман (Jurgen Altmann), исследователь из Германии, на совместной конференции Европейской и Американской акустических ассоциаций (март 1999 г.) заявил, что инфразвуковое оружие не вызывает приписываемых ему эффектов. Таким образом, в отличие от ультразвука инфразвук мало изучен и в свойствах, приписываемых ему, на сегодняшний день трудно отличить мифы от реальности.

Цель. Целью статьи является исследование и обобщение имеющихся данных о природе инфразвука, механизмах его воздействия на человека, его источниках и способах защиты.

Результаты исследования. Инфразвуковые колебания в атмосфере Земли являются результатом действия многочисленных причин: гравитационных воздействий Луны и Солнца, падений метеоритов, электромагнитных излучений и корпускулярных потоков от Солнца, а также геосферных процессов. Взаимодействие электромагнитного излучения с оптическими неоднородностями атмосферы может приводить к генерации акустических колебаний в широком диапазоне частот.

Инфразвуковые колебания в воздухе порождают и грозы, и сильные ветры, и солнечные вспышки. Даже сравнительно небольшой шторм порождает инфразвуки мощностью в 90 кВт. Они распространяются на сотни и тысячи километров вокруг. Улетая вдаль, неслышимые звуки как бы предупреждают всех о надвигающейся буре. И такое предупреждение хорошо улавливают многие обитатели моря.

Сопутствуют инфразвуки выстрелам, взрывам, обвалам, землетрясениям. Повседневно в промышленности инфразвуки излучаются заводскими вентиляторами и воздушными компрессорами, дизелями, всеми медленно работающими машинами; постоянный источник таких звуков – городской транспорт. Кроме того, инфразвук излучают ветряные электростанции.

Опасное воздействие инфразвука на людей было замечено давно. Известный американский физик-экспериментатор Роберт Вуд (Robert Wood) (1868-1955) прославился не только тем, что заложил основы ультрафиолетовой и инфракрасной фотографии, но и тем, что был практически первым человеком, создавшим мощный генератор инфразвука. В 30-х годах в лондонском театре он предложил постановщику спектакля использовать очень низкие, рокоучие звуки: они создадут в зрительном зале, полагал ученый, обстановку ожидания чего-то необычного, пугающего. Для получения «тревожного» звука Вуд сконструировал специальную трубу, которая была присоединена к органу. Труба не издавала слышимых звуков, но, когда органист нажимал на клавишу, в театре происходило необъяснимое: дребезжали оконные стекла, звенели хрустальные подвески канделябров. Эффект превзошел все ожидания – во время спектакля зрители в панике бросились к выходу из зала.

В конце 60-х гг. XX века французский исследователь Гавро (Gavro) также обнаружил, что инфразвуки определенных частот могут вызывать у человека тревожность и беспокойство, головную боль, снижать внимание и работоспособность, нарушать функцию вестибулярного аппарата, вызывать кровотечение из носа и ушей. Воздействие инфразвука на организм человека было открыто профессором Гавро случайно. В одном из помещений лаборатории, где работали его сотрудники, с некоторых пор стало невозможно находиться. Достаточно было пробыть здесь два часа, чтобы почувствовать себя совсем больным: кружилась голова, наваливалась усталость, мысли путались, а то и вовсе не хотелось думать о чём-либо. Прошёл не один день, прежде чем исследователи нашли причину. Ею оказались инфразвуки большой мощности, создаваемые вентиляционной системой нового завода, построенного близ лаборатории. Частота этих волн равнялась 7 Гц.

По мнению профессора Гавро, биологическое действие инфразвука проявляется тогда, когда частота волны совпадает с так называемым альфаритмом головного мозга. Работы этого исследователя и его сотрудников раскрыли многие особенности инфразвуков. Надо сказать, что все исследования с такими звуками далеко не безопасны. Профессор

Гавро вспоминает, как пришлось срочно прекратить опыты с одним из генераторов инфразвука. Участникам эксперимента стало настолько плохо, что даже спустя несколько часов обычный низкий звук воспринимался ими болезненно. Описан случай, когда у всех, кто находился в лаборатории, задрожали предметы, находившиеся в карманах: ручки, записные книжки, ключи. Так показал свою силу инфразвук с частотой 16 герц.

Нечто подобное наблюдалось в естественных условиях пещер. Явлением инфразвука можно объяснить и эффект «горы мертвецов», связанный с непонятными смертями туристов на горе Холат-Сяхыл на Северном Урале. Её высота 1079 м. На склоне этой горы в разное время погибло несколько группы туристов при очень странных обстоятельствах.

Гибель первой группы произошла 1-2 февраля 1959 г. Они не успели подняться на вершину засветло и решили остановиться на ночёвку на склоне. В.А. Чернобров в [5] описывает: «...Позже следователи начали восстанавливать картину происшедшего. В паническом ужасе, разрезав палатку ножами, туристы бросились бежать по склону. Кто в чём был – босиком, в одном валенке, полураздетые. Цепочка следов шла странным зигзагом, сходилась и снова расходилась, словно люди хотели разбежаться. Но какая-то сила сгоняла их вместе. К палатке никто не подходил, не было никаких следов борьбы или присутствия других людей. Никаких признаков какой-то природной катастрофы: урагана, смерча, лавины. На границе леса следы исчезли...». Материалы следствия по уголовному делу весьма объёмные. Следствие было очень тщательным. В частности, было установлено, что часть людей погибла на границе леса, какая-то часть уцелевших пыталась впоследствии возвратиться обратно к палатке, но не смогла. Все трупы были найдены и идентифицированы. В феврале 1961 г. в районе «горы мертвецов» произошла аналогичная странная гибель ещё одной большой группы туристов. Тот же иррациональный страх, разрезанная изнутри палатка, разбегающиеся в стороны люди.

В этом контексте уместно упомянуть и инфразвуковую гипотезу разгадки тайны Бермудского треугольника, согласно которой волны генерируют инфразвук, вызывающий безумие экипажа, что приводит к гибели неуправляемого судна, а также неоднократное обнаружение неуправляемых судов, яхт, оставленных людьми, несмотря на запас горючего, воды, продовольствия и отсутствия повреждений корпуса и двигателя. Легенды о существовании некоторых специфических районов Мирового океана, «гибельных» для человека, появились благодаря популярным статьям в различных изданиях. Кроме «Бермудского треугольника» существует «Море Дьявола» юго-восточнее Японии и ещё ряд зон.

Первые известные попытки создать инфразвуковое оружие предприняли немцы во время Второй мировой войны. Согласно полученной информации из захваченных в 1945 г. архивов немецкие ученые занимались несколькими направлениями в этой об-

ласти и достигли определенных успехов.

Так, в 1940 г. они задумали подбросить англичанам множество специальных копий грампластинок с записями популярных исполнителей, но с добавлением инфразвука. План состоял в том, чтобы вызвать у слушателей смутное, чувство страха и прочие психические расстройства. Однако цель не была достигнута, поскольку проигрыватели не могли воспроизводить эти частоты.

Более успешными были опыты нацистских учёных по воздействию инфразвука на предметы. Австрийский исследователь доктор Циппермейер (Zippermeyer) создал «Ураганное орудие» (Whirlwind Cannon). Оно должно было производить вихри за счёт взрывов в камере сгорания и направления ударных волн через специальные наконечники. Вихри эти должны были сбивать самолёты. Эксперименты с маленьким прототипом звукового орудия, по некоторым данным, разрушали доски на расстоянии до 150-200 метров. Но полномасштабный образец оказался несостоятельным, так как тот же эффект невозможно было воспроизвести на большом удалении от пушки.

Эту установку обнаружили союзники в Хиллерслебене (Hillersleben) в апреле 1945 г., сохранились её фотографии. Возможно, что неудавшийся проект немцев подтолкнул американцев к собственным исследованиям в этой области, однако основное их внимание было обращено на изучение результатов исследований немецких ученых в области ракетостроения, создания атомной бомбы и альтернативных летающих средств.

С приходом космической эры в начале 1960-х NASA провело много опытов воздействия мощного инфразвука на человека с целью изучения влияния на астронавтов низкочастотных колебаний двигателей ракеты. Было установлено, что низкие звуковые частоты (0-100 Гц), при силе звука до 155 дБ, производят колебания стенки грудной клетки, сбивающие дыхание, вызывают головную боль и кашель, искажение визуального восприятия.

Последующие исследования показали, что частота 19 Гц – резонансная для глазных яблок, и именно она способна не только вызывать расстройство зрения, но и видения, фантомы. При воздействии инфразвука могут отличаться друг от друга картины, создаваемые левым и правым глазом, начинает «ломаться» горизонт, возникают проблемы с ориентацией в пространстве.

Так инженер Вик Тэнди (Vic Tandy) из Ковентри продемонстрировал коллегам «серый призрак» в своей лаборатории – это эффект воздействия звукового излучателя, настроенного на 18,9 Гц. После этого была выдвинута теория, что причиной наблюдения фантомов в старых замках может быть инфразвук, который генерируется коридорами и окнами, если скорости сквозняков в них и геометрические параметры помещений совпадают нужным образом.

Инфразвук высокой интенсивности, влекущий за собой резонанс из-за совпадения частот колебаний внутренних органов и инфразвука, приводит к

нарушению работы практически всех внутренних органов, возможен смертельный исход из-за остановки сердца или разрыва кровеносных сосудов.

Биологи, изучавшие на себе, как действует на психику инфразвук большой интенсивности, установили, что иногда при этом рождается чувство беспричинного страха. Другие частоты инфразвуковых колебаний вызывают состояние усталости, чувство тоски или морскую болезнь с головокружением и рвотой. Так в опытах французских акустиков и физиологов 42 молодых человека в течение 50 минут подверглись воздействию инфразвука с частотой 7,5 Гц и уровнем 130 дБ. У всех испытуемых возникло заметное увеличение нижнего предела артериального давления, фиксировались изменения ритма сердечных сокращений и дыхания, ослабление функций зрения и слуха, повышенная утомляемость и другие нарушения.

Периодически в СМИ появляются сообщения о создании звукового оружия, но речь пока идёт либо об ультразвуке, либо о слышимых частотах. Для инфразвука такая задача будет куда как сложнее.

Инфразвуковое оружие может также вызывать у людей паническое состояние, потерю контроля над собой и непреодолимое желание укрыться от источника поражения. Определённые частоты могут воздействовать на среднее ухо, вызывая вибрации, которые в свою очередь становятся причиной ощущений сродни тем, какие бывают при укачивании, морской болезни. Дальность его действия определяется излучаемой мощностью, значением несущей частоты, шириной диаграммы направленности и условиями распространения акустических колебаний в реальной среде. По сообщениям печати, в США завершается работа по созданию инфразвукового оружия. Преобразование электрической энергии в звуковую низкой частоты происходит при помощи пьезоэлектрических кристаллов, форма которых изменяется под воздействием электрического тока. Опытные образцы инфразвукового оружия уже применялись в Югославии. Так называемая «акустическая бомба» производила звуковые колебания очень низкой частоты.

7 ноября 2007 г. ряд СМИ представили мировому сообществу видеокadres использования современных нелетальных средств поражения для разгона митинга оппозиции в Грузии. Специалисты сошлись на мнении, что грузинская полиция использовала акустическое оружие. Установка представляла собой плоскую шестигранную антенну-излучатель, установленную на задней площадке полицейского джипа и направленную на толпу. Учитывая тесное сотрудничество властей Грузии с США можно предположить, что это установка была доставлена из США для исследования её технических возможностей в «боевых» условиях.

В технике борьбу с инфразвуком в источнике возникновения необходимо вести в направлении изменения режима работы технологического оборудования – увеличения его быстроходности (например, увеличение числа рабочих ходов кузнечно-прессовых машин, чтобы основная частота следова-

ния силовых импульсов лежала за пределами инфразвукового диапазона). При выборе конструкций предпочтение должно отдаваться малогабаритным машинам большой жесткости, так как в конструкциях с плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости создаются условия для генерации инфразвука.

Для уменьшения амплитуды инфразвуковых колебаний целесообразно использовать глушители шума, что является наиболее простым способом уменьшения уровня инфразвуковых составляющих шума всасывания и выхлопа стационарных дизельных и компрессорных установок, ДВС и турбин.

Метод звукопоглощения может быть реализован применительно к инфразвуковым колебаниям путем использования резонирующих панелей типа конструкций Бекеша. Они представляют собой прямоугольные рамы, на которые крепится тонкостенная мембрана. Последняя может быть выполнена из металла, дерева либо воздухонепроницаемой пленки (например, холста, покрытого лаком или подобным ему материалом). При монтаже указанной конструкции в помещении с источниками инфразвука энергия последних поглощается, так как туго натянутый холст играет роль мембраны с большим затуханием. Конструкция может быть настроена на определенную частоту в спектре инфразвука.

Следует принимать особые меры защиты против появления звуковых колебаний со следующими частотами: 20-30 Гц (резонанс головы); 40-100 Гц (резонанс глаз); 0,5-13 Гц (резонанс вестибулярного аппарата); 4-6 Гц (резонанс сердца); 2-3 Гц (резонанс желудка); 2-4 Гц (резонанс кишечника); 6-8 Гц (резонанс почек); 2-5 Гц (резонанс рук).

Выводы. Чтобы оказать заметное влияние на человека, инфразвуковая установка в отличие от ультразвуковой должна иметь огромные размеры, это может быть, например, воздуховод вентиляционной системы завода или природные объекты (пещеры). Маловероятно создание установки в виде небольшого излучателя-антенны, что обуславливается физической природой инфразвука.

Л и т е р а т у р а

1. Сокол Г.И. Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот / Г.И. Сокол. – Днепропетровск: Проминь, 2000. – 143 с.
2. Fraiman B. Mechanism of the infrasound effect in transport means. «Transport Noise – 94». St-Petersburg, Russia, 1994, pp 29-32.
3. Шулейкин В.В. Физика моря / В.В. Шулейкин. – М.: Наука, 1968. – 1090 с.
4. Жуков А.И. Определение аномально активной зоны вредного действия инфразвуковых шумов в жилых и административных помещениях / А.И. Жуков, А.Н. Иванников, А.С. Ларюков, Б.Н. Нюнин, В.И. Павлов, Б.Я. Фрайман // Проблемы акустической экологии. – Ленинград: Стройиздат, 1990. – С. 13-21.
5. Чернобров В.А. Энциклопедия загадочных мест России / В.А. Чернобров. – М.: Вече, 2007. – 512 с.

R e f e r e n c e s

1. Sokol G.I. Osobennosti akusticheskikh processov v infrazvukovom diapazone chastot / G.I. Sokol. – Dnepropetrovsk: Promin', 2000. – 143 p.
2. Fraiman B. Mechanism of the infrasound effect in transport means. «Transport Noise – 94». St-Petersburg, Russia, 1994, pp. 29-32.
3. Shulejkin V.V. Fizika morja / V.V. Shulejkin. – M.: Nauka, 1968. – 1090 p.
4. Zhukov A.I. Opredelenie anomal'no aktivnoj zony vrednogo dejstviya infrazvukovykh шумов v zhilyh i administrativnykh pomeshhenijah / A.I. Zhukov, A.N. Ivannikov, A.S. Larjukov, B.N. Njunin, V.I. Pavlov, B.Ja. Frajman // Problemy akusticheskoy jekologii. – Leningrad: Strojizdat, 1990. – P. 13-21.
5. Chernobrov V.A. Jenciklopedija zagadochnyh mest Rossii / V.A. Chernobrov. – M.: Veche, 2007. – 512 p.

Михайлов Д.В., Гуляев В.П., Арнаут І.М. Вплив инфразвуку на організм людини

Розглянуто питання впливу инфразвуку на організм людини. Коротко показано історію виявлення специфічних властивостей инфразвуку. Розкрито механізм сприйняття инфразвуку і його фізіологічної дії на людину. Инфразвук високої інтенсивності, що спричиняє резонанс через збіг частот коливань внутрішніх органів і инфразвуку, призводить до порушення роботи практично всіх внутрішніх органів, можлива смерть через зупинку серця або розрив кровоносних судин. Описано відомі спроби створення инфразвукової зброї. Визначено основні способи захисту людини від негативної дії инфразвуку.

Ключові слова: инфразвук, резонанс, інтенсивність коливань, генератор инфразвуку, здоров'я людини.

Mikhailov D., Gulyaev V., Arnaut I. Influence of the infrasound on the human body

Questions of influence of the infrasound on a human body are considered. The history of detection of specific properties of an infrasound is short shown. The mechanism of perception of an infrasound and its physiological action on the person is opened. The infrasound of high intensity involving a resonance, because of coincidence of frequencies of fluctuations of internal bodies and an infrasound, leads to job infringement practically all internal bodies, the deadly outcome because of cardiac arrest or rupture of blood vessels is possible. Known attempts of creation of the infrasonic weapon are described. To make appreciable impact on the person, infrasonic installation unlike the ultrasonic should have the huge sizes, it can be for example an air line of ventilating system of factory or natural objects (caves). Creation of installation in the form of a small radiator-aerial that is caused by the physical nature of an infrasound is improbable. The basic ways of protection of the person from negative influence of an infrasound are defined.

Keywords: infrasound, resonance, intensity of fluctuations, the infrasound generator, health of the person.

Михайлов Д.В. – к.т.н., доцент кафедри охорони праці та БЖД, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Гуляев В.П. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Арнаут І.М. – старший викладач кафедри охорони праці та БЖД, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Нечаев Г.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 625.032

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ ПРИ ДВУХТОЧЕЧНОМ КОНТАКТИРОВАНИИ С РЕЛЬСОМ КОЛЕСА РЕЛЬСОВОГО ЭКИПАЖА

Михайлов Е.В., Солодовник М.Д., Семенов С.А.

POSSIBILITIES OF DECLINE OF KINEMATICS SLIPPING AT BICONTACT WITH RAIL OF WHEEL OF RAILWAY VEHICLE

Mikhaylov E., Solodovnik M., Semenov S.

Рассмотрены в сравнении с традиционной конструктивной схемой колеса особенности кинематики качения по рельсу колеса перспективной конструктивной схемы, позволяющей гребню поворачиваться относительно колеса вокруг их общей оси. Показана возможность существенного снижения проскальзываний гребня колеса по рельсу и, соответственно, мощности сил трения в гребневом контакте такого колеса с рельсом по сравнению с традиционным.

Ключевые слова: колесо, гребень, рельс, независимое вращение, проскальзывание, износ, потери энергии, мощность трения, сопротивление движению.

Постановка проблемы. Кинематическое проскальзывание в точке контакта гребня колеса с боковой гранью головки рельса при двухточечном контактировании определяется различными расстояниями от центров основного и гребневого контактов до оси колесной пары. Повышенный износ контактирующих поверхностей колес и рельсов, а также дополнительное сопротивление движению подвижного состава представляют серьезную техническую и экономическую проблему для рельсового транспорта [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Лубрикация зоны контакта колеса с рельсом, улучшение динамических качеств рельсовых экипажей, оптимальный выбор соотношения твердости колеса и рельса, а также подбор конформных их профилей позволяют лишь частично решить указанную проблему [2, 3].

Одним из путей решения указанной проблемы может быть совершенствование конструкции колес рельсовых экипажей. Без изменения традиционной конструкции колеса (с монолитным изготовлением поверхности катания и гребня) избежать отмеченного кинематического проскальзывания, вызывающего износ колес и рельсов, не представляется возможным. Поэтому целесообразно рассмотреть возмож-

ности принципиального изменения конструктивной схемы, позволяющего гребню поворачиваться относительно колеса вокруг их общей оси [4].

Целью работы является выявление потенциальных преимуществ конструктивной схемы колеса с подвижным гребнем.

Результаты исследований. Сравним скорости проскальзывания и силы трения в гребневом контакте при движении по рельсовому пути для традиционной и предлагаемой конструктивных схем колес.

Будем рассматривать движение колес относительно двух традиционных систем декартовых координат: 1) неподвижной, связанной с рельсовым путем – XYZ, и 2) подвижной, связанной с катящимся колесом, – хуz.

1. Определим направление и модуль вектора скорости проскальзывания гребня колеса по головке рельса V_1^B в гребневом контакте для общего случая движения колеса традиционной конструкции по рельсу со скоростью V_K при двухточечном контактировании с углом набегания колеса на рельс ψ без проскальзывания в центре основного контакта колеса с рельсом. Расчетные схемы представлены на рис. 1, 2.

Принимаем, что гребень колеса контактирует с боковой гранью головки рельса в точке B_1 , расположенной ниже уровня основного контакта (точка A_1), на величину h_r ($h_r = 8 \dots 10$ мм) и впереди него по ходу движения (т.н. «забег») на расстоянии x_r . Забег гребня может быть определен из выражения:

$$x_r \approx (r_1^A + h_r) \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (1)$$

где β – угол наклона к горизонтали образующей конической части гребня колеса.

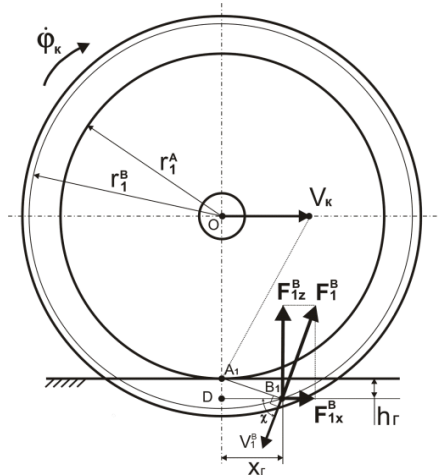


Рис. 1. Расчетная схема

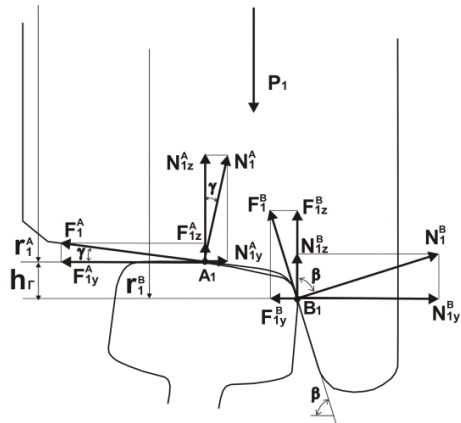


Рис. 2. Расчетная схема

Угловая скорость $\dot{\phi}_k$ вращения колеса относительно оси колесной пары $o-y$ составит:

$$\dot{\phi}_k = \frac{V_K}{r_1^A}. \tag{2}$$

Мгновенный центр вращения колеса при этом будет находиться в т. A_1 .

Угол χ между вектором скорости проскальзывания V_1^B в гребневом контакте и горизонталью может быть определен из соотношения (см. рис. 1):

$$\chi = \arctg\left(\frac{x_r}{h_r}\right) = \arctg\left(\frac{(r_1^A + h_r) \cdot \operatorname{tg}\psi \cdot \operatorname{tg}\beta}{h_r}\right). \tag{3}$$

В этом случае величина угла χ однозначно определяется отношением x_r/h_r , зависящим от геометрических характеристик контактирования колеса и рельса и параметров их профилей.

Модуль вектора скорости проскальзывания в гребневом контакте:

$$V_1^B = \dot{\phi}_k \cdot |A_1B_1|,$$

где $|A_1B_1| = \sqrt{h_r^2 + x_r^2} = \sqrt{h_r^2 + ((r_1^A + h_r) \cdot \operatorname{tg}\psi \cdot \operatorname{tg}\beta)^2}$.

$$V_1^B = \frac{V_K}{r_1^A} \cdot \sqrt{h_r^2 + ((r_1^A + h_r) \cdot \operatorname{tg}\psi \cdot \operatorname{tg}\beta)^2}. \tag{4}$$

Модуль вектора V_1^B однозначно определяется геометрией контактирования колеса и рельса и угловой скоростью вращения колеса (или линейной скоростью движения колеса – в случае отсутствия проскальзывания в основном контакте).

Вектор силы трения $F_1^B = \mu \cdot N_1^B$ в гребневом контакте B_1 будет направлен в сторону, противоположную направлению вектора скорости проскальзывания V_1^B .

Из рис. 1, 2 видно, что соответствующие проекции вектора силы трения F_1^B на оси $O-X$ и $O-Z$ неподвижной системы координат определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} F_{1X}^B &= F_1^B \cdot \cos \chi \cdot \sin \beta, \\ F_{1Y}^B &= F_1^B \cdot \sin \chi \cdot \cos \beta, \\ F_{1Z}^B &= F_1^B \cdot \sin \chi \cdot \sin \beta. \end{aligned} \tag{5}$$

2. Рассмотрим, как изменится картина взаимодействия колеса и рельса в гребневом контакте при осуществлении возможности независимого вращения гребня относительно колеса вокруг их общей оси $o-y$. Для этого также определим направление и модуль вектора скорости скольжения гребня колеса по рельсу V_1^B и силы трения F_1^B в гребневом контакте при тех же условиях движения, что и в предыдущем случае.

Расчетная схема для этого случая представлена на рис. 3. Расположение центра контакта гребня с боковой гранью головки рельса в точке B_1 (величины h_r и x_r) находим так же, как и в первом случае.

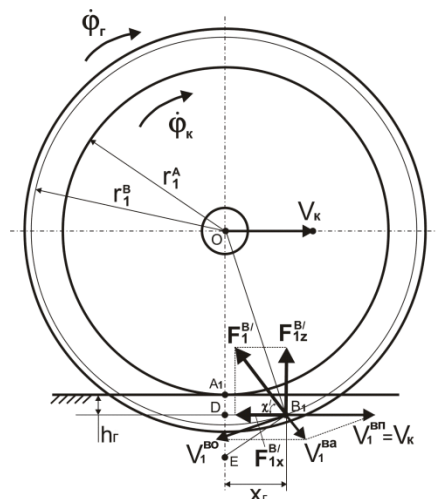


Рис. 3. Расчетная схема

При определении направления вектора скорости V_1^B необходимо учесть, что подвижный гребень колеса участвует в сложном движении вместе с колесом. Переносная скорость в точке гребневого контакта B_1 будет $V_1^{B\Pi} = V_K$. В то же время точка B_1

центра гребневого контакта находится в относительном движении со скоростью V_1^{BO} относительно общей оси o -у колеса и подвижного гребня, проходящей через точку O по нормали к плоскости схемы, показанной на рис. 3.

Найдем абсолютную скорость $\overrightarrow{V_1^{BA}}$ движения точки гребня B_1 в неподвижной системе координат (эта скорость соответствует скорости проскальзывания подвижного гребня по неподвижному рельсу):

$$\overrightarrow{V_1^{BA}} = \overrightarrow{V_1^{BII}} + \overrightarrow{V_1^{BO}}. \quad (6)$$

Из условия того, что условный центр подвижного гребня движется со скоростью V_K вместе с геометрическим центром колеса, найдем положение мгновенного центра поворота E подвижного гребня на пересечении нормалей к векторам скоростей $\overrightarrow{V_K}$ и $\overrightarrow{V_1^{BA}}$, проведенных в точках их приложения.

Угол χ' между вектором абсолютной скорости проскальзывания в гребневом контакте $\overrightarrow{V_1^{BA}}$ и горизонталью может быть определен из выражения

$$\chi' = \arcsin\left(\frac{x_\Gamma}{|EB_1|}\right),$$

где $|EB_1| = \sqrt{|ED|^2 + x_\Gamma^2}$.

В общем случае с учетом того, что

$$|ED| = \frac{V_K}{\dot{\phi}_\Gamma} - r_1^A - h_\Gamma \text{ и } V_K = \dot{\phi}_k \cdot r_1^A,$$

$$\chi' = \arcsin\left(\frac{x_\Gamma}{\sqrt{\left(\left(\frac{\dot{\phi}_k}{\dot{\phi}_\Gamma} - 1\right) \cdot r_1^A - h_\Gamma\right)^2 + x_\Gamma^2}}\right).$$

Обозначим $\frac{\dot{\phi}_k}{\dot{\phi}_\Gamma} = K_w$, тогда:

$$\chi' = \arcsin\left(\frac{(r_1^A + h_\Gamma) \cdot \text{tg}\psi \cdot \text{tg}\beta}{\sqrt{\left((K_w - 1) \cdot r_1^A - h_\Gamma\right)^2 + \left((r_1^A + h_\Gamma) \cdot \text{tg}\psi \cdot \text{tg}\beta\right)^2}}\right). \quad (7)$$

Модуль скорости V_1^{BA} определится при рассмотрении расчетной схемы на рис. 3 из следующих соображений:

– с одной стороны, $\dot{\phi}_\Gamma = \frac{V_1^{BA}}{|EB_1|}$,

где $|EB_1| = \sqrt{|ED|^2 + x_\Gamma^2}$;

– с другой стороны, $\dot{\phi}_\Gamma = \frac{V_K}{|EO|}$,

где $|EO| = r_1^A + h_\Gamma + |ED|$.

Тогда $\frac{V_{BII}^A}{|EB_1|} = \frac{V_K}{|EO|}$.

После несложных преобразований получим:

$$V_1^{BA} = V_K \cdot \frac{\sqrt{|ED|^2 + x_\Gamma^2}}{r_1^A + h_\Gamma + |ED|}. \quad (8)$$

С учетом того, что $|ED| = \left(\frac{\dot{\phi}_k}{\dot{\phi}_\Gamma} - 1\right) \cdot r_1^A - h_\Gamma$ и

$$x_\Gamma = (r_1^A + h_\Gamma) \cdot \text{tg}\psi \cdot \text{tg}\beta,$$

$$\begin{aligned} V_1^{BA} &= V_K \cdot \frac{\sqrt{\left((K_w - 1) \cdot r_1^A - h_\Gamma\right)^2 + x_\Gamma^2}}{K_w \cdot r_1^A} = \\ &= \dot{\phi}_k \cdot \frac{\sqrt{\left((K_w - 1) \cdot r_1^A - h_\Gamma\right)^2 + x_\Gamma^2}}{K_w}. \end{aligned} \quad (9)$$

Очевидно, что в случае наличия конструктивной возможности поворота гребня относительно колеса величина угла наклона к горизонтали вектора проскальзывания гребня по рельсу будет зависеть от отношения угловых скоростей вращения колеса и гребня (или от величины угловой скорости гребня при постоянной угловой скорости вращения колеса).

Задаваясь значениями $\dot{\phi}_\Gamma$ при фиксированном значении $\dot{\phi}_k$, можно получить соответствующие значения величины угла χ' (см. рис. 4) и модуля вектора V_1^{BA} (см. рис. 5).

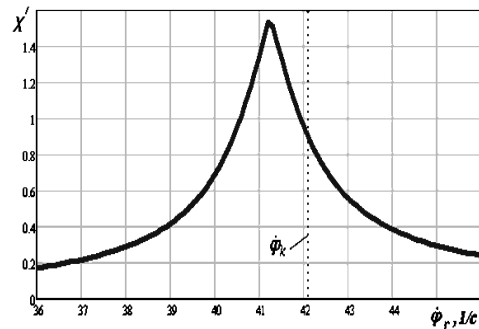


Рис. 4. Пример зависимости $\chi' = f(\dot{\phi}_\Gamma)$ при $V_K = 20$ м/с и $\psi = 0,015$

Зависимость модуля вектора скорости проскальзывания в гребневом контакте от скорости вращения гребня $\dot{\phi}_\Gamma$ при заданных условиях движения показана на рис. 5.

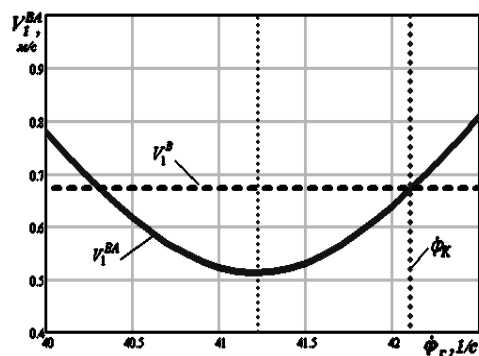


Рис. 5. Пример зависимости $V_{BII}^A = f(\dot{\phi}_\Gamma)$ при $V_K = 20$ м/с и $\psi = 0,015$

Из анализа графика на рис. 4 видно, что практически во всем рассматриваемом диапазоне значений $\dot{\phi}_\Gamma$ величина χ' невелика, и только при значениях $\dot{\phi}_\Gamma \rightarrow \dot{\phi}_K \cdot \frac{r_1^A}{r_1^B}$, при заданной линейной скорости движения колеса угол $\chi' \rightarrow \pi/2$. Вектор скорости V_1^{BA} проскальзывания гребня по боковой грани головки рельса при этом направлен перпендикулярно горизонтали, а модуль этого вектора имеет минимальное значение.

Так, для угла набегания $\psi = 0,015$ и $r_1^A = 475$ мм отношение $\frac{r_1^A}{r_1^B} = 0,979$.

При указанном соотношении угловых скоростей колеса и подвижного гребня можно считать примерно равными линейные продольные скорости перемещения центров основного и гребневого контактов при качении колеса с постоянной скоростью V_K .

Однако из рис. 5 видно, что при $\chi' = \pi/2$ для заданных условий движения значение скорости проскальзывания в гребневом контакте V_1^{BA} мало, но не равно нулю.

Анализируя выражение (8), можно определить возможные режимы движения колеса, при которых $V_1^{BA} = 0$. Очевидно, для этого должны одновременно выполняться условия $x_\Gamma = 0$ и $|ED| = 0$.

Значение $x_\Gamma = 0$ достигается при равенстве нулю угла набегания ψ .

Так как $|ED| = (\frac{\dot{\phi}_k}{\dot{\phi}_\Gamma} - 1) \cdot r_1^A - h_\Gamma$, то $|ED| = 0$ при выполнении условия (при фиксированном значении $\dot{\phi}_K$):

$$\dot{\phi}_\Gamma = \frac{\dot{\phi}_k}{\frac{h_\Gamma}{r_1^A} + 1} = \frac{\dot{\phi}_k}{K_w^*}. \quad (10)$$

При заданных значениях h_Γ и r_1^A величина $K_w^* = 1,021$ и возможности ее изменения незначительны. То есть возможность отсутствия кинематического проскальзывания в гребневом контакте $V_1^{BA} = 0$ может реализоваться при $\psi = 0$ и $\dot{\phi}_\Gamma = 0,979 \cdot \dot{\phi}_k$.

Используем известный принцип минимума диссипации энергии, который гласит, что если допустимо не единственное состояние системы, а некая совокупность состояний, согласующихся с законами сохранения и связями, наложенными на систему, то реализуется то ее состояние, которому соответствует минимальный рост энтропии системы или, что то же самое, минимальное рассеивание энергии.

С учетом этого можем считать квазистационарным (стабильным) состоянием рассматриваемой системы (колесо с подвижным гребнем, взаимодействующее с рельсом) то ее состояние, при котором рассеивание энергии в гребневом контакте является минимальным.

Для оценки эффективности предлагаемой конструктивной схемы колеса с точки зрения снижения износа гребня и уменьшения сопротивления движению экипажа определим, насколько может быть снижена мощность сил трения в гребневом контакте.

Представим мгновенную мощность сил трения как скалярное произведение вектора силы трения в гребневом контакте B_1 и вектора соответствующей мгновенной скорости скольжения точки B_1 гребня по рельсу:

$$N_1^B = \vec{F}_1^B \cdot \vec{V}_1^B = F_1^B \cdot V_1^B \cdot \cos \delta, \quad (11)$$

$$N_1^{B'} = \vec{F}_1^{B'} \cdot \vec{V}_1^{B'} = F_1^{B'} \cdot V_1^{B'} \cdot \cos \delta, \quad (12)$$

где δ – угол между линиями действия векторов.

С учетом того что вектор силы трения направлен противоположно вектору соответствующей мгновенной скорости, т.е. $\delta = \pi$, а $\cos \pi = -1$, в нашем случае

$$N_1^B = -F_1^B \cdot V_1^B, \quad (13)$$

$$N_1^{B'} = -F_1^{B'} \cdot V_1^{B'}. \quad (14)$$

Знак «-» говорит о том, что работа сил трения осуществляется в направлении, противоположном проскальзыванию в гребневом контакте, и рассчитанная мощность характеризует потери энергии в гребневом контакте при движении колеса по рельсу.

Некоторые результаты расчетов приведены на рис. 6, где представлены графики зависимостей $N_1^B = f(\dot{\phi}_\Gamma)$ и $N_1^{B'} = f(\dot{\phi}_\Gamma)$ при $V_K = 20$ м/с, $F_1^B = 12500$ Н и $\psi = 0,015$. Заметно снижение рассеиваемой в гребневом контакте мощности в диапазоне круговой скорости вращения гребня $40,3 < \dot{\phi}_\Gamma < 42,1$ для заданных условий движения ($\dot{\phi}_K = 42,1$).

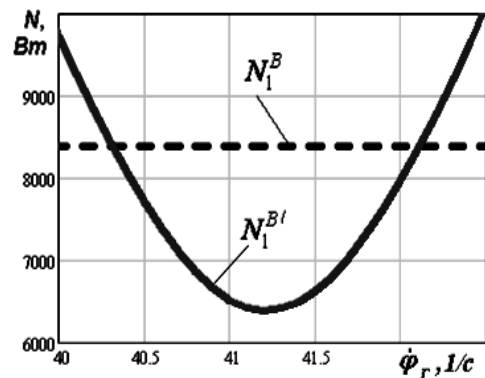


Рис. 6. График зависимостей $N_1^B = f(\dot{\phi}_\Gamma)$ и $N_1^{B'} = f(\dot{\phi}_\Gamma)$ (при $V_K = 20$ м/с, $F_1^B = 12500$ Н и $\psi = 0,015$)

Оценим возможное снижение мощности сил трения в гребневом контакте для предлагаемой конструкции колеса коэффициентом $K_N = \frac{N_1^B}{N_1^{B'}} \cdot 100\%$.

График зависимости $K_N = f(\dot{\varphi}_Г)$ (при $V_K = 20$ м/с, $F_1^B = 12500$ Н и $\psi = 0,015$) представлен на рис. 7. Анализ этого графика показывает, что при угловой скорости гребня, соответствующей соотношению $\frac{\dot{\varphi}_K}{\dot{\varphi}_Г} = \frac{r_1^B}{r_1^A}$ (т.е. при $K_w = \frac{\dot{\varphi}_k}{\dot{\varphi}_Г} = 1,021$) для заданных условий движения при использовании предлагаемой конструкции колеса возможно снижение рассеиваемой в гребневом контакте мощности до 32%.

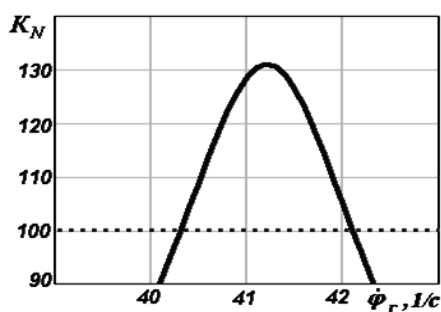


Рис. 7. График зависимости $K_N = f(\dot{\varphi}_Г)$ (при $V_K = 20$ м/с, $F_1^B = 12500$ Н и $\psi = 0,015$)

Выводы. Анализ особенностей кинематики движения по рельсовому пути колеса с подвижным гребнем показал возможность существенного снижения проскальзываний гребня колеса по рельсу и, соответственно, мощности сил трения в гребневом контакте такого колеса с рельсом по сравнению с традиционным. Это дает основания ожидать соответствующего снижения износа гребней колес и рельсов, а также уменьшения сопротивления движению рельсового подвижного состава.

Л и т е р а т у р а

1. Ткаченко В.П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. – 200 с.
2. Эффективность лубрикации рельсов // Железные дороги мира. – 2011. – № 1. – С. 65-68.
3. Маслиев В.Г. Динамика локомотивов с устройствами, уменьшающими износ бандажей колес. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 288 с.
4. Михайлов Е.В., Слащев В.А., Семенов С.А. Пути снижения износа гребней колес рельсовых экипажей // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – № 5 (176), частина 1. – С. 61-67.

R e f e r e n c e s

1. Tkachenko V.P. Kinematicheskoe soprotivlenie dvizheniju rel'sovyh jekipazhej. – Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996. – 200 p.
2. Jefferktivnost' lubrikacii rel'sov // Zheleznye dorogi mira. – 2011. – № 1. – P. 65-68.
3. Masliev V.G. Dinamika lokomotivov s ustrojstvami, umen'shajushhimi iznos bandazhej koles. – Har'kov: NTU «ХПИ», 2008. – 288 p.
4. Mihajlov E.V., Slashhev V.A., Semenov S.A. Puti snizhenija iznosa grebnej koles rel'sovyh jekipazhej // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2012. – № 5 (176), ch. 1. – P. 61-67.

Михайлов Є.В., Солодовник М.Д., Семенов С.О. Можливості зниження кінематичного проковзування при двоточковому контакті з рейкою колеса рейкового екіпажу

Розглянуті порівняно з традиційною конструктивною схемою колеса особливості кінематики кочення по рейці колеса перспективної конструктивної схеми, що дозволяє гребеню повертатися відносно колеса навколо їхньої загальної осі. Показана можливість істотного зниження проковзувань гребеня колеса по рейці і, відповідно, потужності сил тертя в гребневому контакті такого колеса з рейкою в порівнянні з традиційним.

Ключові слова: колесо, гребінь, рейка, незалежне обертання, проковзування, знос, втрати енергії, потужність тертя, опір руху.

Mikhaylov E.V., Solodovnik M.D., Semenov S.A. Possibilities of decline of the kinematics slipping at a bi-contact with the rail of wheel of railway vehicle

Considered comparatively with the traditional structural chart of wheel of feature of kinematics of woobling on the rail of wheel of perspective structural chart, that allows a comb to return in relation to a wheel round them general ax. Possibility of substantial decline of slipping of comb of wheel is rotned on a rail, and, accordingly, power of forces of friction in the comber contact of such wheel with a rail as compared to traditional.

Keywords: wheel, comb, rail, independent rotation, slipping, wear, losses of energy, power of friction, resistance of motion.

Михайлов Є.В. – к.т.н., доцент кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: evgmi@yandex.ru.

Солодовник М.Д. – к.т.н., доцент кафедри машинознавства, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Семенов С.О. – аспірант кафедри організації перевезень і управління на залізничному транспорті, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 632.151

АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЛУГАНСЬК ВІД ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОМОБІЛІВ

Васильєв С.К., Шевченко С.І.

THE ANALYSIS OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR EXHAUST GASES OF CARS IN THE CITY OF LUGANSK

Vasiliev S., Shevchenko S.

Досліджено забруднення атмосферного повітря міста Луганськ від відпрацьованих газів автомобілів. Визначено зони і ділянки, де рівні загазованості вище гранично допустимих норм, зроблено аналіз причин, що викликали ці перевищення. Оцінка рівня забруднення повітряного середовища міста відпрацьованими газами виконана на основі розрахункового прогнозу. Визначено обсяги викидів та концентрації забруднюючих речовин.

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднюючі речовини, автотранспортні засоби, парникові гази.

Постановка проблеми. Забруднення атмосферного повітря міст і інших населених пунктів викидами автомобільного транспорту є найбільшою «екологічною» проблемою сучасності. Ситуація, що склалася, постійно диктує необхідність екстреної розробки і впровадження ефективних заходів з охорони атмосферного повітря і захисту здоров'я жителів від шкідливої дії автомобільних викидів. Проблема захисту повітря від забруднення його токсичними компонентами відпрацьованих газів є складним завданням, а його успішне вирішення обумовлене тісною співпрацею заводів-виробників автомобілів і автотранспортних організацій; а також залежить від знань і досвіду працівників станцій технічного обслуговування і водіїв автомобілів. У великих промислових центрах України різко збільшується об'єм шкідливих атмосферних викидів, що припадають на автотранспорт, досягаючи в деяких містах до двох третіх від сумарних виділень в атмосферу.

У країнах з високорозвинутою промисловістю і високим рівнем автомобілізації проблема захисту атмосферного повітря від токсичних викидів виросла до рівня невідкладних соціальних проблем.

Автомобільний транспорт разом з промисловістю є головним винуватцем значного забруднення атмосфери, особливо в містах проблема охорони навколишнього природного середовища від забруднень автомобільного транспорту вважається достат-

ньо складною. Її успішне розв'язання обумовлене тісною співпрацею фірм – виробників автомобілів, автотранспортних компаній і законодавчих органів.

Автомобільний двигун є джерелом виділення в атмосферу гамми-речовин, прямо або побічно погіршуючи її екологічний стан. В результаті згорання палива і згорання змашувальних матеріалів, що проникають в камери, викиду компонентів різних типів приладок і продуктів зношення деталей двигуна відпрацьовані гази містять дві основні групи шкідливих викидів:

- такі, що прямо негативно діють на організм людини і навколишнє природне середовище (оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні, зокрема ароматичного ряду, різного типу кислоти, з'єднання свинцю, сірки);
- надають негативну непрямую дію, будучи причиною глобальних екологічних катастроф, таких як утворення фотохімічного «смогу», «парникового ефекту», «озонових дірок» та ін. (двоокис вуглецю, киснезабезпечені вуглеводні, метан і тверді частинки).

Автомобілі викидають близько 200 різних газів і хімічних сполук. Викид шкідливих речовин відбувається з відпрацьованими газами двигуна, з газами (при вентиляції в атмосферу) картерів і з парами палива з системи живлення і паливного бака [1]. Токсичні компоненти відпрацьованих газів двигуна надають різну фізіологічну дію на організм людини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі законодавчими актами нормується велика кількість шкідливих речовин в атмосфері. Для цього введено санітарні норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин в навколишньому повітрі: максимально-разові і середньодобові. Проте лише незначна частина з них викидається автотранспортними двигунами з відпрацьованими газами: тільки окис вуглецю, вуглеводні (сумарно), оксиди азоту і тверді частинки нормуються стандар-

тами, що обмежують викид шкідливих речовин автотранспортом.

Мета. Метою роботи є дослідження забруднення атмосферного повітря міста Луганськ викидами автомобільного транспорту.

Результати досліджень. Вплив різних компонентів відпрацьованих газів автомобілів на організм людини і навколишнє природне середовище вельми різний і може бути в першому наближенні оцінено співвідношенням ГДК, які постійно переглядаються у міру виявлення їх негативної дії. Тому у ряді країн і в ЕЕК ООН розглядаються пропозиції із введення нормування викидів автотранспортом таких отруйних компонентів відпрацьованих газів, як свинець, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), сірчисті кислоти і альдегіди. Низкою країн вже ухвалено рішення про введення нормування викиду двоокису вуглецю, який, не будучи отруйним для організму людини, сприяє створенню «парникового ефекту».

Валовий викид шкідливих речовин в атмосферу міст визначається кількістю автомобілів, що перебувають в експлуатації, жорсткістю встановлених законам гранично допустимих норм на викид ними шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигуна, реальним технічним станом автомобілів і, зокрема, двигунів та зовнішніми чинниками: атмосферний тиск, температура, вологість, умови експлуатації автомобіля та ін. На валовий викид шкідливих речовин автомобіля також впливають містобудівні заходи: зменшення перехресть завдяки будівництву сучасних дорожніх розв'язок, скорочення в містах вантажного транспорту, як правило, що працює на режимах малих навантажень і глибокого дроселювання двигуна, тощо [2].

Найбільш негативно позначаються на утворення токсичних речовин і вміст їх у відпрацьованих газах режими міського руху автомобіля, тобто режими роботи двигуна на малих навантаженнях, холостому і примусово холостому ходу, через особливості протікання робочого процесу: низький тиск на тактах стискування, розширення і випуску, зворотного викиду відпрацьованих газів в циліндрах і навіть впускну систему під час фази перекриття клапанів, збільшення геометричного коефіцієнта залишкових газів і їхнього коефіцієнта інертності, потрапляння в камери згорання мастила через зазори в кільцях і направляючі втулки впускних клапанів, що, як наслідок, сприяє погіршенню стану свічок запалення й умов займання суміші. Двигун працює на цих режимах в основному при уповільненні і зупинках автомобіля, наприклад, перед перехрестям або світлофором. Режим примусового холостого ходу, будучи сам по собі найбільш несприятливим в сенсі виділення токсичних речовин, крім того, сприяє підвищенню викиду токсичних речовин на подальших режимах навантажень, у тому числі і на режимах подальшого розгону автомобіля. Все це сприяє утворенню локальних зон підвищеної загазованості токсичними речовинами на перехрестях і у світлофорів. Викид токсичних речовин на режимах розгону автомобіля становить більше половини від

загального викиду при роботі двигуна в умовах інтенсивного міського руху автомобіля.

Вплив різних чинників на вміст токсичних речовин у відпрацьованих газах, режим розгону слід розглядати невідривно від попередніх режимів. Як і на режимах постійних навантажень, на режимі розгону вміст токсичних речовин у відпрацьованих газах визначається кутом випередження запалення і особливо складом суміші безпосередньо в циліндрах двигуна. Причому, якщо кут випередження запалення залежить лише від характеристики автомата і його інерційності, то склад суміші залежить від багатоманітної сукупності чинників: характеристик і якості роботи систем збагачення суміші в першій фазі розгону, протікання процесів випаровування і сумішоутворення у впускній системі з урахуванням нестабільного перебування півки палива на її стінках, стабільності при розгоні автомобіля з перемикуванням передач. Підвищеному викиду вуглеводнів сприяє короткочасна робота двигуна на режимах примусового холостого ходу в періоди перемикування передач [2]. На токсичність двигуна при розгоні також впливає інтенсивність розгону. Чим вище інтенсивність розгону, тим вище вміст оксиду вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах в початковій його фазі. До зовнішніх чинників слід віднести і використовувані двигуном палива і змащувальні матеріали. Так, наприклад, від кількості ароматичних вуглеводнів в бензині надто залежить зміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів, що викидаються з відпрацьованими газами, тобто канцерогенних речовин.

Експлуатація двигуна в умовах інтенсивного міського руху автомобіля характеризується частою зміною тягових і нетягових режимів. При цьому час роботи на нетягових режимах, що включають холостий і примусовий холостий хід, становить значну частину в загальному балансі автомобіля в місті.

Проте масовий викид шкідливих речовин на різних режимах роботи двигуна залежить не тільки від тривалості цих режимів, але й від витрати відпрацьованих газів і концентрації шкідливих компонентів. Вміст же шкідливих нормованих речовин у відпрацьованих газах, як було показано вище, залежить від режиму роботи двигуна, регулювань систем живлення і запалення, його конструкції і зовнішніх чинників [2].

Для визначення викидів від автотранспорту і загазованості атмосфери на автомобільних дорогах міста досліджували особливості розподілу автотранспортних потоків: їх складу і інтенсивності.

Територіальні відмінності складу і інтенсивності автотранспортних потоків залежать від площі і поперечних розмірів міста, кількості населення, схеми планування вулично-дорожньої мережі, особливостей розташування промислових підприємств, автогосподарств, автозаправних станцій і станцій технічного обслуговування.

Тимчасові відмінності в значній мірі пов'язані з режимом роботи промислових підприємств і уста-

нов міста та з кліматичними особливостями географічного розташування міста.

Обрані автомобільні дороги міста з урахуванням ДБН Б.1-2-95, за яким інтенсивність руху автотранспорту необхідна для побудови розрахункової карти забруднення повітряного простору міста. Місце підрахунку інтенсивності руху на дорозі визначене за об'їзною дорогою: «Лісоторговельна база».

Проведена оцінка стану повітряного середовища міста у визначених місцях підрахунку інтенсивності руху на основі існуючих: транспортно-планувальних рішень; кількісної і якісної характеристик автотранспортних потоків; організації дорожнього руху в місті.

Оцінка рівня забруднення повітряного середовища міста відпрацьованими газами виконана на основі розрахункового прогнозу.

На карті-схемі міста виділена об'їзна автомобільна дорога. При виборі типізації автомобільних доріг не проводилася, вважаючи в першому наближенні, що умови розсіювання забруднюючих речовин характерні для відкритого простору. Це відповідає відкритій забудові, тобто будови знаходяться на відстані більше 50 м від проїжджої частини дороги.

За розрахункову приймається інтенсивність руху різних типів автомобілів в змішаному потоці відповідно до «Руководство по определению пропускной способности автомобильных дорог», з урахуванням п. 1.5 СНІП 2.05.02-85.

Для визначення характеристик автотранспортних потоків на вибраних ділянках вулично-дорожньої мережі проведено облік автотранспортних засобів; що проходять в обох напрямках з поділом їх на групи за типом двигуна і видом використовуваного палива. Групи автомобілів представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Середні експлуатаційні витрати палива для автомобілів різних типів

Група автомобілів	Середня експлуатаційна лінійна витрата палива, л/км
Легкові автомобілі бензинові (1)	0,09
Легкові автомобілі дизельні (2)	0,08
Малі вантажні автомобілі бензинові (3) до 5 тонн	0,16
Вантажні автомобілі бензинові (4) 6 тонн і більше	0,33
Вантажні автомобілі дизельні (5)	0,34
Малі автобуси бензинові (6)	0,16
Малі автобуси дизельні (7)	0,11
Малі автобуси на газі стисненому (8)	0,16 м ³ /км
Автобуси бензинові (9)	0,37
Автобуси дизельні (10)	0,28
Автобуси на газі стисненому (11)	0,37 м ³ /км

Безпосередній підрахунок кількості автотранспортних засобів в одному напрямі руху проведений протягом 30 хвилин. Підрахунок проводився в пері-

од з 8 до 9, з 13 до 14 і з 17 до 18 годин. Результати фіксувалися в протоколі.

Витрати палива на пробіг і транспортну роботу у статистичному звіті наводяться в одиницях об'єму. Для переведення його у вагові одиниці застосовуються густина палива ($\rho_{\text{пал}}$): для бензину – 0,74 кг/л; для дизельного палива – 0,85 кг/л; для газу стисненого – 0,59 кг/м³.

Місце розташування спостерігача і напрямки руху машин, що враховуються, зазначені на рис. 1.

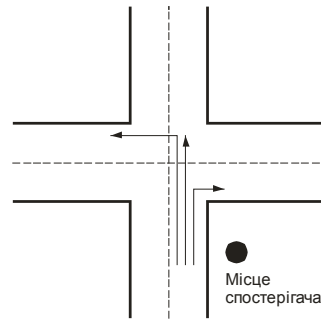


Рис. 1. Схема обліку автотранспортних засобів

Середня інтенсивність руху за типами автомобілів у вибраних місцях автомобільних доріг представлена в табл. 2.

Таблиця 2

Середня інтенсивність руху автомобілів («Лісоторговельна база»)

Тип автомобіля	N_i , од./год
Легкові автомобілі бензинові (1)	317
Легкові автомобілі дизельні (2)	12
Малі вантажні автомобілі бензинові (3) до 5 тонн	5
Вантажні автомобілі бензинові (4) 6 тонн і більше	25
Вантажні автомобілі дизельні (5)	5
Малі автобуси бензинові (6)	22
Малі автобуси дизельні (7)	3
Малі автобуси на газі стисненому (8)	16
Автобуси бензинові (9)	4
Автобуси дизельні (10)	5
Автобуси на газі стисненому (11)	2
Разом	416

Визначення маси основних забруднюючих речовин та парникових газів, що викидаються в атмосферу автомобілями в експлуатаційних умовах, проводили за затвердженою методикою розрахунку викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами [1, 3]. Методика встановлює порядок проведення розрахунків обсягів надходження у повітря забруднюючих речовин та парникових газів, до яких, зокрема, належать: оксид вуглецю, аміак, метан, закис азоту, сажа, діоксид азоту, діоксид сірки, свинець, вуглекислий газ, неметанові леткі органічні сполуки, бенз(а)пірен. Умовні позначення забруднюючих речовин та парникових газів за рекомендацією Статистичної комісії ООН щодо інвентаризації

викидів в атмосферу (CORINAIR): CO – оксид вуглецю; NH₃ – аміак; CH₄ – метан; N₂O – закис азоту; C – сажа; NO₂ – діоксид азоту; SO₂ – діоксид сірки; Pb – свинець; CO₂ – вуглекислий газ (двоокис вуглецю); НМЛОС – неметанові легкі органічні сполуки.

Умовні позначення палива: Б – бензин; ДП – газойлі (дизельне паливо); ГС – газ стиснений.

Вхідними даними для проведення розрахунків обсягів викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря автомобілями є: витрати палива (бензину автомобільного, газойлів, стисненого і скрапленого природного газу) на пробіг і транспортну роботу; питомі викиди забруднюючих речовин та парникових газів з одиниці використаного палива та коефіцієнти технічного стану транспортних засобів. Розрахунок обсягів викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від автотранспортних потоків представлені в табл. 3.

Розрахунок рівня загазованості повітря вулиць і доріг відпрацьованими газами автомобілів проводимо за забруднюючими речовинами (оксид вуглецю, аміак, сажа, діоксид азоту, діоксид сірки, неметанові леткі органічні сполуки, бенз(а)пірен), що потрапляють у повітря від автомобілів в автотранспортному потоці, залежно від інтенсивності транспортного потоку, планувальної ситуації і метеорологічних чинників. Розрахунок концентрацій забруднюючих

речовин на відстані до 10 м ($\sigma = 2$ м) від краю проїжджої частини дороги представлений в табл. 4.

Результати розрахунків довели, що перевищення максимальних разових ГДК біля краю дороги спостерігається для дороги «Лісоторговельна база» – NO₂ в 4 рази, бенз(а)пірен в 5 разів. Концентрація найбільшої за обсягом викидів забруднюючої речовини – оксиду вуглецю не перевищує 1 ГДК.

Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин на відстані 50 м ($\sigma = 7$ м) від краю проїжджої частини, що відповідає відкритій забудові дороги, представлений в табл. 5.

Результати розрахунків довели, що перевищення максимальних разових ГДК на межі вільної забудови (50 м) спостерігається для дороги «Лісоторговельна база» – NO₂ в 1,15 рази, бенз(а)пірен в 1,43 рази. Рівень забруднення за методичними вказівками визначається для оксиду вуглецю, але ця речовина, як видно із розрахунків, не характеризує санітарний стан атмосферного повітря міста. Тому у відповідність до рекомендацій дана оцінка рівня забруднення повітря забруднюючими речовинами відпрацьованих газів автотранспорту у частках ГДК, виявляючи допустимий (до 1 ГДК), підвищений (1,1-5 ГДК), високий (5,1-10 ГДК), надзвичайно високий (більше 10 ГДК) рівень забруднення.

Зона від краю дороги до лінії нормативного стану атмосферного повітря характеризується як зона забруднення атмосфери.

Таблиця 3

Обсяги викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря автотранспортним потоком («Лісоторговельна база»), мг/(м·с)

Групи автомобілів	Вид палива	CO	НМЛОС	CH ₄	NO ₂	C	N ₂ O	NH ₃	CO ₂	SO ₂	Бенз(а)пірен
Група (а)	Б	0,616	0,0523	0,00211	0,036	0	6,42E-05	7,33E-06	5,836	0,002	0
	ДП	0,022	0,0033	0,00014	0,012	0,0028	4,83E-05	0	1,264	0,002	1,21E-05
Група (б)	Б	0,361	0,0295	0,00119	0,019	0	3,62E-05	4,13E-06	3,289	0,001	0
	ДП	0,023	0,0033	0,00014	0,012	0,0028	4,90E-05	0	1,281	0,002	1,23E-05
	ГС	0,079	0,0128	0	0,012	0	0	0	1,679	0	0
Група (в)	Б	1,866	0,3267	0,00869	0,116	0	1,16E-03	2,47E-05	19,620	0,006	0
	ДП	0,013	0,0007	0,00003	0,007	0,0016	3,85E-05	0	0,732	0,001	7,00E-06
Разом		2,979	0,4285	0,0123	0,215	0,0072	1,39E-03	3,61E-05	33,701	0,014	3,13E-05

Таблиця 4

Концентрації речовин на відстані до 10 м від краю проїжджої частини дороги («Лісоторговельна база»)

Концентрація речовини	CO	НМЛОС	NO ₂	C	NH ₃	SO ₂	Бенз(а)пірен
C _p , мг/м ³	4,754	0,684	0,343	0,012	5,76E-05	0,022	5,00E-05
Частка ГДК	0,951	0,137	4,030	0,077	2,88E-04	0,043	5,000

Таблиця 5

Концентрації речовин на межі вільної забудови (50 м) («Лісоторговельна база»)

Концентрація речовини	CO	НМЛОС	NO ₂	C	NH ₃	SO ₂	Бенз(а)пірен
C _p , мг/м ³	1,356	0,195	0,098	0,003	1,64E-05	0,006	1,43E-05
Частка ГДК	0,271	0,039	1,149	0,022	8,22E-05	0,012	1,426

Висновок. Розрахунки довели, що зони рівнів забруднення атмосферного повітря можуть бути показані для двох речовин: діоксиду азоту та бенз(а)пірену. Для речовин, що залишилися, забруднення істотно біля краю дороги, проте потрібно відзначити, що при фоновому забрудненні від промислових підприємств і на ділянках доріг із закритою забудовою вздовж них («каньйон») та поганим провітрюванням, забруднення цими речовинами може виявитися істотним і на віддаленні від краю дороги.

Література

1. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В., Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2001. – 273 с.
2. Jerzy Merkisz. Ekologiczne problemy silnikow spalnowych. Wydawnictwo Politechniki Poznanskiej. Poznan 1999. – Том. 1. – 384 p.
3. Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Затверджені наказом Державного комітету статистики України від 13.11.2008. – № 452.

References

1. Lukanin V.N., Trofimenko U.V. The Industrial Transport Ecology. The textbook for higher educational establishments. Under the edition: Lukanina V.N. – Moscow: High school, 2001. – 273 p.
2. Jerzy Merkisz. Ecological problems of internal combustion engines. Publisher University of Technology. Poznan 1999. – Том. 1. – 384 p.
3. About the confirmation of the Methods of calculations of pollutants and greenhouse gases into the air from transport. Approved by the State Committee of the Statistics of Ukraine, 13.11.2008. – № 452.

Васильев С.К., Шевченко С.И. Анализ загрязнения атмосферного воздуха города Луганск от отработанных газов автомобилей

Рассмотрено исследование загрязнения атмосферного воздуха города Луганск от отработанных газов автомобилей. Определены зоны и участки, где уровни загрязненности выше предельно допустимых норм, выполнен анализ причин, которые вызывали эти превышения. Оценка уровня загрязнения воздушной среды города отработанными газами выполнена на основе расчетного прогноза. Определены объемы выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу автотранспортным потоком.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, автотранспортные средства, парниковые газы.

Vasiliev S., Shevchenko S. The analysis of pollution of atmospheric air exhaust gases of cars in the city of Lugansk

Research of pollution of atmospheric air of the city of Lugansk from exhaust gases of cars is considered. The certain zones and sites where levels of a gas contamination are higher than maximum permissible norms, the analysis of the reasons which were caused by these excess is made. The assessment of level of pollution of the air environment of the city is executed by exhaust gases on the basis of the settlement forecast. Volumes of emissions of polluting substances and greenhouse gases in the atmosphere are determined by a motor transportation stream.

Keywords: the atmospheric air, polluting substances, vehicles, greenhouse gases.

Васильев С.К. – студент факультету транспортних систем і логістики, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Шевченко С.І. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 19.04.2013

УДК 621.742.22

**ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ МЕТОДОВ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ****Марченко Д.Н.****IMPLEMENTATION OF METHODS DETERMINISTIC CHAOS SIMULATION
OF STRUCTURE FOR POLYMER COMPOSITES****Marchenko D.**

В статье рассматривается новый подход к проблеме моделирования структурообразования связующих композиций. Методами неравновесной термодинамики с использованием аппарата фрактальной геометрии выведены определяющие соотношения для численного решения кинетических модельных задач процесса структурообразования, что позволило феноменологически получить скейлинговые закономерности формирования фрактальных структур в исследуемом процессе.

Ключевые слова: полимерные композиции, структурообразование, фрактал.

Актуальность проблемы исследования. Одной из основных задач литейного производства является снижение трудовых, материальных и энергетических затрат при получении литых заготовок наряду с повышением качества изделий. Разработка и совершенствование расчётно-экспериментальных методов прогнозирования свойств связующих композиций для изготовления литейных стержней и форм на основе изучения закономерностей протекания физико-химических процессов формирования их структуры относятся к наиболее приоритетным и актуальным научно-техническим проблемам машиностроения.

Анализ современного состояния проблемы. Прочностные свойства связующих композиций для изготовления литейных стержней и форм с точки зрения термодинамики означает устойчивость их структуры, т.е. способность сохранять свои признаки и свойства под воздействием как внутренних, так и внешних факторов. Поэтому результаты анализа термодинамической устойчивости структуры связующих композиций дают возможность прогнозировать прочность материала на стадии его изготовления.

Процесс структурообразования и распространения волн активности в неупорядоченных гетерогенных системах отличается рядом особенностей,

которые весьма трудно объяснить с позиций классической теории. В середине 70-х годов был сделан значительный шаг в описании структуры неупорядоченных систем – созданы основы геометрии объектов, названных "фракталами". Преимуществом нового подхода стало овладение новым математическим аппаратом для описания геометрии нерегулярных структур [1-16].

В данной работе мы используем аппарат фрактальной геометрии к исследованию динамики процесса структурообразования. Адекватное математическое представление кинетики процесса дается диффузионным формализмом [17, 18]. При этом установление когерентной связи в ансамбле исходных реагентов приводит к коллективным эффектам, не позволяющим рассматривать процесс обычным способом. По мере формирования фрактальности реализуется режим, в котором необходимо учитывать процессы установления модулированной структуры в поле минимально устойчивых структурных элементов, соответствующей закономерностям фазового перехода [19].

При проведении исследований ставилась задача разработки метода оценки изменения прочностных характеристик связующих композиций, опирающегося на анализ механизмов структурообразования на основе формализма фрактального броуновского блуждания.

Изложение результатов исследований. Проследим за структурными превращениями в системе, моделируя динамику структурообразования фрактальным броуновским процессом [29].

Если $p_x(x, T)$ – условная вероятность того, что произойдёт событие x , если произошло событие T , а плотность распределения этого события есть $p_T(T, t)$, тогда безусловная вероятность найти случайную величину в состоянии x равна:

$$p(x) = \int_0^\infty p(x, T) p_T(T, t) dt. \quad (1)$$

Наша цель – получить функцию для безусловного распределения случайных блужданий радиус-вектора $R = \sum_{i=1}^N r_i$ при условной вероятности распределения Гаусса $p_x(x, T)$, т.е. найти функцию $p_T(T, t)$. Решение этой задачи формулируется в обобщенных двухпараметрических функциях Леви [17]:

$$L(x; \alpha, \gamma) = \frac{1}{\pi} \operatorname{Re} \int_0^\infty \exp\left[-ixz - z^\alpha \exp\left(\frac{i\pi\gamma}{2}\right)\right] dz. \quad (2)$$

Будем искать распределение случайной величины в следующем классе функций [17]:

$$\varphi(0) = \frac{q}{r_N^\alpha} - \frac{q}{r_1^\alpha}, \quad (3)$$

если радиус-вектор r случайно перемещается из положения l в положение N после N -го прыжка.

Введем тот же скаляр $\varphi(0)$ по формуле [17]:

$$\varphi(0) = \sum_{i=1}^{N-1} \frac{q}{r_N^\alpha} - \frac{q}{r_1^\alpha} = \sum_{i=2}^N \frac{q}{r_i^\alpha} - \sum_{i=1}^{N-1} \frac{q}{r_i^\alpha}. \quad (4)$$

По определению плотность вероятности распределения $\varphi(0)$ равна:

$$\varphi(0) = \int \delta(\varphi - \varphi(0)) P_N(r_1 \dots r_N) dr_1 \dots dr_N,$$

где $\delta(x)$ – дельта-функция, а $P_N(r_1 \dots r_N)$ – вероятность найти частицу после первого прыжка в точке r_1 , после второго – в точке r_2 и т.д. Введем Фурье-образ дельта-функции [17], тогда:

$$W(\varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^\infty dK \int_V \dots \int_V P_N(r_1 \dots r_N) dr_1 \dots dr_N \exp\left[iK\left(\varphi - \sum_{i=1}^N \frac{q}{r_i^\alpha}\right)\right].$$

Пусть любой прыжок может быть произведен в любую точку пространства равновероятно, тогда:

$$P_N(r_1 \dots r_N) = \frac{1}{V^N}. \quad (5)$$

Теперь плотность вероятности (5) удобно представить в виде

$$W(\varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^\infty dK \exp(iK\varphi) \prod_{i=1}^N \left\{ 1 - \frac{1}{V} \int_V \left[1 - \exp\left(iK \frac{q}{r_i^\alpha}\right) \right] dr_i \right\}, \quad (6)$$

и задача сводится к нахождению единственного интеграла:

$$I_{\alpha, G} = \frac{1}{V} \int_V \left[1 - \exp\left(-iK \frac{q}{r^\alpha}\right) \right] dr \equiv \frac{d(Kq)^{G/\alpha}}{V} \int_0^\infty (1 - \cos y) \frac{dy}{y^{G/\alpha+1}}. \quad (7)$$

Здесь α – показатель степени в законе (3), G – число пространственных измерений, d – результат интегрирования по углам.

Интеграл (7) сходится, если $0 \leq \frac{G}{\alpha} \leq 2$, т.е. в окне определения распределения Леви [31]. Интеграл в правой части (7) вычисляется по частям:

$$I_{\alpha, G} = \frac{\pi d (Kq)^{G/\alpha}}{2GV \sin\left(\frac{\pi G}{2\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{G}{\alpha}\right)} = BK^{G/\alpha},$$

где B – константа, $\Gamma(x)$ – гамма-функция Эйлера.

В (6) все интегралы одинаковы, поэтому можно перейти к экспоненциальному пределу при $N \rightarrow \infty$:

$$(1 - I_{\alpha, G})^N = \left(1 - \frac{NBK^{G/\alpha}}{N}\right)^N \rightarrow \exp(-NBK^{G/\alpha}).$$

В соответствии с [18], считая, что скачки происходят равномерно, т.е. с постоянной скоростью $N = \gamma T$, вводим обозначения:

$$\varphi(0) = B^{G/\alpha} = \frac{q}{V^{G/\alpha}} \left[\frac{\pi d}{2D \sin\left(\frac{\pi G}{2\alpha}\right) \Gamma(G/\alpha)} \right]^{G/\alpha}, \quad x = K\varphi_0, \beta = \varphi/\varphi_0.$$

В результате из (6) следует выражение для плотности распределения вероятности случайной величины $\varphi(0)$ (3) в виде зависящего от времени распределения Леви

$$W(\beta) = \pi^{-1} \int_0^\infty \cos(\beta x) \exp(-\gamma x^{G/\alpha}) dx.$$

Закон распределения блужданий Леви характерен медленно спадающей асимптотикой, т.е. значительным количеством больших флуктуаций [32].

Рассмотрим одномерный дискретный аналог прыжков Леви на фрактальной решетке, моделируемой остовом фрактала Мальдерброта-Гивена [30], используемого в теории перколяции. Обозначим вероятность частицы оказаться на l узле после n шагов $P_n(l)$ и распределение вероятности прыжков по длинам $f(l)$:

$$P_{n+1}(l) = \sum_{m=-\infty}^\infty f(l-m) P_n(m). \quad (8)$$

В качестве функции $f(l)$ выберем следующую функцию:

$$f(l) = \sum_{n=0}^\infty a^{-n} (\delta_{l,-b^n} + \delta_{l,b^n}), \quad (9)$$

где $\delta_{n,m}$ – символ Кронекера. Тогда структурная функция для такого случайного блуждания равна:

$$\lambda = \int f(l) \exp(ikl) dl = \sum_{n=0}^\infty a^{-n} \cos(kb^n). \quad (10)$$

Следовательно, при $k \rightarrow 0$ она должна вести себя степенным образом с показателем $D = \ln a / \ln b$, и при диффузии посредством прыжков Леви имеет вид:

$$\lambda(k; E) = \sum_{n=0}^\infty a^{-n} [\cos(kb^n) + i \sin(kb^n) (W_+ - W_-)].$$

Как и при обычной диффузии, второе слагаемое при малых $k \rightarrow 0$ содержит скорость:

$$V = i \partial \lambda(k; RE) / \partial t \Big|_{k \rightarrow 0} = \sum_{n=0}^\infty (b/a)^n \times \left\{ \left[(1+\alpha)^{b^n} - (1-\alpha)^{b^n} \right] \left[(1+\alpha)^{b^n} + (1-\alpha)^{b^n} \right] \right\} \equiv \sum_{n=0}^\infty (b/a)^n th(ab^n).$$

После математических преобразований получим:

$$V(E) = \alpha / 2 + \alpha^{(d-1)} \left[\sum_{m=-\infty}^{\infty} \int_1^{\infty} th(z) z^{-\gamma_m} dz + \int_0^{\alpha} th(z) z^{-\gamma_m} dz \right],$$

где показатель $\gamma_m = D + 2\pi mi / \ln b$.

Нетрудно видеть, что второе слагаемое в скобках мало по сравнению с первым по параметру α . Таким образом, получаем нелинейную зависимость $V \sim R^{1-D}$, которая показывает, событий какого масштаба следует ожидать от системы.

Проецируя приведенную методику анализа на моделирование процессов структурообразования ЛСТ, можно сказать, что динамическая предыстория определяет структурную организацию материальных объектов – кластеров, которые возникают в результате процесса. Степенная асимптотика функции распределения кластеров по размерам свидетельствует о существовании корреляционных взаимосвязей при образовании структур различного масштабного уровня в среде и возникновении фрактальной топологии.

Существование подобной связи является очень эффективным, дает возможность глубже проникнуть в природу исследуемого процесса структурообразования и позволяет применить методы нелинейной динамики с возможностью включения в процесс исследования принципиально нового элемента нелинейной механики, которым является детерминированный хаос.

Выводы. Проанализированы результаты исследований структурно-динамических процессов структурирования, протекающих в гетероцепной макромолекулярной среде. Выведенные соотношения по структуре аналогичны соответствующим выражениям для аномальной зависимости среднеквадратического смещения диффундирующих активных частиц от времени. Поэтому полученные результаты носят универсальный характер и пригодны для описания процессов структурообразования в различных континуумах (для разнообразных гетерогенных сред).

Л и т е р а т у р а

1. F. Hausdorff, Dimension und äußeres Maß, Math. Annalen 79, 157 (1919).
2. Пайтген Х.О., Рихтер И.Х. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. – М.: Мир, 1993. – 176 с.
3. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов / А.Д. Морозов // Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 160 с.
4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
5. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 371 с.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. Пер. с англ. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 356 с.

7. Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие / Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения. Под ред. Г.Г. Малинецкого, С.П. Курдюмова. – М.: Наука, 2002. – 480 с.
8. Князева Е.Н. Сложные системы и нелинейная динамика в природе и обществе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.synergetic.ru/society/index.php?article=kn3>.
9. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. – М.: Мир, 1991. – 257 с.
10. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. – М.: Мир, 1988. – 240 с.
11. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
12. Нестационарные структуры и диффузионный хаос // Т.С. Ахромеева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1992. – 285 с.
13. Белоцерковский О.М., Опарин А.М., Четкин В.М. Турбулентность. Новые подходы. – М.: Наука, 2002. – 286 с.
14. Будаев В.П., Савин С.П., Зеленый Л.М. Наблюдения перемежаемости и обобщенного самоподобия в турбулентных пограничных слоях: на пути к определению количественных характеристик переноса // УФН, 2011. – Т. 181, № 9. – С. 704-742.
15. Климонтович Ю.Л. Статистическая теория открытых систем. – М.: Янус, 1995. – 382 с.
16. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации. – М.: УРСС, 2003. – 280 с.
17. Романовский М.Ю. Функциональные блуждания Леви // Тр. ин-та общей физики РАН. – 2009. – Т. 65. – С. 20-28.
18. Зеленый М.Л., Милованов А.В. Фрактальная топология и странная кинетика // УФН. – 2004. – Т. 174. – № 8. – С. 809-852.
19. Заславский Г.М. Физика хаоса в гамильтоновых системах. – М-Ижевск: Ин-т комп. исслед., 2004. – 288 с.
20. Хакен Г. Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. – 532 с.
21. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В. и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. – М.: Наука, 2000. – 432 с.
22. Заславский Г.М. Стохастичность динамических систем. – М.: Наука, 1984. – 270 с.
23. Ландау Л., Лифшиц М. Статистическая физика. – М.: Физматлит, 2005. – 616 с.
24. Подлазов А.В. Ветвящийся процесс с зависимыми частицами как модель катастрофического поведения // Математическое моделирование. – 2002. – Т. 14. – № 9. – С. 53-58.
25. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизация сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 276 с.
26. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. – М.: Мир, 1991. – 240 с.
27. Олемской А.И., Хоменко А.В. Синергетика конденсированной среды. – Сумы: Изд-во СумДУ, 2002. – 373 с.
28. Олемской А.И., Флат А.Я. // УФН. – 1993. – 163. – № 12. – С. 331-375.
29. Архинчев В.Е. О релаксации заряда на фрактальных структурах // Письма в ЖЭТФ. – Т. 52. – вып. 7. – С. 1007-1009.
30. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.

31. Математика: Энциклопедия / Под ред. Ю.В. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 845 с.
32. Bartelemy P., Bertolotti J., Wiersma D. A Levy ight for light // Nature. – 2008. – V. 453. – P. 495-498.

References

- F. Hausdorff, Dimension und äußeres Maß, Math. Annalen 79, 157 (1919).
- Pajtgen X.O., Rihter I.H. Krasota fraktalov. Obrazy kompleksnyh dinamicheskikh sistem. – M.: Mir, 1993. – 176 p.
- Morozov A.D. Vvedenie v teoriju fraktalov / A.D. Morozov // Moskva-Izhevsk: Institut komp'juternyh issledovanij, 2002. – 160 p.
- Mandel'brot B. Fraktal'naja geometrija prirody / B. Mandel'brot. – M.: Institut komp'juternyh issledovanij, 2002. – 656 p.
- Malineckij G.G., Potapov A.B. Sovremennye problemy nelinejnoj dinamiki. – M.: Editorial URSS, 2002. – 371 p.
- Prigozhin I., Stengers I. Vremja, haos, kvant. K resheniju paradoksa vremeni. Per. s angl. – M.: Editorial URSS, 2003. – 356 p.
- Novoe v sinergetike: Vzglyad v tret'e tysjacheletie / Informatika: neogranichennye vozmozhnosti i vozmozhnye ogranichenija. Pod red. G.G. Malineckogo, S.P. Kurdjumova. – M.: Nauka, 2002. – 480 p.
- Knjazeva E. N. Slozhnye sistemy i nelinejnaja dinamika v prirode i obshhestve [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.synergetic.ru/society/index.php?article=kn3>.
- Berzhe P., Pomo I., Vidal' K. Porjadok v haose. – M.: Mir, 1991. – 257 p.
- Shuster G. Determinirovannyj haos. Vvedenie. – M.: Mir, 1988. – 240 p.
- Lihtenberg A., Liberman M. Reguljarnaja i stohasticheskaja dinamika. – M.: Mir, 1984. – 528 p.
- Nestacionarnye struktury i diffuzionnyj haos // T.S. Ahromeeva, S.P. Kurdjumov, G.G. Malineckij, A.A. Samarskij. – M.: Nauka, 1992. – 285 p.
- Belocerkovskij O.M., Oparin A.M., Chechetkin V.M. Turbulentnost'. Novye podhody. – M.: Nauka, 2002. – 286 p.
- Budaev V.P., Savin S.P., Zelenyj L.M. Nabljudenija peremezhnosti i obobshhennogo samopodobija v turbulentnyh pogranychnyh slojah: na puti k opredeleniju kolichestvennyh harakteristik perenosa // UFN, 2011. – T. 181, № 9. – P. 704-742.
- Klimontovich Ju.L. Statisticheskaja teorija otkrytyh sistem. – M.: Janus, 1995. – 382 p.
- Glensdorf P., Prigozhin I. Termodinamicheskaja teorija struktury, ustojchivosti i fluktuacii. – M.: URSS, 2003. – 280 p.
- Romanovskij M.Ju. Funkcional'nye bluzhdanija Levi // Tr. In-ta obshhej fiziki RAN. – 2009. – T. 65. – P. 20-28.
- Zelenyj M.L., Milovanov A.V. Fraktal'naja topologija i strannaja kinetika // UFN. – 2004. – T. 174. – № 8. – P. 809-852.
- Zaslavskij G.M. Fizika haosa v gamil'tonovyh sistemah. – M-Izhevsk: In-t komp. issled., 2004. – 288 p.
- Haken G. Sinergetika: ierarhii neustojchivostej v samoorganizujushhijhsja sistemah i ustrojstvah. – M.: Mir, 1985. – 532 p.
- Vladimirov V.A., Vorob'jov Ju.L., Malineckij G.G., Podlazov A.V. i dr. Upravlenie riskom. Risk, ustojchivoje razvitie, sinergetika. – M.: Nauka, 2000. – 432 p.

- Zaslavskij G.M. Stohastichnost' dinamicheskikh sistem. – M.: Nauka, 1984. – 270 p.
- Landau L., Lifshic M. Statisticheskaja fizika. – M.: Fizmatlit, 2005. – 616 p.
- Podlazov A.V. Vetyjashhijhsja process s zavisimymi chasticami kak model' katastroficheskogo povedenija // Matematicheskoe modelirovanie. – 2002. – T. 14. – № 9. – P. 53-58.
- Knjazeva E.N., Kurdjumov S.P. Zakony jevoljucii i samoorganizacija slozhnyh sistem. – M.: Nauka, 1994. – 276 p.
- Haken G. Informacija i samoorganizacija. Makroskopicheskij podhod k slozhnym sistemam. – M.: Mir, 1991. – 240 p.
- Olemskoj A.I., Homenko A.V. Sinergetika kondensirovannoj sredy. – Sumy: Izd-vo SumDU, 2002. – 373 p.
- Olemskoj A.I., Flat A.Ja. // UFN. – 1993. – 163. – № 12. – P. 331-375.
- Arhincheev V.E. O relaksacii zarjada na fraktal'nyh strukturah // Pis'ma v ZhJeTF. – T. 52. – Vyp. 7. – P. 1007-1009.
- Fraktaly / E. Feder. – M.: Mir, 1991. – 254 p.
- Математика: Jenciklopedija / Pod red. Ju.V. Prohorova. – M.: Bol'shaja Rossijskaja jenciklopedija, 2003. – 845 p.
- Bartelemy P., Bertolotti J., Wiersma D. A Levy ight for light // Nature. – 2008. – V. 453. – P. 495-498.

Марченко Д.М. Імплементація методів детермінованого хаосу для моделювання структуроутворення полімерних композицій

У статті розглядається новий підхід до проблеми моделювання структуроутворення сполучних композицій для виготовлення ливарних стрижнів і форм. Методами нерівноважної термодинаміки з використанням апарату фрактальної геометрії виведені визначальні співвідношення для чисельного рішення кінетичних модельних завдань процесу структуроутворення, що дозволило стримати скейлінгові закономірності формування фрактальних структур у досліджуваному процесі.

Ключові слова: полімерні композиції, структуроутворення, фрактал.

Marchenko D. Implementation of methods deterministic chaos simulation of structure for polymer composites

In the paper a new approach to the modeling of structure formation binder compositions for the production of cores and molds. Methods of nonequilibrium thermodynamics using the apparatus of fractal geometry derived constitutive relations for the numerical solution of the kinetic model problems of structure formation process, allowing for a phenomenological scaling laws governing the formation of fractal structures in the test process.

Keywords: polymer compositions, structure, fractal.

Марченко Д.М. – д.т.н., професор кафедри комп'ютерних систем та мереж, СЧУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: marchenko_d_n@mail.ru.

Рецензент: Осенін Ю.І., д.т.н., проф.

Стаття подана 15.04.2013

УДК 621.894

МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОГО ФРИКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ФІРМИ SHENYANG YUANCHENG FRICTION & SEALING MATERIAL C., LTD. ДЛЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Старченко В.М., Полупан Є.В., Шевченко С.І.

POSSIBILITY OF FRICTION-MATERIAL COMPOSITE COMPANY SHENYANG YUANCHENG FRICTION & SEALING MATERIAL C., LTD. FOR FREIGHT CARS

Starchenko V., Polupan E., Shevchenko S.

Розглянуті сучасні фрикційні матеріали для гальмівних пристроїв рухомого складу. Визначено зміну коефіцієнта тертя від основних показників гальмівного процесу. Проведені випробування фрикційного матеріалу фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. Виявлено зміну коефіцієнта тертя фрикційного матеріалу від температури поверхонь тертя. Приведені рекомендації до застосування фрикційних матеріалів фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. В якості гальмівних накладок гальмівних пристроїв залізничного транспорту.

Ключові слова: гальмівний процес, гальмівна накладка, коефіцієнт тертя.

Постановка проблеми. Стійка тенденція зростання обсягів вантажних і пасажирських перевезень у мережі залізниць в порівнянні з автомобільними та повітряними перевезеннями обумовлена значним підвищенням швидкості руху поїздів, економічними та екологічними факторами. На залізницях Франції (SNCF-TGV), Німеччини (DBAG-ICE) і Японії (Shinkansen) рух здійснюється зі швидкістю 250... 320 км/год і має перспективу збільшення до 350 км/год, що є технічно реальним і економічно доцільним [1]. У 2007 році при ходових випробуваннях високошвидкісного електропоїзда серії TGV загальною потужністю 50 тис. к.с. в 4-х секціях встановлено новий рекорд швидкості рейкових екіпажів – 574,8 км/год. Високошвидкісні поїзди забезпечуються декількома гальмівними системами: електрична, магнітнорельсова, вихроструменева та фрикційна, які працюють послідовно і/або паралельно за спеціальним алгоритмом [2]. Ефективність гальмування оцінюється за кількістю енергії, яка виділяється або поглинається, якщо до 1990 року вищим досягненням вважалося – 11 МДж у розрахунку на один диск, то вже до 2000 року цей показник становив 15...22 МДж, а останні конструкції ро-

зраховуються на енергію гальмування 28...40 МДж і більше [3]. У перспективі із застосуванням композиційних матеріалів на основі графітових волокон і кремнієвої кераміки очікується підвищення енергії, що поглинається до 100 МДж, а гальмівної потужності до 1100 кВт на одну вісь [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Протягом десятиліть сірий чавун використовується в якості фрикційного матеріалу в колодкових гальмах рейкового рухомого складу. Чавун є недорогим, технологічним і досить м'яким матеріалом, тому вже після нетривалого припрацювання забезпечує гарне прилягання до поверхні катання колеса, що сприяє рівномірному розподілу контактних тисків і зниженню зносу. При цьому важливою і позитивною особливістю є очищення поверхні катання колеса і додання їй шорсткості, що сприяє поліпшенню зчеплення коліс з рейками. Перевагою сірого чавуну є його висока теплопровідність в межах 35...50 Вт/(м·К), що сприяє відведенню тепла через тіло колодки і зниженню теплової напруженості бандажа і колісного диску.

Фрикційні азбополімерні матеріали (ФАПМ) є багатокомпонентною композицією, основною складовою якої є азбест (до 70%). Для додання технологічних та експлуатаційних властивостей до складу включаються різноманітні мінеральні та органічні наповнювачі, поєднання і кількісний зміст яких визначає механічні, теплофізичні та триботехнічні властивості матеріалу. В якості сполучного компонента використовуються різні смоли, каучук або їхні комбінації.

Переваги композиційних матеріалів у порівнянні з чавунними колодками підтверджені досвідом експлуатації і полягають в тому, що вони мають більш високий коефіцієнт тертя з менш вираженою залежністю від швидкості і величини натискання, підвищену зносостійкість і дозволяють знизити рі-

вень шуму при проходженні поїздів майже в два рази.

В останні роки для підвищення енергоємності і гальмівної потужності разом з чавунними і композиційними застосовуються металокерамічні гальмівні колодки, які характеризуються високим коефіцієнтом тертя, більш сприятливою залежністю коефіцієнта тертя від зусилля натискання і вологості, мають незначне зношення і внаслідок цього тривалий термін служби.

Мета. Метою дослідження є оцінка можливості застосування фрикційного матеріалу фірми Shen-yang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. в якості гальмівних колодок вантажних вагонів.

Результати досліджень. У процесі випробувань необхідно встановити закономірності впливу на величину і стабільність коефіцієнта тертя в системі «гальмівна колодка – колесо» основних експлуатаційних факторів – питомого навантаження, швидкості ковзання і температури контактної поверхні тертя.

Для порівняння результатів лабораторних досліджень з композитними фрикційними матеріалами випробування проводилися в абсолютно ідентичних умовах і режимах навантаження як для серійних фрикційних матеріалів, виготовлених з чавуну, азбоболімерних і безазбестових матеріалів. Для проведення лабораторних досліджень використовувалася лабораторна установка Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Лабораторна установка для проведення досліджень серійних і нових фрикційних матеріалів розроблена і виготовлена в лабораторії гальмівних пристроїв СХУ ім. В. Даля і дозволяє проводити випробування в умовах, наближених до реальних, які мають місце в процесі експлуатації. Лабораторна установка являє собою інерційну машину тертя, в якій реалізується схема «обертовий гальмівний шків – гальмівні колодки» (рис. 1). Лабораторна установка (рис. 1) складається з колодкового гальма ТКГТ-200 позиція 1, встановленого на хитній рамі 2, пружних муфт 3, що пов'язують електродвигун 4 з гальмів-

ним шківом і інерційною маховою масою 5, складеною із шести набраних тарованих чавунних дисків.

Вали гальмівного шківів і махової маси встановлені на підшипниках ковзання в стійках, закріплених до основи установки. Для реєстрації в процесі випробувань прийняті параметри: гальмівний момент, зусилля в замикаючій тязі, час розмикання гальма і розгону привода, час спрацювання і гальмування, частота обертання привода, температура на контактній поверхні тертя фрикційних накладок гальмівних колодок. Зміна величини гальмівного моменту реєструвалася за допомогою тензодатчиків, з'єднаних за напівмостовою схемою, і розміщувалися на динамометричних кільцях 6, симетрично встановлених по обидва боки гальма між хитною рамою 2 і кронштейнами 11. Зусилля в замикаючій тязі 7, пропорційно гальмівному моменту, вимірювалося тензодатчиками, встановленими на динамометричному кільці 8. Зміна величини зусилля зчеплення між шківом і накладкою гальмівної колодки реєструвалося тензодатчиками на динамометричному кільці 9, встановленому під пальцем колодки або виведеним на важіль гальма. При цьому слід зазначити, що для реєстрації сили зчеплення гальмівні колодки мали два ступені рухомості – у напрямку дії нормального зусилля натискання на колодку і разом з гальмівним шківом в напрямку обертання, для чого в важелях гальма виконані спеціальні пази. Температура поверхні тертя вимірювалася нікелькадмієвими термопарами типу ТР-01, які були рівномірно розміщені по фрикційній накладці гальмівної колодки уздовж її вертикальної осі, відстань від запаювання термопар до поверхні сполучення з гальмівним шківом становила не більше 1 мм. В якості вимірювальної апаратури використовувалася вимірювальна система, реалізована на базі плати SDI-ADC14-32F, з живленням від роз'єму ISA ПЕОМ типу IBM PC/AT з можливістю вимірювань одночасно 16 диференціальних або 32 однополярних сигналів. Для управління вимірами розроблена спеціальна програма ADC, яка впливає на блок управління АЦП і здійснює повне управління вимірювальною системою. Типові осцилограми запису процесу гальмування на магнітний носій наведено на рис. 2.

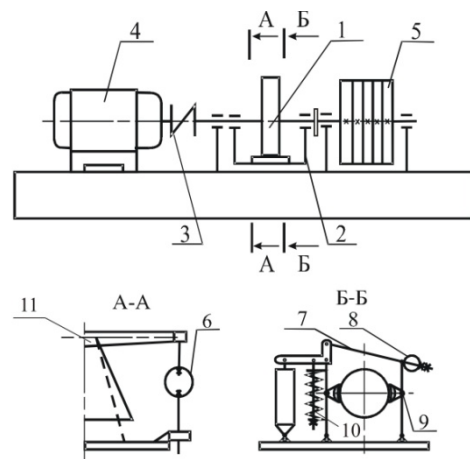
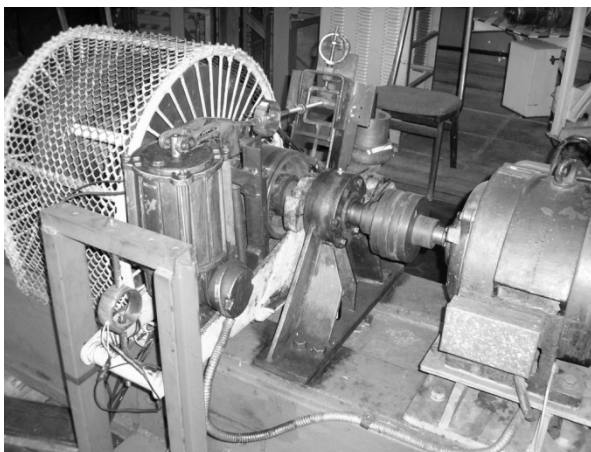


Рис. 1. Загальний вигляд і схема інерційної машини тертя

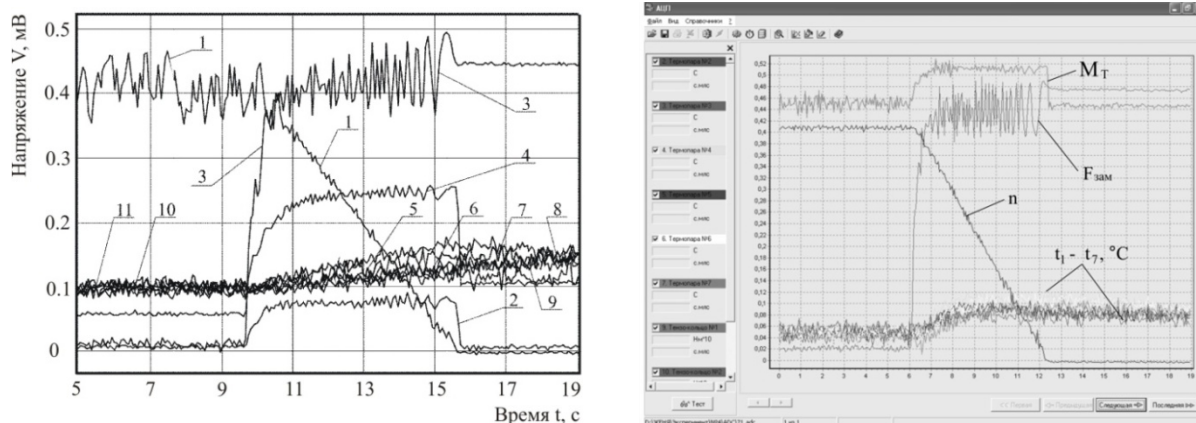


Рис. 2. Характерні ділянки осцилограм процесу гальмування

По осі ординат (рис. 2) вказаний відповідний вихідним параметрам електричний еквівалент в мВ, а по осі абсцис – реальна позначка часу, при цьому прийняті такі позначення: 1 – швидкість обертання гальмівного шківa n , об/хв; 2 – гальмівний момент M_t , Н·м; 3 – величина зусилля в замикаючій тязі $F_{зам}$, Н; 4 – величина зусилля зчеплення фрикційних поверхонь $F_{сч}$, Н; 5-11 – показання датчиків температури поверхні тертя на фрикційній накладці гальмівної колодки (встановлені вздовж вертикальної осі колодки).

Таким чином, вимірювальна система на базі персональної електронно-обчислювальної машини з аналого-цифровим перетворювачем і спеціальним програмним забезпеченням – ADC, що впливає на блок управління АЦП і керуючою системою, дозволяє проводити вимірювання всіх вихідних параметрів процесу гальмування в повному обсязі, а також виконувати машинну обробку експериментальних даних.

З метою отримання достовірної та порівнянної інформації про гальмівну ефективність різних фрикційних матеріалів, втрати ефективності при підвищених температурах, зміну гальмівної ефективності від нагріву до нагріву і фрикційної теплостійкості (зносостійкості) лабораторні випробування проводилися як порівняльні в абсолютно ідентичних умовах. Результати лабораторних випробувань композитного фрикційного матеріалу фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd для рухомого складу на лабораторній установці розглядаються як попередні.

Фрикційні азбopolімерні матеріали серійно виготовляються і одержали поширення в гальмівних пристроях у вигляді дет. 25610-Н за ТУ 2571-028-001499386-2000 (рис. 3, а), являють собою багатокомпонентну композицію. В якості сполучного використовуються каучуки, смоли та їхні комбінації, а для додання матеріалу необхідних технологічних та експлуатаційних якостей застосовуються різні мінеральні та органічні наповнювачі. Структура фрикційного матеріалу фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd (рис. 3, б) являє собою багатокомпонентну композицію на смоляному сполучному.

Випробування проводилися на лабораторній установці інерційного типу (машина тертя), що реалізує схему «обертовий шків – гальмівні колодки». Гальмівний шків установки був виготовлений з бандажної сталі марки 2 по ГОСТ 398-96 «Бандажі з вуглецевої сталі для рухомого складу залізниць широкої колії та метрополітену».

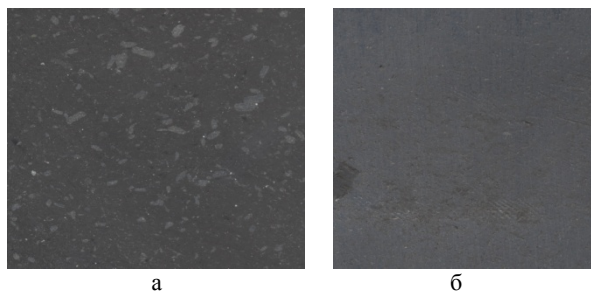


Рис. 3. Мікроструктура фрикційного матеріалу: а – дет. 25610-Н; б – матеріал фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd

Лабораторні дослідження показали, що хімічний склад матеріалу відповідає нормі, а зміна складу за перетином в межах технічних вимог. Мікроструктура металу гальмівного шківa в шарі під поверхню тертя є перлітоферитовою дрібнозернистою (бал 7...8) і середньозернистою (бал 4...5). Твердість поверхні тертя не перевищувала 300 НВ, що також відповідає вимогам. Шорсткість поверхні гальмівного шківa відповідала середньоарифметичному значенню відхилень нерівностей профілю $R_a = 0,3...0,7$ мкм і відновлювалася після кожної серії випробувань. Випробування натурних зразків гальмівних колодок проводилися як порівняльні при ідентичних умовах і параметрах навантаження. Час гальмування фіксувався від моменту торкання колодками гальмівного шківa до його повної зупинки, причому питома навантаження та швидкість початку гальмування у всіх дослідках були постійними і відповідно становили 0,15 МПа і 12,6 м/с. У першій серії дослідів було досліджено вплив температури контактної поверхні тертя як інтегрального показника роботи сил тертя на контактні на величину коефіцієнта тертя, результати наведені на рис. 4. У зв'язку з тим, що коефіцієнт тертя є вихідним і основним параметром стохас-

тичного нестационарного процесу тертя і представляється випадковою величиною, на рис. 4 наведено характерні експериментальні точки окремих дослідів та ймовірнісні поля значень, обмежені верхніми і нижніми граничними кривими, між якими розміщується 99,9% фактичних експериментальних даних за результатами випробувань. Крива 1 представляє апроксимацію дослідних даних за середнім значенням методом найменших квадратів у прийнятному інтервалі температур. Криві 2 і 3 показують поле ймовірних значень коефіцієнта тертя фрикційного матеріалу.

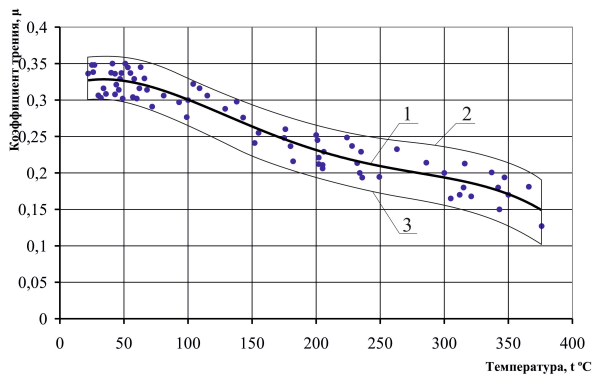


Рис. 4. Залежність коефіцієнта тертя від температури контактної поверхні тертя для матеріалу фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd, тиск 0,15 МПа і швидкість початку гальмування 12,6 м/с

Аналіз результатів цієї серії дослідів показав, що фрикційні властивості при підвищенні температури від 15 °С до 300 °С мають тенденцію поступового зниження коефіцієнта тертя від значень 0,32 до 0,15, а при температурі понад 350 °С матеріал задимівся з виділенням їдкою запахи. Тривалий перегрів веде до обуглювання і розшарування матеріалу (рис. 5), що й було зареєстровано в декількох дослідних випадках цієї серії досліджень.



Рис. 5. Гальмівна колодка після випробувань

У другій серії дослідів для кожного матеріалу проводився запис параметрів процесу гальмування після досягнення необхідної температури поверхні з похибкою не більше ± 5 °С. Розігрів поверхні тертя до необхідної температури (20, 50, 100, 150, ..., 350 °С) проводився багаторазовим підгальмуванням і на

кожному рівні виконувалося не менше 10 замірів. Встановлено, що частинні розподіли значень коефіцієнта тертя при фіксованих значеннях температури (20, 50, 100, 150, ..., 350 °С) відповідають нормальному закону розподілу випадкової величини, перевірка гіпотези за критеріями згоди Пірсона і Романовського свідчить, що розбіжність між вирівнюючими частотами та частотами, що спостерігаються, є випадковими. Узагальнення та аналіз результатів показують, що при збільшенні температури поверхні в діапазоні 100...200 °С спостерігається стабілізація величини коефіцієнта тертя у всіх типів гальмівних накладок, однак при подальшому збільшенні температури встановлено істотне розходження, суть якого полягає в тому, що коефіцієнт тертя стандартних азбополімерних колодок (дет. 25610-Н) та фрикційного матеріалу фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd знижуються.

Висновки. 1. Композиційні гальмівні колодки вантажних вагонів які випускаються в даний час дет. 25610-Н за ТУ 2571-028-0014999386-2000 підприємством ВАТ «Трібо» м. Біла Церква виготовлені згідно вимог та сертифікації ФТС ШТ ЦВ-ЦЛ-009-99.

2. На підставі експериментальних досліджень встановлено, що фрикційні матеріали фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd для гальмівних пристроїв в достатній мірі відповідають вимогам за величиною коефіцієнта тертя. Встановлено, що температура в контактній зоні тертя є інтегральним чинником, який визначає працездатність пари тертя, величину і стабільність коефіцієнта тертя.

3. Фрикційні матеріали фірми Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd забезпечують достатній коефіцієнт тертя на рівні 0,17-0,33 при температурі 15...300 °С і його стабільність у цьому температурному діапазоні.

4. Для поліпшення фрикційного процесу повного зносу колодок, поглинання високочастотних вібрацій та ударних прискорень, що є причиною появи втомних тріщин в каркасах зі смугою 4-мм сталі, пропонується використовувати у виробництві всіх типів композиційних гальмівних колодок тільки проволочно-сітчасті каркаси, впресовані в еластичний 10-мм шар полімерного матеріалу.

5. Рекомендується проведення в повному обсязі поїзних випробувань всіх типів композиційних колодок на вагонах для визначення нормативних значень сертифікаційних показників працездатності колодок залежно від величини пробігу.

Література

1. Лабренц Ф. Сравнение концепций высокоскоростных поездов Европы // Железные дороги мира. – 2004. – № 9.
2. Schlosser W. Die modernen Bremssysteme. Glasers Annalen, 2001. – № 8. – P. 273-277.
3. Bauer H. Die Reibungsmaterialien für die Bremsen. Glasers Annalen. – 1999. – № 11/12. – P. 472-475.
4. Ehlers H.-R. et al. Potential and limits of opportunities of the block brake. Glasers Annalen. – 2002. – № 6/7. – P. 290-300.

References

1. Labrents F. Comparison of the concepts of high-speed trains in Europe // Iron-itation roads of the world. – 2004. – Number 9.
2. Schlosser W. Die modernen Bremssysteme. Glasers Annalen, 2001. – № 8. – P. 273-277.
3. Bauer H. Die Reibungsmaterialien für die Bremsen. Glasers Annalen. – 1999. – № 11/12. – P. 472-475.
4. Ehlers H.-R. et al. Potential and limits of opportunities of the block brake. Glasers Annalen. – 2002. – № 6/7. – P. 290-300.

Старченко В.Н., Полупан Е.В., Шевченко С.И.
Возможность применения композитного фрикционного материала фирмы Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. для грузовых вагонов

Рассмотрены современные фрикционные материалы для тормозных устройств подвижного состава. Определено изменение коэффициента трения от основных показателей тормозного процесса. Проведены испытания фрикционного материала фирмы Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. Выявлено изменение коэффициента трения фрикционного материала от температуры поверхностей трения. Приведены рекомендации к применению фрикционных материалов фирмы Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. в качестве тормозных накладок тормозных устройств железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: тормозное устройство, тормозная накладка, коэффициент трения.

Starchenko V., Polupan E., Shevchenko S. **Possibility of using composite friction material company Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. for freight wagons**

The modern friction material formulas for braking systems of rolling stock. Op-thinned change in the coefficient of friction of the main indicators of the inhibitory process. Life test of the friction material company Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. The change of the coefficient of friction of friction material on the temperature of the friction surfaces. The recommendations for use of friction materials company Shenyang Yuancheng Friction & Sealing Material C., Ltd. as brake pads brake device of rail transport.

Keywords: braking system, brake-clutch on the coefficient of friction.

Старченко В.М. – д.т.н., проф., зав. кафедри автомобілів, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Полупан Є.В. – к.т.н., ст. викладач кафедри автомобілів, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Шевченко С.І. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

Стаття подана 19.04.2013

УДК 534.517

РЕЗОНАНСНІ ЯВИЩА У СИЛЬНО НЕЛІНІЙНИХ КОЛИВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**Пукач П.Я., Філь П.В.****RESONANCES IN STRONGLY NONLINEAR OSCILLATORY SYSTEMS****Pukach P., Fil P.**

Для деяких класів сильно нелінійних систем із зосередженими масами та розподіленими параметрами, які широко використовуються в техніці, досліджено умови існування резонансних коливань. Отримано залежності резонансної амплітуди від основних характеристик системи. Такі залежності дозволяють оцінювати та контролювати сприятливі режими експлуатації вказаних динамічних систем.

Ключові слова: *сильно нелінійна система, амплітуда, частота коливань, явище резонансу.*

Постановка проблеми. Серед процесів, які найбільше поширені у природі та техніці, є коливання [1-4]. Важливою проблемою прикладних завдань механіки є питання дослідження впливу різноманітних чинників середовища, фізико-механічних характеристик на коливний процес. Такого типу задачі виникають при дослідженні динаміки різного роду трубопроводів, по яких протікає рідина, установок для буріння нафтових і газових свердловин, стрічок транспортерів, канатів підвісних доріг, сипких середовищ тощо. Прикладні задачі коливань одно- чи багатомірних середовищ займають важливе місце у дослідженні динаміки систем із гнучким приводом (пасові чи ремінні передачі, стрічкопротяжні механізми і т.д.). Надмірні коливання останніх призводять в багатьох випадках до порушення нормального функціонування технологічної системи загалом.

Відсутність загальних підходів до розв'язання таких задач викликана труднощами побудови і дослідження розв'язків диференціальних рівнянь, які є математичними моделями процесу. Такі підходи у достатній мірі розроблені для випадків, коли відповідними математичними моделями є лінійні зі сталими коефіцієнтами звичайні або із частинними похідними диференціальні рівняння. У першому випадку математичні моделі описують динамічні процеси систем із зосередженими масами, а у другому – у системах із розподіленими параметрами. Для лінійних розрахункових моделей систем розроблені ана-

літичні методи, які дають змогу встановити їх реакції на моно- чи багаточастотні періодичні збурення. Близькими до лінійних є так звані квазілінійні системи, тобто системи, у яких максимальні значення нелінійних сил у порівнянні із лінійною складовою відновлюючої сили є малими. Теорія та аналітичні методи інтегрування багатьох класів квазілінійних систем будуються зазвичай на різноманітних модифікаціях методів збурень [5, 6], зокрема асимптотичних методах нелінійної механіки [7, 8]. За допомогою асимптотичних методів нелінійної механіки вдалось описати цілу низку особливостей коливальних процесів у квазілінійних системах. Мова йде в першу чергу про резонансні явища: головні та комбінаційні. Набагато складнішими у дослідженнях є системи із сильною нелінійністю, тобто системи, у яких відновлюючу силу та сили опору не вдається лінеаризувати. До того ж якщо для так званих незбурених аналогів (лінійних) квазілінійних систем майже завжди вдається описати динамічний процес у замкнутому вигляді, то для сильно нелінійних – лише у окремих випадках, зокрема у випадку степеневого закону зміни відновлюючої сили [9, 10]. Для систем із степеневим або близьким до нього законом зміни відновлюючої сили набули широкого застосування періодичні Атеб-функції [11, 12]. Із їх допомогою вдається описати одночастотний або близький до нього динамічний процес. Особливістю такого процесу в першу чергу є той факт, що частота коливань залежить від амплітуди. Це одночасно створює значні проблеми при дослідженні резонансних явищ у системах із сильною нелінійністю. Саме умовам існування резонансних явищ у системах із степеневою нелінійністю присвячена ця робота.

Постановка завдання, методика розв'язування та основні результати. Найпростішою математичною моделлю вільних коливань *сильно нелінійної системи із одним ступенем вільності* є диференціальне рівняння

$$\ddot{x} + k^2 x^{\nu+1} = 0, \quad (1)$$

де $k^2 = \frac{c}{m}$, m – маса матеріальної точки, c – коефіцієнт пропорційності відновлюючої сили $F = cx^{\nu+1}$;

$$\nu + 1 = \frac{2p+1}{2q+1}, \quad p, q = 0, 1, 2, \dots$$

Треба встановити, за якої амплітуди коливань у системі, рух якої описується рівнянням (1), буде спостерігатись резонансне явище у випадку дії на неї періодичного збурення (навіть малого). В результаті наведених міркувань досліджуватимемо неоднорідне сильно нелінійне рівняння

$$\ddot{x} + k^2 x^{\nu+1} = \varepsilon \sin \mu t. \quad (2)$$

Як показано у [9], періодичний розв'язок рівняння (2) описується за допомогою Атев-функції вигляду

$$x = aca(\nu+1, 1, \omega(a)t + \varphi_0), \quad (3)$$

де a та φ_0 – сталі, що визначаються із початкових умов, тобто

$$\left(\frac{x_0}{a}\right)^{\nu+2} + \left(\frac{V_0(\nu+2)}{2a\omega(a)}\right)^2 = 1, \quad cta(\nu+1, \varphi_0) = \frac{2\omega(a)}{\nu+2},$$

а $\omega(a)$ – набуває значення $\omega(a) = \sqrt{\frac{\nu+2}{2}} ka^{\frac{\nu}{2}}$. Зауважимо, розв'язок у формі (3) є 2П-періодичним

по $\psi = \omega(a)t + \varphi_0$, де $\Pi = \frac{\sqrt{\pi} \Gamma\left(\frac{1}{\nu+2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\nu+2}\right)}$.

Наведені міркування дозволяють стверджувати, що у неавтономній системі, яка відповідає рівнянню (2), буде спостерігатись резонанс, якщо період за часом власних коливань збігається із періодом вимушуючої сили, тобто $\frac{\Pi}{\omega(a)} = \frac{\pi}{\mu}$.

Останнє співвідношення дає змогу визначити амплітуду резонансу a^* , а саме

$$a^* = \left[\frac{\mu}{k} \left(\frac{2\pi}{\nu+2} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\nu+2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\nu+2}\right)} \right]^{\frac{2}{\nu}}$$

На рис. 1 а, б представлені залежності амплітуди резонансу a^* від параметра нелінійності ν та параметра $z = \frac{\mu}{k}$ – відношення частоти вимушуючої сили до частоти власних коливань лінійного аналога (для випадку $\nu = 0$) рівняння (2).

Представлені графічні залежності вказують на принципову відмінність резонансних явищ у сильно нелінійних системах у порівнянні із лінійними чи навіть квазілінійними. Зокрема, для м'яких систем (тобто у випадку $-1 < \nu < 0$):

- резонансне явище можливе лише тоді, коли частота власних коливань лінійного аналога системи є меншою за частоту вимушуючої сили;
- із наближенням параметра ν до -1 амплітуда резонансу a^* стрімко зростає.

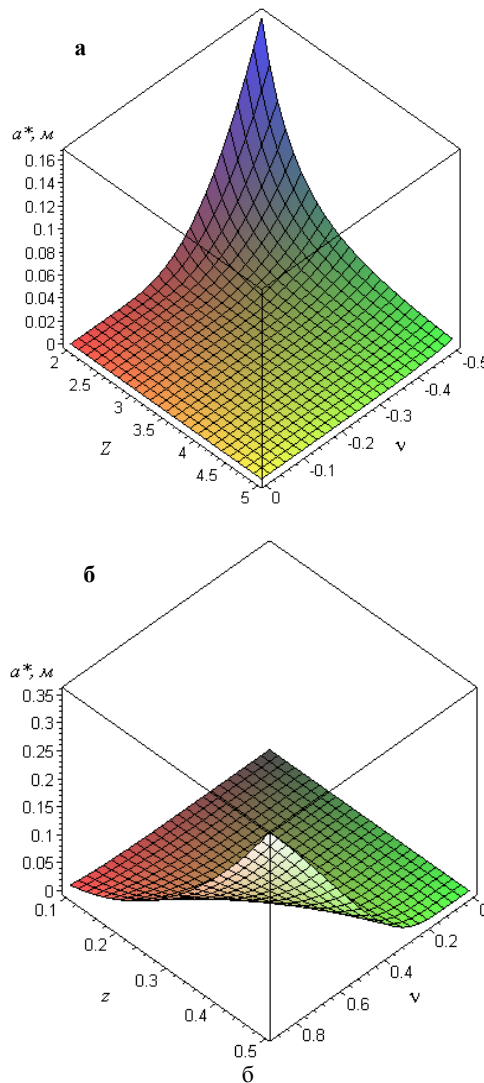


Рис. 1. Залежність амплітуди резонансу від параметрів ν та z для випадків: а – $-1 < \nu < 0$; б – $\nu > 0$

Що стосується жорстких систем ($\nu > 0$), то:

- резонансне явище можливе у випадку, коли частота лінійного аналога системи є більшою за частоту вимушуючої сили;
- для більших значень параметра нелінійності системи та частоти вимушуючої сили амплітуда резонансу є більшою.

Одночасно отримані міркування та залежності дозволяють стверджувати: якщо у консервативній системі відбуваються коливання з амплітудою, меншою за a^* , то обмеженої величини періодичні сили довільної частоти не зможуть викликати у ній резонансних коливань.

Якісно подібними властивостями володіють також *сильно нелінійні системи із розподіленими параметрами*. Коливання вказаних систем розглянемо на прикладі поздовжніх коливань однорідного нелінійно пружного стрижня із закріпленими кінцями. Математичною моделлю його коливань є крайова задача

$$u_{tt}(x,t) - \alpha^2(\nu+1)u_x^\nu(x,t)u_{xx}(x,t) = 0, \quad (4)$$

$$u(0,t) = u(l,t) = 0. \quad (5)$$

Використовуючи метод відокремлення змінних, одночастотні розв'язки, які задовольняють вказаним вище умовам, мають вигляд

$$u_k(x,t) = a_k c a (\nu+1, \omega(a_k)t + \varphi_{0k}) \times sa \left(1, \frac{1}{\nu+1}, \frac{k\Pi_x}{l} x \right), \quad (6)$$

де a_k , $\psi_k = \omega(a_k)t + \varphi_{0k}$, $\omega(a_k)$, φ_{0k} – відповідно амплітуда, фаза, частота та початкова фаза одночастотного розв'язку;

Π_x – його півперіод за змінною x , тобто

$$\Pi_x = \sqrt{\pi} \Gamma \left(\frac{\nu+1}{\nu+2} \right) \Gamma^{-1} \left(\frac{1}{2} + \frac{\nu+1}{\nu+2} \right).$$

Як і для випадку сильно нелінійних систем із зосередженими масами, частота одночастотного процесу залежить від амплітуди a_k та визначається співвідношенням

$$\omega_k(a_k) = \alpha \left(\frac{k\Pi_x}{l} \right)^{1+\frac{\nu}{2}} a_k^{\frac{\nu}{2}}, \quad k=1, 2, \dots$$

Зауваження 1. Маючи множину одночастотних розв'язків крайової задачі (4)-(5), знайти загальний розв'язок не вдається, адже задача у самій постановці є нелінійною. Тому при дослідженні динамічних процесів вказаного типу систем (або близьких до них) припускається, що початкові умови забезпечують існування динамічного процесу в одній із форм "динамічної" рівноваги.

Зауваження 2. Розв'язки у формі (6) є періодичними за змінною ψ_k функціями з періодом

$$2\Pi_T = \sqrt{\pi} \Gamma \left(\frac{1}{\nu+2} \right) \Gamma^{-1} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\nu+2} \right).$$

У випадку дії періодичного збурення на систему, моделлю динамічного процесу котрої є крайова задача (4)-(5), умова існування резонансу набуває вигляду

$$\frac{\Pi_T}{\omega_k(a_k)} = \frac{\pi}{\mu}.$$

Тут, як і вище, μ – частота періодичного збурення. Наведені міркування дозволяють визначити амплітуду резонансу

$$a_k^* = \frac{l}{k\pi} \left[\frac{l\mu \Gamma \left(\frac{1}{\nu+2} \right)}{\alpha k \pi \Gamma \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\nu+2} \right)} \right]^{\frac{2}{\nu}} \left[\frac{\Gamma \left(\frac{1}{2} + \frac{\nu+1}{\nu+2} \right)}{\Gamma \left(\frac{\nu+1}{\nu+2} \right)} \right]^{\frac{\nu+2}{\nu}}.$$

На рис. 2, 3 представлені графічні залежності амплітуди a^* головного резонансу ($k=1$) вказаної системи за різних значень параметрів α , μ , l .

Якщо амплітуда коливань сильно нелінійного середовища є меншою за значення параметра a^* (замальована область), то резонансні коливання у системі не будуть мати місця, якщо ж більшою – то сили тертя, поступово зменшуючи останню до значення a^* , переведуть систему у резонансний стан. Так процес буде повторюватись.

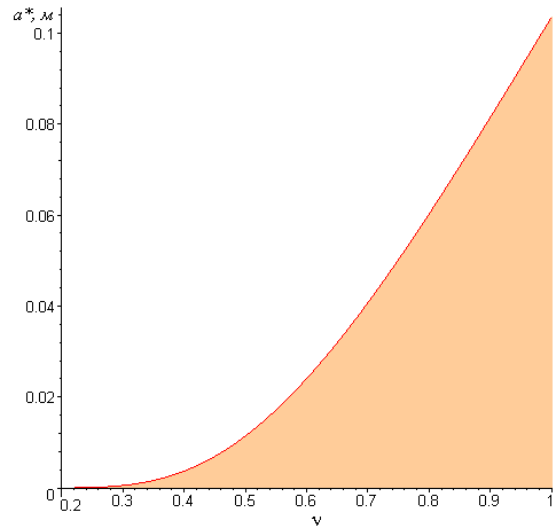


Рис. 2. Залежність амплітуди головного резонансу від параметра ν при $\alpha = 10$, $\mu = 10 \text{ c}^{-1}$, $l = 1 \text{ м}$

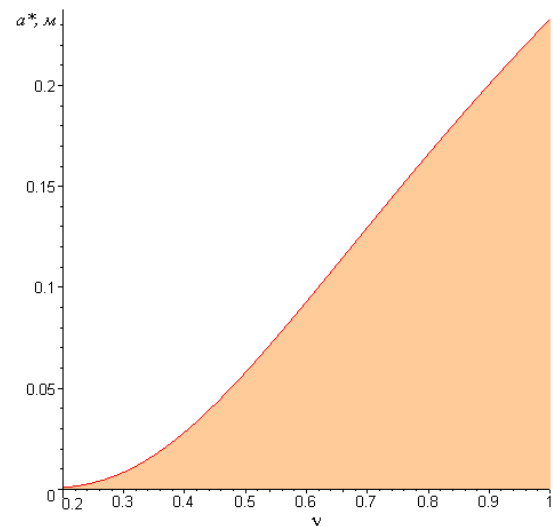


Рис. 3. Залежність амплітуди головного резонансу від параметра ν при $\alpha = 10$, $\mu = 15 \text{ c}^{-1}$, $l = 1 \text{ м}$

Висновки. Отримані у роботі результати мають, крім чисто теоретичного, важливе практичне значення для аналізу та контролю роботи конкретних технічних (технологічних) систем, які зустрічаються у промисловості. Зокрема, якщо математичними моделями динамічних систем є близькі до розглянутих співвідношення, а резонансні явища у них

є небажаними, то сприятливими режимами експлуатації систем є такі режими, амплітуда котрих є меншою за значення a^* . Навпаки, якщо у сильно нелінійній коливальній системі необхідно підтримувати колювання значної амплітуди, то систему слід вивести на динамічний процес, амплітуда якого є більшою за a^* , та постійно підтримувати дію періодичного збурення.

Література

- Альберт И.У. Анализ динамической реакции конструктивно-нелинейных механических систем / И.У. Альберт, В.А. Петров, А.Е. Скворцова // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – М., 2002. – Вып. № 241. – С. 38-59.
- Бабаков И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков. – М.: Наука, 1965. – 560 с.
- Гащук П.М. Лінійні моделі дискретно-неперервних механічних систем / П.М. Гащук, М.М. Зорій. – Львів: Українські технології, 1999. – 372 с.
- Кононенко В.О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением / В.О. Кононенко. – М.: Наука, 1964. – 254 с.
- Коул Дж. Методы возмущений в прикладной математике / Джулиан Коул; [пер. с англ. А. И. Державиной и В. Н. Диеспера. Под ред. [и с предисл.] О.С. Рыжова]. – М.: Мир, 1972. – 276 с.
- Найфэ А.Х. Методы возмущений / А.Х. Найфэ; [пер. с англ. А.А. Мелияна и А.А. Миронова. Под ред. Ф.Л. Черноуско]. – М.: Мир, 1976. – 456 с.
- Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – М.: Наука, 1974. – 501 с.
- Митропольский Ю.А. Асимптотические решения уравнений в частных производных / Ю.А. Митропольский, Б.И. Мосеенков. – К.: Вища школа, 1976. – 589 с.
- Сеник П.М. Асимптотический метод и периодические Атеб-функции в теории существенно нелинейных колебаний / П.М. Сеник, И.П. Смерека, Б.И. Сокил // В сб. «Асимптотические и качественные методы в теории дифференциальных уравнений». – К.: Изд-во Ин-та математики, 1977. – С. 143-156.
- Сокил Б.И. Періодичні Атеб-функції в дослідженні одностотних розв'язків деяких хвильових рівнянь / Б.И. Сокил // Праці наукового товариства ім. Шевченка. – 1997. – Т. I. – С. 588-592.
- Сеник П.М. Обернення неповної Beta-функції / П.М. Сеник // Укр. мат. журн. – 1969. – 21, № 3. – С. 325-333.
- Сеник П.М. Про табулювання періодичних Атеб-функцій / П.М. Сеник, А.М. Возний // Доп. АН УРСР. – 1969. – № 12. – С. 1089-1092.
- Najfe A.H. Metody vozmushhenij / A.H. Najfe; [per. s angl. A.A. Melinjana i A.A. Mironova. Pod red. F.L. Chernous'ko]. – M.: Mir, 1976. – 456 p.
- Bogoljubov N.N. Asimptoticheskie metody v teorii nelinejnyh kolebanij / N.N. Bogoljubov, Ju.A. Mitropol'skij. – M.: Nauka, 1974. – 501 p.
- Mitropol'skij Ju.A. Asimptoticheskie reshenija uravnenij v chastnyh proizvodnyh / Ju.A. Mitropol'skij, B.I. Moseenkov. – K.: Vishha shkola, 1976. – 589 p.
- Senyk P.M. Asimptoticheskij metod i periodicheskie Ateb-funkcii v teorii sushhestvenno nelinejnyh kolebanij / P.M. Senyk, I.P. Smereka, B.I. Sokil // V sb. «Asimptoticheskie i kachestvennye metody v teorii differencial'nyh uravnenij». – K.: Izd-vo In-ta matematiki, 1977. – P. 143-156.
- Sokil B.I. Periodychni Ateb-funkcii v doslidzhenni odnochastotnyh rozv'jazkov dejakyh hvyl'ovyh rivnjan' / B.I. Sokil // Praci naukovogo tovarystva im. Shevchenka. – 1997. – T. I. – P. 588-592.
- Senyk P.M. Obernennja nepovnoji Beta-funkcii / P.M. Senyk // Ukr. mat. zhurn. – 1969. – 21, № 3. – P. 325-333.
- Senyk P.M. Pro tabuljuvannja periodichnyh Ateb-funkcij / P.M. Senyk, A.M. Voznyj // Dop. AN URSSR. – 1969. – № 12. – P. 1089-1092.

Пукач П.Я., Филь П.В. Резонансные явления в сильно нелинейных колебательных системах

Для некоторых классов сильно нелинейных систем с сосредоточенными массами и распределенными параметрами, которые широко используются в технике, исследованы условия существования резонансных колебаний. Получены зависимости резонансной амплитуды от основных характеристик системы. Такие зависимости позволяют оценивать и контролировать благоприятные режимы эксплуатации указанных динамических систем.

Ключевые слова: сильно нелинейная система, амплитуда, частота колебаний, явление резонанса.

Pukach P., Fil P. Resonances in strongly nonlinear oscillatory systems

The questions of the existence of resonant oscillations for nonlinear oscillatory systems with power or close to it by law changes restoring force are considered. This type of problems arises in studying the dynamics of pipelines, facilities for drilling oil and gas wells, conveyor belts, ropes hanging roads, granular media, systems with flexible drive (belt or belt transmission, tape drive mechanisms, etc.) and others. Strongly nonlinear system with one degree of freedom and strongly nonlinear system with distributed parameters are investigated. A feature of such systems is the fact that the frequency of oscillation depends on the amplitude. This simultaneously creates significant problems in the study of resonances in systems with strong nonlinearity. Use the device Ateb-periodic functions allowed us to obtain dependences of the resonance amplitude of the main characteristics of the system. Such dependences can assess and monitor the favorable modes of operation specified dynamic systems.

Keywords: strongly nonlinear system, amplitude, oscillation frequency, resonance phenomenon.

Пукач П.Я. – к.ф.-м.н., доцент кафедры вищої математики, Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна, e-mail: rpukach@i.ua.

Филь П.В. – к.т.н., доцент кафедры машинознатства, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Носко П.Л., д.т.н., проф.

УДК 658.382

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЛУЖБ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Пительгузов Н.А., Черных А.В.

CO-OPERATION OF THE STATE OF ORGANISM OF WORKERS TCS OF UNDER VARIOUS CONDITIONS ENVIRONMENT

Pitelguzov N., Chernyh A.

В статье рассматриваются вопросы взаимодействия окружающей среды и обмена веществ в организме работников транспортных служб при выполнении различных обязанностей и изменениях производственных условий с учетом особенностей процессов теплообмена человека и воздействия на него основных параметров микроклимата. Показано влияние различных параметров окружающей среды на организм работника транспортной службы. Даны рекомендации по оценке микроклимата, приведены рекомендации по предупреждению отрицательного влияния параметров микроклимата на работников.

Ключевые слова: окружающая среда, организм человека, обмен веществ, интенсивность работы, рабочие места, факторы среды.

Постановка проблемы. В процессе трудовой деятельности в организме человека постоянно протекают процессы обмена веществ, связанные с накоплением и распадом различных химических веществ, которые влияют на эффективность работы. При накоплении (ассимиляции) происходит формирование энергетических веществ и различных тканей, которые необходимы для выполнения различных процессов физической и умственной деятельности при работе на производстве и транспорте. При распаде химических веществ (диссимиляции) происходит отток энергии от веществ, накопленных в организме и полученных от продуктов питания.

В связи с этим правильная организация рабочих мест, исходя из специфических особенностей, выполняемых обязанностей, на транспорте является весьма актуальной задачей.

Анализ публикаций. Трудовая деятельность работников транспортных предприятий выполняется в довольно сложных и опасных условиях окружающей среды, которая требует особого внимания и изучения.

Эти вопросы нашли отражения в различных публикациях, учебниках, нормативных документах [1-13].

Результаты исследований. Окружающая производственная и рабочая среда воздействуют на организм человека через его различные функциональные составляющие (зрение, слух, осязание, мышление и др.), которые реагируют на различные факторы в рабочей обстановке (рис. 1).



Рис 1. Схема взаимодействия окружающей среды и организации человека в процессе трудовой деятельности

Для нормальной трудовой деятельности и существования в различных условиях организм человека не должен изменять своих отдельных функций за пределы физических возможностей. Например, основные рецепторы человека (зрение и слух) при значительных колебаниях световых и акустических величин (освещенности, уровней шума) могут привести к сбою нормальной деятельности человека, вплоть до травматизма. При незначительных колебаниях стабильной окружающей среды может происходить нарушение функционирования организма в определенных пределах, когда он ещё способен

адаптироваться к данным предельным величинам воздействующего фактора. На транспорте задействованы различные работники (составители поездов, вагонники, машинисты, дежурные по станции, водители автомобилей и автобусов и др.), которые подвергаются действию различных нагрузок в отдельные периоды смен и суток. Это влияет на функциональную активность и напряженность работников из-за различного уровня и интенсивности информации, а также состояние окружающей среды. В процессе длительной работы на определенной должности в организме человека происходит тесное взаимодействие систем и органов, которое характеризуется приспособлением к условиям окружающей среды и накоплением опыта и повышением профессионализма. Процесс работы происходит за счет многих составляющих: двигательного аппарата, отдельных мышц, мышления и организма в целом (рис. 1). Для обеспечения этого процесса в организм должен поступать кислород через органы дыхания, продукты питания, для пополнения расходуемой энергии, а также выведения продуктов распада. Это позволяет регулировать кровообращение, нормальные циклы дыхания, пищеварения, работу нервной системы.

В условиях транспортных служб и производств одной из составляющих единства работы организма является терморегуляция, при которой поддерживается температура тела на уровне $36,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, независимо от температуры окружающей среды.

При действии низких и высоких температур происходит переохлаждение или перегревание, что может привести к простудным заболеваниям или тепловому удару при высокой температуре свыше $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кроме того, на терморегуляцию большое влияние оказывают скорость движения, влажность.

Тепловой баланс организма, обеспечивающий комфортные условия, связан с отдачей тепла в окружающую среду $Q_{от}$, который определяется по формуле:

$$Q_{от} = Q_{од} + Q_{ко} + Q_{из} + Q_{ис} + Q_{нв}, \quad (1)$$

где $Q_{од}$ – теплоотдача через одежду;

$Q_{ко}$ – теплоотдача через конвекцию при обдуве человека воздухом;

$Q_{из}$ – излучение на окружающие поверхности;

$Q_{ис}$ – теплоотдача на испарения влаги с поверхности кожи;

$Q_{нв}$ – тепло на нагрев вдыхаемого воздуха.

Тепловой баланс человека (тепловое равновесие) может быть оценен по номограммам, где по температуре среды и скорости воздуха, поступающего в помещение, определяется зона комфорта.

На предприятиях промышленного железнодорожного транспорта нередко работающие находятся вблизи поверхностей с высокими температурами (металлургические, химические, цементные предприятия и литейные цеха машиностроительных заводов). В этих случаях довольно сложно оценить микроклимат в помещении из-за большой разницы

температур между поверхностями и воздухом в помещении.

В этих случаях более правильно проводить оценку микроклимата по показателю теплового самочувствия (ПТС), по эмпирической формуле [7]:

$$ПТС = 7,83 - 0,1t_n - 0,0968t_c - 0,0279P + 0,0367(37,8 - t_n)\sqrt{V}, \quad (2)$$

где t_n – температура воздуха в помещении на уровне головы, $^{\circ}\text{C}$;

t_c – средняя температура окружающих поверхностей в помещении, $^{\circ}\text{C}$;

P – давление водяных паров в помещении, гПа;

V – скорость движения воздуха на высоте $0,5\text{ м}$ от пола, м/с.

Результаты расчета по формуле (2) сравнивают со шкалой субъективных оценок микроклимата для отдельных рабочих профессий по сезонам работы (лето, зима) (рис. 2).

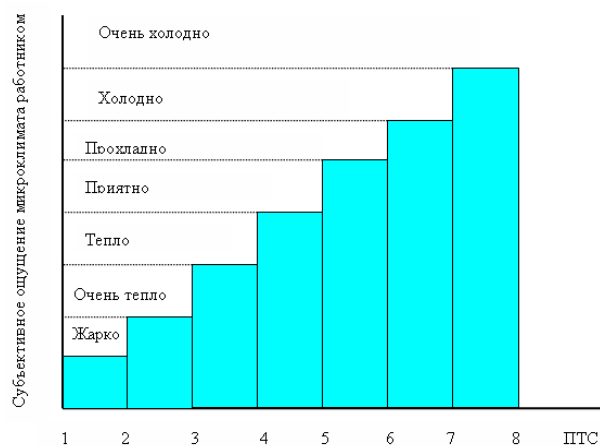


Рис. 2. Оценка субъективного ощущения микроклимата в помещениях, имеющих большие поверхности с высокой температурой

Существуют также способы комплексной оценки всех факторов теплового равновесия между человеком и производственной средой помещений с использованием приборов для измерения влажности, температуры, скорости воздуха с оценкой и сравнением согласно санитарным нормам.

На основании проведенных исследований разрабатываются мероприятия по недопущению перегрева или переохлаждения работников отдельных профессий, если не выполняются санитарные нормы по воздуху рабочей зоны данной категории работ.

Для предупреждения переохлаждения организма при работе на открытом воздухе на станциях, грузовых фронтах и др. в холодный морозный период необходимо использовать сухую исправную теплую обувь и одежду из воздухопроницаемых материалов (куртки, ветровки с капюшоном). В период работы необходимо делать периодические перерывы с использованием теплых помещений или специальных вагонов для обогрева. Перерывы рекомендуется совмещать с употреблением горячего чая. После

окончания рабочей смены следует принять горячий душ.

При работе в летний период на открытом воздухе возможен тепловой или солнечный удар при повышении температуры головного мозга до 40-42 °С, что может привести к внезапной потере сознания. Аналогичные явления могут возникнуть и при работе в горячих цехах.

Для предупреждения подобных явлений по перегреванию организма работников необходимо применять рациональную одежду с защитными головными уборами, делать перерывы при работе в наиболее жаркие часы, с переходами в затемненные места с навесами или тентами, организовать также отдельные места пользования водой для питья и для мытья.

Выводы. Для обеспечения стабильной работы работников транспортных служб при выполнении различных технологических операций в условиях изменяющихся климатических условий необходимо проводить конкретные мероприятия и инструктажи по правилам выполнения работ в различные периоды года.

Л и т е р а т у р а

1. Катренко Л.А., Кит Ю.В., Пистун И.П. Охрана труда. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 540 с.
2. Ткачук К.Н., Хачимовский М.О., Зацарный В.В. Основы охраны труда. – К.: Основа, 2006. – 144 с.
3. Основы охраны труда: навч. посіб. / За ред. В.В. Березуцького. – Х.: Факт, 2005. – 268 с.
4. Проторейський О.С., Запорожець О.І. Охорона праці в галузі: навч. посіб. – К.: Від-во НАУ, 2005. – 268 с.
5. Лошинин А.В. Охрана труда на ж.д. тр-те. Справочная книга. Под ред. А.В. Лошинина. – М.: 1977. – 448 с.
6. Охрана труда на ж.д. транспорте: учебник для вузов / Под ред. Ю.Г. Сибарова. – М.: Транспорт, 1981. – 286 с.
7. Безопасность жизнедеятельности на ж.д. транспорте: Учебник для вузов / Под ред. К.Б. Кузнецова. – М.: Маршрут, 2005. – 576 с.
8. Бортницкий П.Н. Охрана труда на автомобильном транспорте. – К.: Высшая школа, 1988. – 263 с.
9. Пительгузов Н.А., Черных А.В. Оценка трудовой деятельности работников промышленного транспорта // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2011. – № 5(159), частина 2. – С. 187-190.
10. Закон Украины «О транспорте» от 10.11.1994 г., № 232/94 – ВР.
11. ДНС 3.3.6.042-99 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
12. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-99 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
13. Міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007. Системи менеджменту праці, вимоги.

R e f e r e n c e s

1. Katrenko L.A., Kit Ju.V., Pistun I.P. Ohrana truda. – Sumu: Universitetskaja kniga, 2009. – 540 p.
2. Tkachuk K.N., Nachimovskij M.O., Zaczarnyj V.V. Osnovy ohrany truda. – K.: Osnova, 2006 – 144 p.
3. Osnovi ohoroni praci: navch. posib. / Za red. V.V. Berезуцького. – H.: Fakt, 2005. – 268 p.

4. Protorejs'kij O.S., Zaporozhec O.I. Ohorona praci v galuzi navch. posib. – K.: Vid-vo NAU, 2005. – 268 p.
5. Loshinin A.V. Ohrana truda na zh.d. tr-te. Spravochnaja kniga / Pod red. A.V. Loshinina. – M.: 1977. – 448 p.
6. Ohrana truda na zh.d. transporte: uchebnik dlja vuzov / Pod red. Ju.G. Sibarova. – M.: Transport, 1981. – 286 p.
7. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti na zh.d. transporte: Uchebnik dlja vuzov / Pod red. K.B. Kuznecova. – M.: Marshrut, 2005. – 576 p.
8. Bortnickij P.N. Ohrana truda na avtomobil'nom transporte. – K.: Vysshaja shkola, 1988. – 263 p.
9. Pitel'guzov N.A., Chernyh A.V. Ocenka trudovoj dejatel'nosti rabotnikov promyshlennogo transporta // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2011. – №5(159), ch. 2. – P. 187-190.
10. Zakon Ukrainy «O transporte» ot 10.11.1994, № 232/94 – VR.
11. DNS 3.3.6.042-99 Derzhavni sanitarni normi mikroklimatu virobnychih primishhen.
12. Mizhderzhavnij standart GOST 12.0.003-99 SSBT «Opasnye i vrednye proizvodstvennye faktory. Klassifikacija».
13. Mizhnarodnij standart OHSAS 18001:2007. Sistemi menedzhmentu praci, vimogi.

Пительгузов М.А., Черных А.В. Взаємодія стану організму працівників транспортних служб у різних умовах навколишнього середовища

У статті розглядаються питання взаємодії навколишнього середовища й обміну речовин в організмі працівників транспортних служб при виконанні різних обов'язків і змінах виробничих умов з урахуванням особливостей процесів теплообміну людини й впливу на нього основних параметрів мікроклімату. Показано вплив різних параметрів навколишнього середовища на організм працівника транспортної служби. Дані рекомендації з оцінки мікроклімату, наведені рекомендації з попередження негативного впливу параметрів мікроклімату на працівників.

Ключові слова: навколишнє середовище, організм людини, обмін речовин, інтенсивність роботи, робочі місця, фактори середовища.

Pitelguzov N., Chernyh A. Co-operation of the state of organism of workers TCS of under various conditions environment

In the paper the questions of co-operation of environment and metabolism are examined in the organism of workers TCS at implementation of different duties and changes of productive terms taking into account the features of processes of heat exchange of man and affecting it basic parameters of microclimate. Influence of different parameters of environment is shown on the organism of worker TCS as in warm so in cold periods of year. Recommendations are given as evaluated by a microclimate by means of parameter thermal accordance, resulted to recommendation on warning of negative influence of microclimate parameters on workers.

Keywords: environment, organism of workers, metabolism, productive terms, parameters of microclimate.

Пительгузов М.А. – к.т.н., професор кафедри «Охорона праці та БЖД», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Черных А.В. – асистент кафедри «Охорона праці та БЖД», СХУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна.

Рецензент: Будіков Л.Я., д.т.н., проф.

УДК 621.833

НЕЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ С ВЫСОКОЙ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ ЗУБЬЕВ

Муховатый А.А.

NONINVOLUTE GEARING WITH HIGH PIN DURABILITY OF POINTS

Mukhovatyi O.

В статье излагается метод синтеза исходного контура зубьев неэвольвентных зубчатых передач по заданному значению критерия контактной прочности рабочих поверхностей, определены геометрические параметры исходного контура зубьев передач с высокой контактной прочностью рабочих поверхностей, проведен сравнительный анализ критериев контактной прочности неэвольвентной и эвольвентной передач.

Ключевые слова: исходный контур, зубчатая передача, критерий, прочность, анализ.

Актуальность задачи. Зубчатые передачи являются наиболее распространенными передаточными механизмами в конструкциях механических приводов современных машин. Они оказывают существенное влияние на работоспособность приводов, их экономическую эффективность, габариты и металлоемкость. Создание зубчатых передач с повышенной нагрузочной способностью является актуальной задачей при совершенствовании механического привода.

Анализ литературы. Контактная прочность рабочих поверхностей зубьев зубчатых передач является одним из важных критериев работоспособности зацепления. Поэтому в последние годы проводятся интенсивные исследования по созданию эвольвентных и неэвольвентных зубчатых передач с высокой нагрузочной способностью [1-7]. В этих исследованиях определяется геометрия зубьев передач с использованием исходных контуров, профили которых очерчены различными кривыми: прямыми с увеличенным профильным углом [1], кривыми, синтезированными по заданной линии зацепления [2], синусоидами [3], окружностями [4, 5], кривыми, уравнения которых определяются решением дифференциальных уравнений [6, 7]. Однако исследования по синтезу исходного контура с использованием значений критерия контактной прочности до настоящего времени не проводились. Восполнению данного пробела посвящена данная статья.

Цель работы – разработать математическую модель и методику синтеза исходного контура по заданному значению критерия контактной прочности зубьев передач, определить параметры исходного контура зубьев неэвольвентных передач с высокой контактной прочностью, провести сравнительный анализ критериев контактной прочности эвольвентной и неэвольвентной передач.

Содержание и результаты работы

1. Математическая модель. Критерий контактной прочности зубчатой цилиндрической прямозубой передачи, зубья которой спрофилированы с использованием исходного контура, чей профиль очерчен кривой общего вида (рис. 1), определяется равенством [8]

$$\theta = \frac{\cos \alpha}{x}, \quad (1)$$

где α – текущий угол профиля исходного контура (рис. 1);

x – приведенная кривизна рабочих поверхностей зацепляющихся зубьев, равная [8]

$$x = \frac{(R_1 + R_2)(\zeta - f_1 \zeta')^2}{\zeta^3 \tau_1 \cdot \tau_2}, \quad (2)$$

где R_1, R_2 – радиусы начальных окружностей зацепляющихся колес;

$\zeta = \sin \alpha$;

ζ' – производная функции ζ по f_1 ;

$$\begin{aligned} \tau_1 &= R_1 + \frac{f_1(\zeta - f_1 \zeta')}{\zeta^3}; \\ \tau_2 &= R_2 - \frac{f_1(\zeta - f_1 \zeta')}{\zeta^3}; \end{aligned} \quad (3)$$

f_1 – переменная величина, от которой зависит функция f_2 (рис. 1), график которой очерчивает профиль исходного контура в системе координат $f_2 O f_1$.

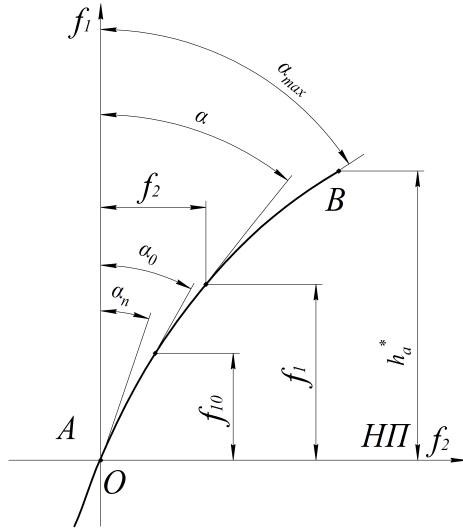


Рис. 1. Профиль АВ исходного контура (НП – начальная прямая)

Равенство (1) является дифференциальным уравнением для определения функции ζ при заданных значениях θ и R_1 и R_2 . Решение этого уравнения зависит от радиусов R_1 и R_2 , т.е. для каждой зацепляющейся пары зубчатых колес будет свое решение и, следовательно, свой исходный контур, что является нерациональным. Получить решение, не зависящее от R_1 и R_2 , можно следующим образом:

– рассмотрим зубчатую передачу с большими значениями R_1 и R_2 , когда τ_1 и τ_2 приблизительно равны:

$$\begin{aligned} \tau_1 &\cong R_1, \\ \tau_2 &\cong R_2; \end{aligned}$$

– для эвольвентной зубчатой передачи в этом случае критерий контактной прочности из (1), (2) и (3) равен:

$$\theta_3 = \cos \alpha_3 \sin \alpha_3, \quad (4)$$

где α_3 – профильный угол прямоочного исходного контура.

С использованием (1)-(4) получаем значение относительного критерия контактной прочности:

$$\bar{\theta} = \frac{\theta}{\theta_3} = \frac{\zeta^3 \sqrt{1-\zeta^2}}{(\zeta - f_1 \zeta)^2 \cos \alpha_3 \sin \alpha_3}. \quad (5)$$

Из равенства (5) следует:

$$\zeta' = \frac{\left[1 - \sqrt{\frac{\zeta}{\theta_0}} \cdot (1 - \zeta^2)^{0,25} \right]}{f_1}, \quad (6)$$

где $\theta_0 = \bar{\theta} \sin \alpha_3 \cos \alpha_3$.

Заметим, что значение f_1 изменяется, как правило, в пределах $-h_a^* \leq f_1 \leq h_a^*$ (h_a^* для большинства исходных контуров не больше одного модуля для дозополусных передач) и $0 \leq f_1 \leq 2h_a^*$ – для внеполусных передач: $\alpha_n \leq \alpha \leq \alpha_{max}$, $\alpha_n = 10^0 \dots 25^0$ – угол

профиля исходного контура на начальной прямой (рис. 1), $\alpha_{max} = 25^0 \dots 34^0$ – максимальный угол профиля исходного контура при $f_{1max} = h_a^*$.

Для упрощения решения уравнения (6) можно положить $1 - \zeta^2 = \cos \alpha_1 = const$. Тогда будем иметь:

$$\zeta' = \frac{\zeta(1 - c_o \sqrt{\zeta})}{f_1}, \quad (7)$$

где $c_o = \frac{(\cos \alpha_1)^{0,25}}{\sqrt{\theta_0}}$.

Если c_o постоянная величина в пределах поля зацепления, то решение уравнения (7) имеет вид:

$$cf_1 = \frac{\zeta}{(1 - c_o \sqrt{\zeta})^2}, \quad (8)$$

где c – постоянная интегрирования. Для определения « c » зададим α_o при $f_1 = f_{10}$ (по предварительным данным $f_{10} = 0,025 \dots 0,1$, $\alpha_o = 10^0 \dots 25^0$, f_{10} – в долях модуля). В этом случае:

$$c = \frac{\zeta_o}{f_{10}(1 - c_o \sqrt{\zeta_o})^2}, \quad (9)$$

где $\zeta_o = \sin \alpha_o$.

В качестве α_1 можно принять максимальное значение угла профиля исходного контура, например, $\alpha_1 = 34^0$, поскольку, как следует из (1), при уменьшении значения этого угла критерий θ увеличивается. В этом случае величина

$$c_o = \frac{0,9542}{\sqrt{\theta_0}}. \quad (10)$$

Из равенства (8) имеем:

$$\zeta = \frac{cf_1}{(1 + c_o \sqrt{cf_1})^2}. \quad (11)$$

Используя равенства (8) и (9) при $f_1 = f_{1max}$ и $\zeta_{max} = \sin \alpha_{max}$, получаем:

$$\bar{\theta} = \frac{0,91(\sqrt{\zeta_o} - \sqrt{k\zeta_{max}})^2}{(1 - \sqrt{k})^2 \sin \alpha_3 \cos \alpha_3} = \frac{1,82(\sqrt{\zeta_o} - \sqrt{k\zeta_{max}})^2}{(1 - \sqrt{k})^2 \sin 2\alpha_3}, \quad (12)$$

где $k = \frac{f_{1max} \zeta_o}{f_{10} \zeta_{max}}$.

Из (12) следует, что относительный критерий контактной прочности зубьев зависит от геометрических параметров f_{10} , f_{1max} , α_n и ζ_{max} исходного контура. На рис. 2 и рис. 3 даны графики зависимости $\bar{\theta}$ от этих параметров при $\alpha_3 = 20^0$.

Эти графики можно использовать для определения $\bar{\theta}$ при заданных f_{10} , f_{1max} , α_o и α_{max} . Заметим, что значение $\bar{\theta}$ показывает, во сколько раз критерий контактной прочности незвольвентной зубчатой передачи больше критерия контактной прочности эвольвентной передачи.

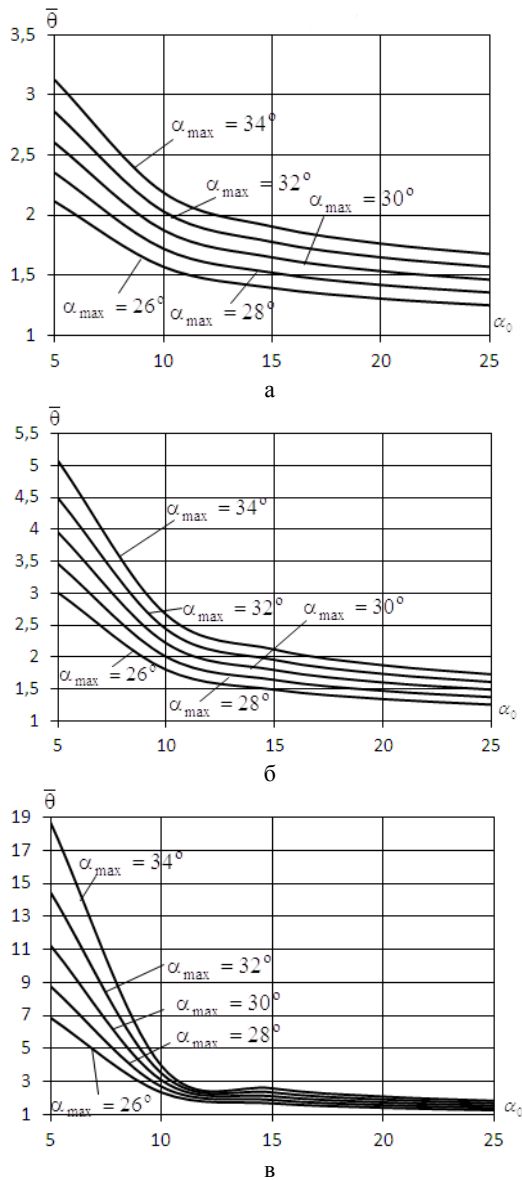


Рис. 2. Графики зависимости $\bar{\theta}$ от параметров исходного контура при $f_{1max} = 1$ (дозаполусные передачи):
 а – $f_{10} = 0,025$; б – $f_{10} = 0,05$; в – $f_{10} = 0,1$

Определим геометрические параметры исходного контура зубьев дозаполусной неэвольвентной зубчатой передачи при следующих исходных данных: $f_{10} = 0,05$, $f_{1max} = 1$, $\alpha_o = 20^\circ$, $\alpha_{max} = 32^\circ$. По графику рис. 2 определяем $\bar{\theta} = 1,74$ (можно использовать формулу (12)). Применяя результаты работы [9], получим уравнение кривой, которой очерчен исходный контур в промежутке $0,05 \leq f_1 \leq 1$ (размеры в долях модуля):

$$f_2 = -0,361 f_1^{0,801} + 0,889 f_1, \quad (13)$$

а первые две производные этой функции по f_1 равны:

$$\begin{aligned} f_2' &= -0,289 f_1^{-0,199} + 0,889, \\ f_2'' &= 0,0576 f_1^{-1,199}. \end{aligned} \quad (14)$$

Для промежутка $-1 \leq f_1 \leq -0,05$ значения f_2 следует принимать с отрицательным знаком по абсолютной величине такие, как при $f_1 > 0$, значения производных имеют одинаковую величину при положительных и отрицательных f_1 . Этот исходный контур имеет при $f_1 = 0,05$ профильный угол $\alpha_o = 20^\circ$, а при $f_1 = 1 - \alpha = 30,96^\circ$. Он обеспечивает при зацеплении реек почти постоянную величину относительного коэффициента контактной прочности (при $f_1 = 0,05 - \bar{\theta} = 1,795$, при $f_1 = 0,5 - \bar{\theta} = 1,710$ при $f_1 = 1 - \bar{\theta} = 1,527$, что удовлетворительно совпадает с заданным значением $\bar{\theta} = 1,74$).

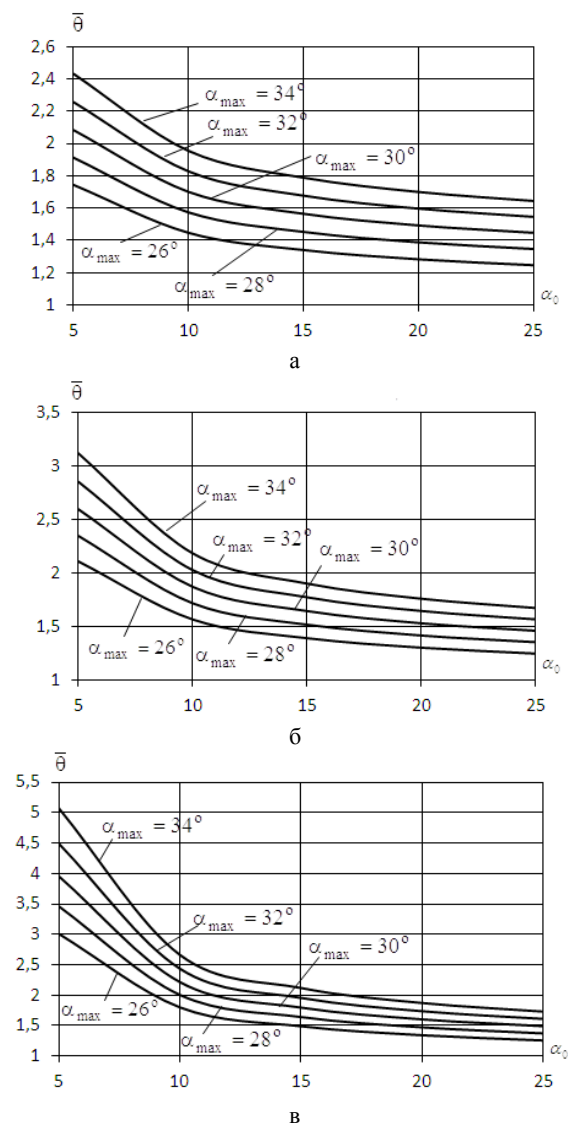


Рис. 3. Графики зависимости $\bar{\theta}$ от параметров исходного контура при $f_{1max} = 2$ (внеполусные передачи):
 а – $f_{10} = 0,025$; б – $f_{10} = 0,05$; в – $f_{10} = 0,1$

На рис. 4 изображен данный исходный контур, а в табл. 1 даны его параметры.

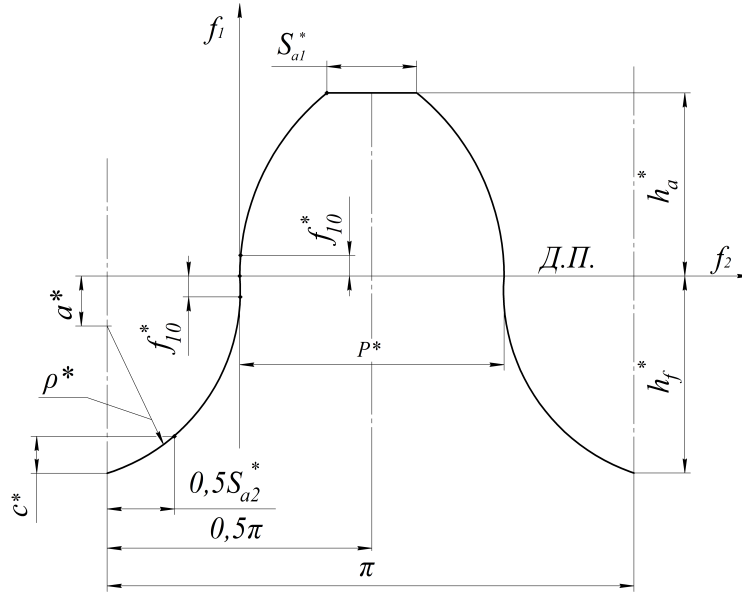


Рис. 4. Исходный контур (ДП – делительная прямая)

Таблица 1

Параметры исходного контура (размеры в долях модуля)

f_{10}^*	h_a^*	h_f^*	ρ^*	S_{a1}^*
0,05	1,0	1,14042	1,54480	0,470
S_{a2}^*	ρ^*	c^*	a^*	
0,496	0,2892	0,14042	0,85122	

Примечания: 1. В промежутке $0 \leq f_1 \leq f_{10}^*$ профиль очерчен прямой линией с профилем углом $\alpha_0 = 20^\circ$.

2. Утонение зуба колес с целью обеспечения бокового зазора в зацеплении $j_2 = 0,025$.

3. Коэффициент перекрытия при зацеплении реек $\varepsilon_\alpha = 1,40$.

Аналогично можно определить геометрические параметры исходного контура зубьев внеполусной зубчатой передачи.

2. Сравнительный анализ критериев контактной прочности. Рассмотрим зубчатую передачу с параметрами:

- число зубьев шестерни – $z_1 = 20$;
- число зубьев колеса – $z_2 = 80$;
- модуль зацепления – $m = 1$ мм;
- радиус начальной окружности шестерни – $R_1 = 10$ мм;
- радиус начальной окружности колеса – $R_2 = 40$ мм;
- исходный контур неэвольвентной передачи – табл. 1;
- профильный угол эвольвентной передачи – $\alpha_3 = 20^\circ$.

Используя зависимости (1), (2), (3) и равенства [6]

$$\begin{aligned} \zeta &= \sin \arctg \alpha, \\ \operatorname{tg} \alpha &= f_2', \\ \zeta' &= f_2'' (1 - \zeta^2)^{1,5}, \\ \cos \alpha &= \sqrt{1 - \zeta^2}, \\ \bar{\theta} &= \frac{\theta}{\theta_3}, \end{aligned}$$

получаем значения $\bar{\theta}$, указанные в табл. 2. При этом значения θ_3 , определены из (1) и (2) при $\zeta' = 0, \zeta = \sin \alpha_3, \cos \alpha = \cos \alpha_3$.

Таблица 2

Значения $\bar{\theta}$

f_1	-1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,05
$\bar{\theta}$	6,385	3,286	2,382	1,966	1,753	1,812
f_1	0,05	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\bar{\theta}$	1,783	1,547	1,456	1,4	1,364	1,344

Данные табл. 2 подтверждают высокие значения коэффициента контактной прочности зубьев неэвольвентной передачи по всему полю зацепления. Его значения в 1,344...6,385 раза больше коэффициента контактной прочности эвольвентной зубчатой передачи.

Выводы: 1. Разработан метод синтеза исходного контура зубьев неэвольвентных зубчатых передач с использованием разработанной математической модели определения критерия контактной прочности рабочих поверхностей.

2. Разработана геометрия исходного контура зубьев неэвольвентной передачи синтезом с использованием постоянного значения критерия контактной прочности по полю зацепления зубчатых реек.

3. Проведен сравнительный анализ критериев контактной прочности неэвольвентной и эвольвентной передач.

4. Дальнейшее использование полученных результатов связано с определением рациональных параметров исходного контура и проведением экспериментальных исследований.

Л и т е р а т у р а

1. Авиационные зубчатые передачи и редукторы: Справочник / Под ред. Э.Б. Вулгакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 374 с.
2. Башански М., Токоли П., Ваня Ф., Кожух И. Возможность использования неэвольвентного зацепления в коробках передач сельскохозяйственных машин // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 29. – С. 21-30.
3. Аникин Ю.В. Синусоидальное зацепление. – Воронеж: изд-во ВНУ, 1975. – С. 56.
4. Шабанов И.Р. О зубчатой передаче с конхoidalной линией зацепления // Надежность и качество зубчатых передач. НИИинформтяжмаш. 18-67-106. – 1967. – С. 1-8.
5. Шабанов И.И. Зубчатая передача, состоящая из цилиндрических зубчатых колес с конхoidalной линией зацепления и ее элементы // Труды УСХИ. Том XII, вып. 1 б. – 1966. – С. 20-28.
6. Шишов В.П., Носко П.Л., Филь П.В. Теоретические основы синтеза передач зацеплением: Монография. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006. – 408 с.
7. Павлов А.И. Современная теория зубчатых зацеплений. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 100 с.
8. Шишов В.П., Панкратов Д.А., Муховатий А.А. Критерии оценки работоспособности передач зацеплением // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2001. – № 12. – С. 33-40.
9. Шишов В.П., Бурко В.В., Ревякина О.А., Муховатий А.А. Синтез зубчатых передач с пониженной энергоемкостью // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – № 13 (184). – Ч. 1. – С. 117-123.

R e f e r e n c e s

1. Aviacionnie zubchatie peredachi i reduktori: Spravochnik / Pod red. E.B. Vulgakova. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 374 p.
2. Bashanski M., Tokoly P., Vanya F., Koguh I. Vozmognost ispolzovaniya neevolventnogo zacepleniya v korobkah peredach selskohozyaystvennih mashin // Visnik NTU «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». – 2011. – № 29. – P. 21-30.

3. Anikin U.V. Sinusoidalnoe zaceplenie. – Voroneg: izd-vo VNU, 1975. – P. 56.
4. Shabanov I.R. O zubchatoy peredache s konhoidalnoy liniyey zacepleniya // Nadeznost i kachestvo zubchatih peredach. NIInformtyagmash 18-67-106. – 1967. – P. 1-8.
5. Shabanov I.I. Zubchataya peredacha, sostoyashaya iz cilindricheskikh zubchatih koles s konhoidalnoy liniyey zacepleniya i ee elementi / Trudi USHI. Tom XII, vip 1 b. – 1966. – P. 20-28.
6. Shishov V.P., Nosko P.L., Fil P.V. Teoreticheskie osnovi sinteza peredach zacepleniem: Monografiya. – Lugansk: vid-vo SNU im. V. Dalya, 2006. – 408 p.
7. Pavlov A.I. Sovremennaya teoriya zubchatih zacepleny. – Harkiv: HNADU, 2005. – 100 p.
8. Shishov V.P., Pankratov D.A., Mukhovatyi A.A. Kriterii ocenki rabotosposobnosti peredach zacepleniem // Visnik NTU «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». – 2001. – № 12. – P. 33-40.
9. Shishov V.P., Burko V.V., Revyakina O.A., Mukhovatyi A.A. Sintez zubchatih peredach s ponigennoy energoemkostu // Visnik SNU im. V. Dalya. – 2012. – № 13 (184). – Ch. 1. – P. 117-123.

Муховатий О.А. Неевольвентні зубчасті передачі з високою контактною міцністю зубів

У статті викладається метод синтезу початкової контуру зубів неевольвентних зубчастих передач за заданим значенням критерію контактної міцності робочих поверхонь, визначені геометричні параметри початкової контуру зубів передач з високою контактною міцністю робочих поверхонь, проведено порівняльний аналіз критеріїв контактної міцності неевольвентної і евольвентної передач.

Ключові слова: початковий контур, зубчаста передача, критерій, міцність, аналіз.

Mukhovatyi O. Noninvolute gearing with high pin durability of points

In the paper the method of synthesis of initial contour of points of noninvolute gearing is expounded by set value of criterion of pin durability of working surfaces, the geometrical parameters of initial contour of points transmissions are certain with high pin durability of working surfaces, the comparative analysis for criteria of pin durability of noninvolute and involute transmissions is conducted.

Keywords: initial contour, gearing, criterion, durability, analysis.

Муховатий О.А. – к.т.н., старший викладач кафедри машинознавства, СНУ ім. В. Даля, м. Луганськ, Україна, e-mail: mukhovatyi@mail.ru.

Рецензент: Носко П.Л., д.т.н., проф.

Стаття подана 19.04.2013

УДК 629.4-047.64:519.87

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РЕЖИМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ЗАМЕНОЙ ИЗДЕЛИЙ

Капица М.И.

BUILDING A MODEL FUNCTION DIAGNOSIS TRACTION ROLLING STOCK WITH A REPLACEMENT PRODUCT

Капица М.

В статье предложен подход к выбору рациональной системы содержания локомотивов, в основу которого положен выбор межремонтных периодов на основе минимизации удельных затрат на единицу наработки (или пробега локомотивов). Оценено влияние системы планово-предупредительных ремонтов на затраты средств и надежность, а также приведена методика моделирования технологии ремонта локомотива.

Ключевые слова: система содержания, методы определения межремонтных периодов, математическая модель планово-предупредительных ремонтов.

Введение. Реформирование железнодорожного транспорта связано с разработкой и реализацией комплекса мер, направленных на повышение эффективности использования локомотивного парка. Повышение эксплуатационной надежности подвижного состава неразрывно связано с совершенствованием системы технического обслуживания и ремонта. В последнее время отчетливо наметилась тенденция перехода к системе ремонта подвижного состава по состоянию, реализация которой во многом определяется уровнем информационного сопровождения процессов эксплуатации, ремонта, технического контроля и диагностирования.

Исследования по совершенствованию системы ППР (планово-предупредительных ремонтов) локомотивов проводились в странах СНГ под руководством ученых: С.Я. Айзинбуда, Ю.М. Артемьева, А.Б. Бабанина, В.А. Беляева, А.А. Бовина, А.А. Босова, Т.В. Бутько, А.И. Володина, О.Л. Голубенка, А.В. Горского, А.В. Грищенко, И.П. Исаева, Т.Ф. Кузнецова, В.М. Кашникова, В.И. Киселева, Р.М. Коллегаева, Е.Е. Косова, М.О. Малоземова, М.Е. Мандрикова, И.И. Николаева, Е.С. Павловича, А.Б. Подшивалова, М.Д. Рахматулина, В.И. Сенько, А.И. Селиванова, Т.В. Ставрова, В.В. Стрекопитова, Е.Д. Тартаковского, М.О. Фуфрянского, В.А. Четвергова, В.В. Чернышева, П.А. Шанченка, М.А. Халфина и др.

Модели систем содержания в большинстве случаев не всегда в полной мере учитывают режимы эксплуатации локомотивов, конструктивные особенности и технологию восстановления (ремонта). Задача выбора показателей эффективности функционирования системы технического обслуживания и ремонта, удовлетворяющих требованиям эксплуатации – одна из основных задач, которая требует решения в современных условиях хозяйствования.

Обзор литературы. В большинстве работ по надежности рассматриваются модели изделий с работоспособным и неработоспособным состояниями. Такой подход упрощает решение задач по выбору периодичности проверок и сводит их решение в основном к определению назначенного ресурса [1]. Возможности модели значительно расширяются при введении промежуточных состояний работоспособности, в частности профилактических замен, определяемых величиной упреждающего допуска на контролируемый параметр. В работах [2, 3] рассматриваются модели с тремя и более состояниями. Однако процесс перехода изделий из одного состояния в другое в этих работах предполагается дискретным. Реальные процессы износа деталей и изменения контролируемых параметров изделий протекают непрерывно во времени, и переход изделия из одного состояния в другое происходит в моменты пересечения процессом уровней, разделяющих эти состояния. Для формального описания этих процессов необходима разработка такой математической модели изменения контролируемых параметров изделия, которая позволила бы учесть закономерности процесса при определении того или иного режима профилактики изделия.

В современных исследованиях системы содержания разрабатываются с учетом имеющейся диагностической информации. В [4, 5, 6] созданы диагностические модели, характеризующие функционирование тепловозной энергетической установки и

функціонально зв'язаних с неї систем, обосновані методи формального описання взаємозв'язей дійсуючих факторів и контролюємих параметрів. Задачі неперервного контролю технічного стану тягових машин, а також других узлів дизеля ефективно решаються средствами бортовой діагностики [7, 8].

В настоящее время актуальною остається задача разработки методів и алгоритмів обробки діагностическої інформації, накопичуємої підсистемами діагностики, которые позволяли бы своевременно выявлять факт відхилення технічного стану узлів агрегатів от нормального с последующим уточнением вида отказа средствами стационарной діагностики.

Целью статьи является разработка математической модели режимов диагностирования тягового подвижного состава повышающей эксплуатационную надежность локомотивов, адаптированной к условиям проведения регламентных работ по их техническому обслуживанию и ремонту.

Постановка задачи исследования. Любой агрегат локомотива состоит из множества комплектующих изделий, поэтому его техническое состояние определяется техническим состоянием изделий. Для обеспечения главного условия существования оптимальной стратегии [9] технической эксплуатации локомотивов, заключающегося в обеспечении некоторого соответствия назначаемых состояний процесса технической эксплуатации техническому состоянию агрегата, необходима математическая модель режима диагностирования и замены изделия. Математическая модель процесса технической эксплуатации при разных стратегиях замены должна учесть управление переходами в состояние технической диагностики и из него в соответствии с определенным на начальном этапе режимом диагностирования. После этого необходимо определить оптимальные стратегии замены и режимы диагностирования изделий в соответствии с принятым критерием оптимальности. В дальнейшем возможно выполнить группировку операций для ТО и ТР отдельных агрегатов (сборочных единиц) в рациональные объемы работ [10, 11] для локомотива в целом.

Задача получения стратегий замены и режима диагностирования. Пусть техническое состояние изделия, представляющего собой неделимую по признаку замены на локомотиве часть системы, определяется численными значениями специально выбранных контролируемых параметров. Пусть далее $\eta(t)$ – монотонная случайная функция времени t , соответствующая контролируемому параметру изделия, η^{**} – предельно допустимое значение параметра, пересечение которого реализациями случайного процесса приводит к отказам изделия, а η^* – наименьшее предотказное значение параметра, такое, что интервал $\Delta\eta = \eta^{**} - \eta^*$ – определяет упреждающий допуск (рис. 1).

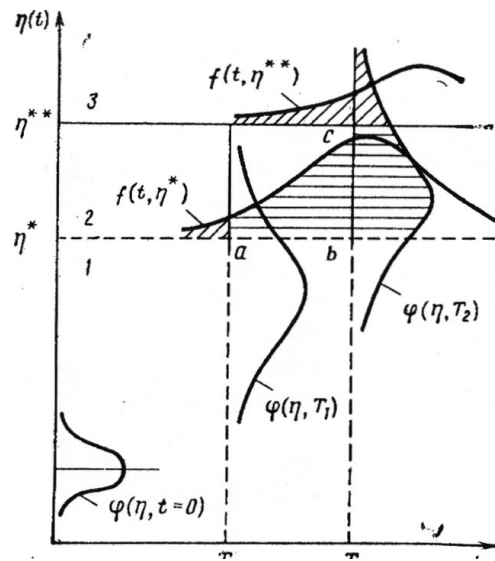


Рис. 1. Связь периодичности проверок $\tau = T_2 - T_1$ с упреждающим допуском $\Delta\eta = \eta^{**} - \eta^*$ на диагностический параметр (модель экранов)

Область 0, η^* изменения случайной функции будем называть исправным состоянием изделия (состояние 1), область η^*, η^{**} изменения $\eta(t)$ будем называть состоянием профилактических замен (состояние 2), а область η^*, ∞ – неработоспособным (состояние 3).

Примем следующие допущения относительно случайной функции $\eta(t)$. Прежде всего пусть $P\{0 < \eta(0) < \eta^*\} = 1$, т. е. изделие, имеющее наработку $t = 0$, находится в исправном состоянии с вероятностью «единица». В момент $t = T$ случайный процесс $\eta(t)$ соответствует исправному состоянию с вероятностью $P_1 = P\{0 < \eta(T) < \eta^*\}$, состоянию профилактических замен с вероятностью $P_2 = P\{\eta < \eta(T) < \eta^{**}\}$ и неработоспособному состоянию с вероятностью $P_3 = P\{\eta^{**} < \eta(T) < \infty\}$. Таким образом, распределение процесса по состояниям изделия подчиняется условию нормирования, $P_1 + P_2 + P_3 = 1$. Предполагается также, что при замене устанавливается новое изделие или отремонтированное, причем последнее по своему техническому состоянию эквивалентно новому.

Рассмотрим вертикальное сечение процесса $\eta(t)$ в точке $t = T$.

В этот момент выполняется проверка технического состояния изделия. Если в это время изделие находится в состоянии 1, то выдается разрешение на его дальнейшую эксплуатацию, если изделие находится в состоянии 2, то выполняется его профилактическая замена (ремонт), и если изделие находится

в состоянии 3, то выполняется его аварийная замена или ремонт (рис. 1).

Предположим, что в результате статистического исследования получено формальное описание случайного процесса $\eta(t)$ и известен из технической документации предельный уровень определяющего параметра η^{**} . Тогда задача заключается в том, чтобы определить связь периодичности проверок $\tau = T_1 - T_2$ и упреждающего допуска $\Delta\eta = \eta^{**} - \eta^*$ на контролируемый параметр $\eta^{**} - \eta^* = f(\tau)$ при обеспечении заданного уровня безотказности, оптимальный режим диагностирования $\tau, \eta^{**} - \eta^*_{opt}$ при принятом критерии оптимальности $\min C_j$ и зависимость целевой функции от режима диагностирования $C_j = f(t)$. Определим связь периодичности проверок и упреждающего допуска на контролируемый параметр. Проверка технического состояния изделия осуществляет роль своеобразного экрана – прозрачного при $\eta(T) < \eta^*$ и поглощающего при $\eta(T) > \eta^*$ (рис. 1). Момент проверки должен быть выбран таким образом, чтобы $\eta^* < \eta(T) < \eta^{**}$.

Рассмотрим теперь горизонтальное сечение процесса в точках η^* и η^{**} . Уровни η^* и η^{**} пересекаются случайным процессом $\eta(t)$ в случайные моменты времени T^* и T^{**} . При этом очевидно, что состоянию профилактических замен должно соответствовать условие $T^* < T < T^{**}$.

Пусть T_1 и T_2 – соответственно моменты времени проведения первой и второй проверок, а x – случайный момент пересечения процесса уровня η^* или η^{**} , т.е. $T^*, T^{**} \in x$ и очевидно, что при фиксированном уровне η^{**} имеем $x \leq T_2$ тогда и только тогда, когда $\eta > \eta^*$. Для η^{**} получаем по аналогии, что $x \leq T_2$ тогда и только тогда, когда $\eta > \eta^{**}$. Для пересечения событий $\{x \leq T_2\} \cap \{x \leq T_1\} = \{x \leq T_1\}$ на уровне η^* тогда и только тогда, когда $\{\eta > \eta^*\} \cap \{\eta > \eta^{**}\} = \{\eta > \eta^{**}\}$ для момента T_2 . Таким образом,

$P\{x \leq T_1\}$ при $\eta^* = p$ $P\{\eta > \eta^{**}\}$ при T_2 ,
отсюда

$$\int_0^{T_1} f(x, \eta^*) dx = \int_{\eta^{**}}^{\infty} \varphi(\eta, T_2) d\eta, \quad (1)$$

где $f(x, \eta^*)$ и $\varphi(\eta, T_2)$ – соответственно плотности распределения случайной величины x на уровне η^* и случайной величины $\eta \in \eta(t)$ в момент T_2 .

Точно также по типу (1) можно вывести уравнение для одного только уровня η^* и момента T_2

$$\int_0^{T_2} f(x, \eta^*) dx = \int_{\eta^*}^{\infty} \varphi(\eta, T_2) d\eta. \quad (2)$$

Сравнивая уравнение (1) с (2), окончательно имеем

$$\int_0^{T_2} f(x, \eta^*) dt = \int_{\eta^*}^{\eta^{**}} \varphi(\eta, T_2) d\eta. \quad (3)$$

Доказана теорема следующего содержания: для монотонного случайного процесса $\eta(t)$ с заданными T_1 и η^{**} очередной срок диагностирования T_2 и наименьшее предотказное значение параметра η^* удовлетворяют уравнению (3).

Эта теорема справедлива для общих условий технической эксплуатации изделий. Некоторые ограничения, накладываемые на уравнение (3) условием использования в качестве исходных данных известного T_1 , являются кажущимися, так как в одном случае можно положить $T_1 = 0$, а в другом определить его значение из условия заданного уровня вероятности безотказной работы $P_{зад}$ или допустимой вероятности отказа

$$q_{дон} = 1 - P_{зад}. \quad (4)$$

$$P\{\eta^{**} < \eta \leq \infty; t_1\} = \int_{\eta^{**}}^{\infty} (\eta; t_1) d\eta \leq q_{дон}.$$

Из доказанной теоремы следует, что

$$\int_{T_1}^{T_2} f(x, \eta^{**}) dt = \int_0^{T_1} \varphi(t, \eta^*) dt.$$

Поясним физический смысл этой теоремы с использованием наглядных представлений о горизонтальных η^* и вертикальных T_1, T_2, \dots, T_n экранах. Будем называть отрезок $\eta^{**} - \eta^* = \Delta\eta$, означающий упреждающий допуск, вертикальным поглощающим экраном, а $\Delta T = T_{i+1} - T_i$ – горизонтальным экраном, который может быть как поглощающим, так и прозрачным.

Горизонтальный экран ab (рис. 1) будет поглощающим при наличии непрерывного контроля или индикации достижения наименьшего предотказного значения параметра. При отсутствии индикации вводятся периодические проверки. В этом случае горизонтальный экран становится прозрачным и траектории случайного процесса достигают вертикального поглощающего экрана (bc). Выполнение условия теоремы (3) обеспечивает такое расположение экранов, при котором все траектории процесса, прошедшие через горизонтальный экран (ab), попадают на вертикальный (bc). Математическую модель, определяемую уравнением (3), будем называть моделью экранов. Из рассмотрения модели следует ряд стратегий замены изделий (рис. 2).

При $\eta^* = 0$ имеем метод замены изделий после отработки ресурса, при $\eta^* = \eta^{**}$ – метод замены после отказа (рис. 2, а, б).

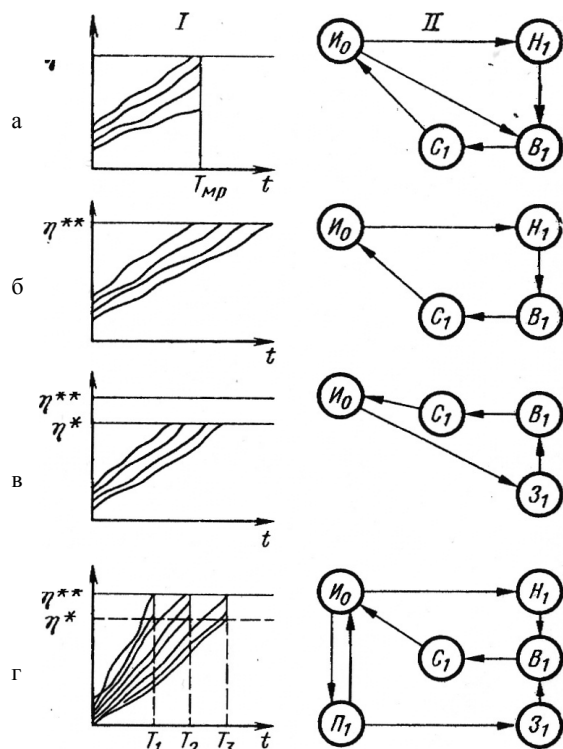


Рис. 2. Схема моделей замены элементов I и процесса их технической эксплуатации II при разных стратегиях замены:
 а – по наработке; б – при отказе; в – по состоянию с непрерывным контролем параметров; г – по состоянию с дискретным контролем параметров

Последние две модели (рис. 2, в, г) означают метод замены изделий по состоянию соответственно при непрерывном и дискретном контроле. В случае непрерывного контроля для определения упреждающего допуска также может быть использовано уравнение (3). Однако здесь оно приобретает другой смысл и означает интервал времени с момента перехода в состояние профилактических замен (пересечение уровня η^* до момента замены изделия, например, в основном депо). В этом случае определение упреждающего допуска по уравнению (3) обеспечивает предупреждение отказа.

В тех случаях, когда некоторые изделия имеют худшее качество или эксплуатируются в более тяжелых условиях, реализации их контролируемых параметров могут отличаться от описанного случайного процесса. Тогда не все траектории случайного процесса n , прошедшие горизонтальный экран η^* , попадают на вертикальный поглощающий экран, так как часть реализаций m раньше достигнет предельно допустимого значения параметра. Тогда на вертикальный поглощающий экран попадает

всего лишь $n - m$ траекторий процесса. Если через p обозначить вероятность превышения предельного допустимого значения параметра в межпроверочный период, то вероятность попадания траектории изделия на вертикальный поглощающий экран будет $1 - p$. Согласно предельной теореме о редирующих потоках можно записать, что интенсивность разряженного потока за предельный уровень

$$\lambda_p = p\lambda\eta^*,$$

где λ – интенсивность потока через горизонтальный экран η^* . Тогда интенсивность потока через вертикальный поглощающий экран $\lambda_3 = (1 - p)\lambda$.

Уравнение (3) в общем случае примет следующий вид

$$\int_{T_1}^{T_2} (1 - p)\lambda(x)(t) \exp\left\{-\int_0^T (1 - p)\lambda(x)dx\right\} dt = \int_{\eta^*}^{\eta^{**}} p(\eta) \exp\left\{-\int_0^{\eta} p(u)du\right\} d\eta,$$

где $p(n)$ – интенсивность потока в вертикальном сечении.

Вероятность p может быть оценена статистически по результатам испытания или эксплуатации. Таким образом, первая часть задачи по определению связи упреждающего допуска $\Delta\eta = \eta^{**} - \eta^*$ и периодичности проверок $i = t_{i+1} - t_i$ решена.

В качестве примера использования уравнения (3) определим для нормального закона распределения $\varphi(\eta, t)$ монотонного случайного процесса $\eta(t)$ зависимость упреждающего допуска $\Delta\eta = \eta^{**} - \eta^*$ от периодичности проверок τ . Для решения этой задачи воспользуемся зависимостями плотностей распределения времени до первого пересечения границы поля допуска $f(t, \eta)$ через одномерные характеристики плотности распределения $\varphi(\eta, t)$ случайной функции $\eta(t)$ и характеристики поля допуска.

Пусть для нормального закона моментные функции параметра (математическое ожидание $m_\eta(t)$ и среднее квадратичное отклонение $\sigma_\eta(t)$) аппроксимированы линейными зависимостями

$$\left. \begin{aligned} m_\eta(t) &= m_a + m_b t; \\ \sigma_\eta(t) &= \sigma_a + \sigma_b t \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

В этом случае плотность распределения

$$\varphi(\eta, t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma_a + \sigma_b t)} \exp\left[-\frac{(\eta - m_a + m_b t_2)^2}{2(\sigma_a + \sigma_b t)^2}\right]. \quad (6)$$

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{c - m_{\eta}(t)^2}{2\sigma_{\eta}^2 t} \right] \left[\frac{c - m_{\eta}(t)}{\sigma_{\eta}(t)} \right],$$

формула для плотности распределения времени достижения наименьшего (наибольшего) предотказного значения параметра примет вид

$$f(t, \eta^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\eta^* - m_a + m_b t^2}{2\sigma_a + \sigma_b t^2} \right] \times \left(\frac{\eta^* - m_a + m_b t}{2\sigma_a + \sigma_b t} \right). \quad (7)$$

Подставив выражения (6) и (7) в уравнение (2), произведя интегрирование и необходимые преобразования, получим зависимости $\eta = f(\tau)$ и $\eta^{**} - \eta^* = f(\tau)$, и для нормального закона распределения параметра

$$\eta^* = \frac{\eta^{**} \sigma_a + \sigma_b T_1 - m_b \sigma_a - m_a \sigma_b \tau}{\sigma_a + \sigma_b T_1 + \sigma_b \tau}; \quad (8)$$

$$\eta^{**} - \eta^* = \frac{[\eta^{**} - m_a \sigma_b + m_b \sigma_a] \tau}{\sigma_a + \sigma_b T_1 + \sigma_b \tau}. \quad (9)$$

Момент первой проверки T_1 определяется из выражения (4) путем подстановки $\varphi(\eta, T_1)$ для нормального распределения

$$T_1 = \frac{\eta^{**} - m_a - u_{1-q_{oon}} \sigma_a}{m_b - u_{1-q_{oon}} \sigma_a}, \quad (10)$$

где $u_{1-q_{oon}}$ – квантиль нормального распределения, отвечающий вероятности $P_{зад=1-q_{oon}}$.

Выводы Получены уравнения, которые при нормальном распределении $\varphi(\eta, t)$ и линейной аппроксимации моментных функций устанавливают зависимость упреждающего допуска $\eta^{**} - \eta^* = \Delta \eta$ от периодичности проверки τ (9) и определяют момент первой проверки T_1 (10).

Л и т е р а т у р а

1. Вопросы математической теории надежности / Е.Ю. Барзилович, Ю.К. Беляев, В.А. Каштанов и др. – М.: Радио и связь, 1983. – 524 с.
2. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.
3. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Пер. с англ. И.А. Ушакова. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
4. Михеев В.А. Совершенствование системы контроля технического состояния дизельного подвижного состава. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Омск, 2011. – 183 с.
5. Носырев Д.Я., Тарасов Е.М., Левченко А.С., Мохонок В.П. Научные основы контроля и диагностирования

тепловозных дизелей по параметрам рабочих процессов. – Самара: СамИИТ, 2001. – 174 с.

6. Черняков А.А., Алексеев А.А. Влияние метеорологических условий на диагностические параметры транспортного дизеля // Проблемы теории и практики автомобильного транспорта. – 2010. – Вып. 3. – С. 30-51.
7. Грачев В.В., Валиев М.Ш. Оценка технического состояния тепловозного дизеля по данным бортовой микропроцессорной системы управления // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 1. – С. 22-32.
8. Валиев М.Ш. Повышение эффективности работы тепловозов средствами бортовых систем диагностирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург, 2011. – 161 с.
9. Капица М.И., Коренюк Р.О. Стратегии эксплуатации, технического обслуживания та ремонту локомотивів // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 40. – С. 63-65.
10. Капица М.И., Бобирь Д.В., Боднар Б.С., Замула С.Ю. Організація раціональної системи утримання тепловозів серії ТГМ4 // Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – 2008. – Вип. 13. – С. 29-37.
11. Босов А.А., Капица М.И., Савченко Л.Н., Кислый Д.Н. Алгоритм определения рациональной системы содержания технических объектов // 36. науч. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 99. – С. 65-72.

R e f e r e n c e s

1. Voprosy matematicheskoy teorii nadezhnosti / E.Yu. Barzilovich, Yu.K. Beljaev, V.A. Kashtanov i dr. – M.: Radio i svjaz', 1983. – 524 p.
2. Barzilovich E.Yu. Modeli tehničeskogo obsluzhivaniya slozhnyh sistem. – M.: Vysshaja shkola, 1982. – 231 p.
3. Barlou R., Proshan F. Statisticheskaja teorija nadezhnosti i ispytaniya na bezotkaznost' / Per. s angl. I.A. Ushakova. – M.: Nauka, 1985. – 328 p.
4. Miheev V.A. Sovershenstvovanie sistemy kontrolja tehničeskogo sostojanija dizel'nogo podvizhnogo sostava. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehničeskijh nauk. – Omsk, 2011. – 183 p.
5. Nosyrev D.Ja., Tarasov E.M., Levchenko A.C., Mohon'ko V.P. Nauchnye osnovy kontrolja i diagnostirovaniya teplovoznih dizelej po parametram rabochih processov. – Samara: SamIIT, 2001. – 174 p.
6. Chernjakov A.A., Alekseev A.A. Vlijanie metereologicheskijh uslovij na diagnosticheskie parametry transportnogo dizelja // Problemy teorii i praktiki avtomobil'nogo transporta. – 2010. – Vol. 3. – P. 30-51.
7. Grachev V.V., Valiev M.Sh. Ocenka tehničeskogo sostojanija teplovoznogo dizelja po dannym bortovoj mikroprocessornoj sistemy upravlenija // Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. – 2010. – № 1. – P. 22-32.
8. Valiev M. Sh. Povyshenie jeffektivnosti raboty teplovoznov sredstvami bortovyh sistem diagnostirovaniya. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehničeskijh nauk. – Sankt-Peterburg, 2011. – 161 p.
9. Kapica M.I., Korenjuk R.O. Strategii ekspluatacii, tehničhnogo obslugovuvannja ta remontu lokomotiviv // Vi-snik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu za-

9. Kapica M.I., Korenjuk R.O. Strategii eksploatacii, tehnicnogo obslugovuvannja ta remontu lokomotiviv // Visnik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznicnogo transportu imeni akademika V. Lazarjana. – 2012. – Vol. 40. – P. 63-65.
10. Kapica M.I., Bobir' D.V., Bodnar B.E., Zamula S.Ju. Organizacija racional'noi sistemi utrimuvannja teplovoziv serii TGM4 // Zbirnik naukovih prac' DETUT. Serija «Transportni sistemi i tehnologii». – 2008. – Vol. 13. – P. 29-37.
11. Bosov A.A., Kapica M.I., Savchenko L.N., Kislyj D.N. Algoritm opredelenija racional'noj sistemy sodержanija tehniceskix ob'ektov // Zb. nauk. prac' – Harkiv: UkrDAZT, 2008. – Vol. 99. – P. 65-72.

Капіца М.І. Побудова моделі режимів діагностування тягового рухомого складу з заміною виробів

У статті запропоновано підхід до вибору раціональної системи утримання локомотивів, в основу якого покладено вибір міжремонтних періодів на основі мінімізації питомих витрат на одиницю напрацювання (або пробігу локомотивів). Оцінено вплив системи планово-попереджувальних ремонтів на витрати коштів і надійність, а також наведено методику моделювання технології ремонту локомотива.

Ключові слова: система утримання, методи визначення міжремонтних періодів, математична модель планово-попереджувальних ремонтів.

Kapica M. Building a model function diagnosis traction rolling stock with a replacement product

Models of housing systems in most cases do not always take full account of modes of operation of locomotives, structural singularities and recovery technology (repairs). The problem of selecting performance indicators functioning system maintenance and repair of satisfying the requirements of exploitation – one of the major challenges that require solutions to the current economic conditions. Currently, topical task of development of methods and algorithms of diagnostic information collected subsystem diagnostics themes that would allow a timely detect the rejection of technical condition of units of units of the normal followed by clarifying the type of failure means the stationary diagnostics.

Key words: maintenance system, methods for determining the inter-repair periods, the mathematical model of preventive maintenance.

Капіца М.І. – к.т.н., професор кафедри «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, Україна.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.

Стаття подана 18.03.2013

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

№ 5 (194) Ч.2. 2013

Науковий журнал

Відповідальний за випуск	Г.І. Нечаєв
Редактори	З.І. Андропова Л.В. Бугокова О.О. Мартинцева
Технічний редактор	М.В. Кліпаков
Оригінал-макет	С.В. Ленич

Підписано до друку 29.04.2013 р.
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 24,4. Обл. друк. арк. 25,2.
Наклад 300 прим. Вид. № 2983. Замовлення № 993. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: uni@snu.edu.ua

Надруковано у видавництві «НОУЛІДЖ»
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 2884 від 26.06.2007
91051, м. Луганськ, кв. Якіра, 3/316,
тел. (050) 475-35-13, e-mail: nickvnu@gmail.com